

**РАЗВИТИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ
НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ
ПЕРСПЕКТИВ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ
ОТРАСЛИ — «ИНДУСТРИИ 4.0»**

К.В. Епифанцев

*Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения,
Санкт-Петербург, Россия,
epifancew@gmail.com*

Аннотация. Изменения, происходящие в машиностроительном кластере, неразрывно связаны с изменениями стандартов. Все технологические аспекты модернизации, безусловно, фиксируются в виде законодательно разрешённых стандартизованных систем конструкторского, программного и технологического документооборота. В настоящее время быстро развивающиеся технологии, методы искусственного интеллекта, применяемые в системе реального сектора экономики, несомненно, трансформируют систему стандартизации, контроля качества, измерительных технологий.

Система стандартизации во многом меняется благодаря двум основным факторам — растущему количеству документов в области программной документации, внедрения стандартов бережливого производства и кластеру аддитивных технологий, предполагающих конструирование, испытание и контроль изделий сложной формы, созданных из полимерных материалов.

Также для возможности активного развития стандартов служит конкуренция, сложившаяся между стандартами типа ГОСТ Р и техническими регламентами Таможенного союза. Конкуренция, как известно, всегда позволяет получать более качественные товары. Не менее важными элементами стандартизации в мире являются и машиночитаемые стандарты, которые должны, по мнению разработчиков, «объяснять» специалистам сложные процессы визуализированными, мульти- и медиаданными. Кроме того, машиночитаемые стандарты должны самостоятельно находить «общий язык» с машинными интерфейсами, самостоятельно, без участия оператора, менять в системе документооборота предприятия старое название элементов на обновлённые, изменяя допуски, корректируя техпроцесс. Этому будет способствовать искусственный интеллект, который уменьшит трудозатраты технических писателей, нормоконтролеров и специалистов по каталогизации продукции. Переходу на подобные системы стандартизации способствовало принятие и внедрение в 2000 году стандарта ASD S1000D (ранее — АЕСМА S1000D) — спецификации на выпуск технической документации с использованием общей базы модулей данных [1].

Ключевые слова: SMART-стандарты нового поколения, развитие промышленности, Индустрия 4.0, машиночитаемые стандарты, искусственный интеллект, ИСО, ГОСТ, европейские системы условно графических обозначений.

**DEVELOPMENT OF NEW GENERATION MACHINE-
BUILDING STANDARDS TO REALIZE THE PROSPECTS
OF THE HIGH-TECH INDUSTRY — “INDUSTRY 4.0”**

K.V. Epifantsev

*St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, St. Petersburg, Russia,
epifancew@gmail.com*

Abstract. The changes taking place in the engineering cluster are inextricably linked with changes in standards. All technological aspects of modernization, of course, are fixed in the form of legally permitted, standardized systems of design, software and technological document management. Currently, rapidly developing technologies and artificial intelligence methods used in the system of the real sector of the economy are certainly transforming the system of standardization, quality control, and measurement technologies.

The standardization system is largely changing due to two main factors – the growing number of documents in the field of software documentation, the introduction of lean manufacturing standards and a cluster of additive technologies involving the design, testing and control of complex shaped products made of polymer materials.

Also, competition between GOST R-type standards and technical regulations of the Customs Union serves for the possibility of active development of standards. Competition, as you know, always allows you to get better products. No less important elements of standardization in the world are machine-readable standards, which, according to developers, should “explain” complex processes to specialists with visualized, multi- and media data. In addition, machine-readable standards must independently find a “common language” with machine interfaces, independently, without the participation of an operator, changing the old names of elements in the enterprise's document management system to updated ones, changing tolerances, correcting the technical process. This will be facilitated by artificial intelligence, which will reduce the labor costs of technical writers, norm controllers and specialists in the catalogization of products. The transition to such standardization systems was facilitated by the adoption and implementation in 2000 of the ASD S1000D standard (formerly — AECMA S1000D) — a specification for the release of technical documentation using a common database of data modules [1].

Keywords: SMART new generation standards, industrial development, Industry 4.0, machine-readable standards, artificial intelligence, ISO, GOST, European systems of graphical symbols.

В эпоху ранней стандартизации СССР 1950-х – 1970-х годов Госстандарт, безусловно, ограничивал доступ систем стандартизации капиталистических институтов в документы, разрабатываемые внутри государства, однако, нужно полагать, что тесное взаимодействие со странами Варшавского договора обеспечивало обмен информацией в областях машиностроения, лёгкой и пищевой промышленности. На данном этапе происходит эффект «невидимой» гармонизации через процессы интеграции с технологическими кластерами Венгрии, Румынии, Чехословакии, Восточной Германии. Часть технологических и конструкторских процессов данных европейских государств становится частично элементами ГОСТ, ОСТ, ТУ.

Конечно, в нормативных ссылках в отечественных и советских стандартах нельзя встретить ссылок на стандарты других зарубежных институтов стандартизации, однако ситуация с зерновыми повернула всё несколько иначе. «Голос Америки» сообщил 26.12.2010 г.: «В 1963 году США начали поставки зерна в СССР. Советский Союз впервые был вынужден закупить за границей 12 млн. тонн зерна в связи с тем, что эффективность освоенных целинных почв в Казахстане ежегодно падала. Выведение из оборота около трети поднятой целины свидетельствовало о том, что экстенсивные методы развития не работают. Если в 1954–1958 годах средняя урожайность пшеницы в СССР составляла 7,3 центнера с гектара, то к 1962 году она снизилась до 6,1 ц/га» [2].

Также в книге «Экономические отношения стран СЭВ с США» [3] находим следующую информацию: «Дополнительные закупки американской сельскохозяйственной продукции помогли нашей стране ослабить негативные последствия крайне неблагоприятных погодных условий отдельных лет. Среди стран СЭВ СССР остаётся основным покупателем зерна из США (73 % совокупного зерноимпорта стран СЭВ — из Соединённых Штатов). В 1975–1979 годах зерновые составляли 60 % советского импорта из США».

Таким образом, вынужденный ввоз продуктов, побудил проводить политику постепенной гармонизации стандартов, таким образом частично совершенствуя действующую систему стандартизации, развивая своего рода реверсивный инжиниринг. Это было важно, прежде всего, для улучшения отечественных технологий и поиска лучшего, оптимального решения. Новатором реверсивного инжиниринга, во многом изменившего представление о рационе советских граждан и сформировавшего большой пласт стандартов пищевой промышленности, можно считать А.И. Микояна, который обогащал ассортимент продуктов питания лучшими аналогами американских, французских и иных видов деликатесов.

Руководство Госстандарта во главе с В.В. Бойцовым смело и решительно внедряло передовой опыт зарубежных коллег в отечественную систему стандартизации, внедряя, прежде всего, такие важные элементы, как взаимозаменяемость, надёжность, унификация. Был осуществлён ряд масштабных проектов, результатом которых стали комплексы организационно-технических стандартов, не утративших своё значение и сегодня: это Единые системы конструкторской документации (ЕСКД), технологической документации (ЕСТД), технологической подготовки производства (ЕСТПП), Единая система программной документации (ЕСПД) [4]. На посту президента Международной организации по стандартизации [5] В.В. Бойцов был одним из инициаторов и участников создания системы стандартов ИСО серии 9000, получивших наибольшее распространение в мире. Следовательно, возможно говорить, что именно с инициативы В.В. Бойцова началась официальная процедура гармонизации отечественных стандартов.

На рис. 1 схематично изображена современная тенденция развития стандартов в России. В верхней части она разделена на 3 основных блока: первые 2 неразрывно связаны знаком «плюс», т.к. это виды стандартов, опирающиеся несомненно на результат работы советских систем стандартизации. Две стрелки разделяют их на классические стандарты (ЕСКД, ЕСТД, ЕСПД, ЕСТПП) и на новое поколение стандартов (в знаке облака — облачные технологии способствующие работе этих стандартов). Новое поколение стандартов — ПНСТ

(предварительные национальные стандарты), гармонизированные и машиночитаемые. Второй блок на рис. 1 — стандарты военные, которые могут делиться на стандарты с одним астерiskом (*) или двумя, т.е. Государственные стандарты Российской Федерации и стандарты отраслей с едиными требованиями для оборонной и народнохозяйственной продукции, стандарты мирного или военного времени, ОСТ Р — особенности стандартизации военной продукции, которые также претерпевают изменения в связи с цифровизацией технологий. И 3 блок — это технические регламенты Таможенного союза (ТР ТС), которые развиваются параллельно с ГОСТ Р и ГОСТ, но составляют им определённую конкуренцию в связи с более сложными и «глубокими» схемами сертификации продукции (схемы 1С-9С) и конечно же принятием данных регламентов на территории не только РФ, но и всеми государствами Таможенного союза. Данный тип стандартов назван на рис. 1 «Стандарты-конкуренты».

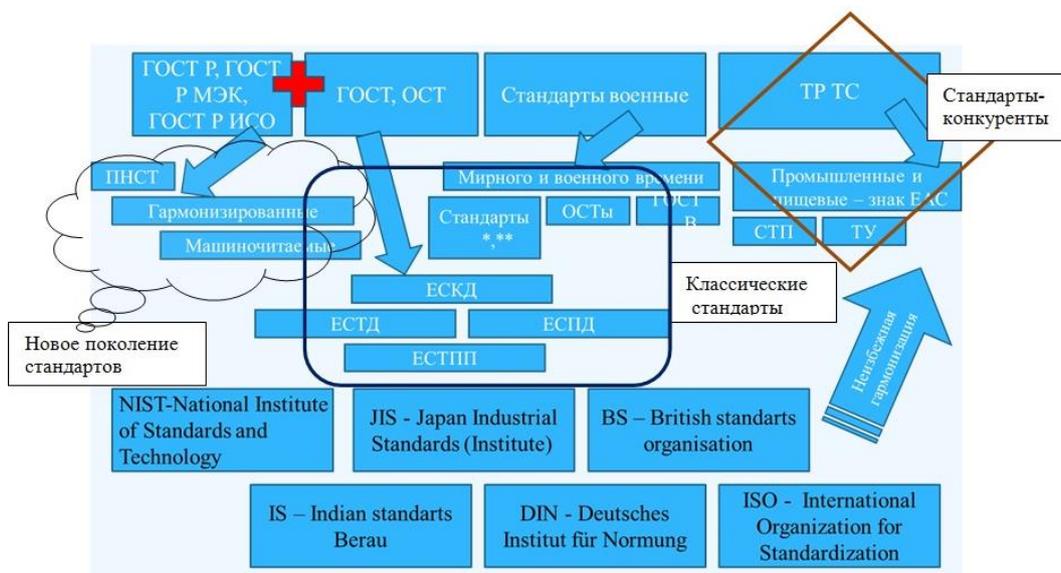


Рис. 1. Развитие системы стандартизации в РФ

В нижней части рис. 1 представлены 6 организаций — ведущих разработчиков стандартов, которые неизбежно будут основными партнёрами по гармонизации в силу большой популярности данных 6 институтов и прежде всего популяризации продукции, развиваемой и поставляемой данными государствами, где и находятся данные разработчики стандартов. Систему развития мировых стандартов системы ИСО и ГОСТ можно увидеть на рис. 2 [6, 7].

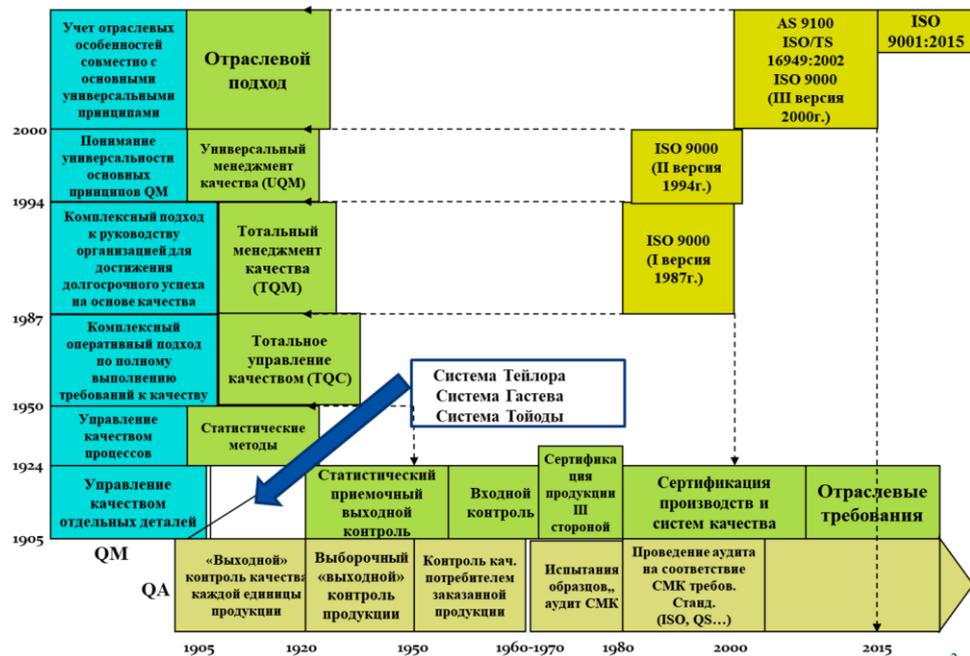


Рис. 2. Система развития мировых стандартов

На данной схеме возможно увидеть чёткое разграничение системы стандартов и системы развития промышленности трёх школ — Американской школы рационализации труда (Г. Форд и Ф. Тейлор), советской школы научной организации труда А.К. Гастева и восточной школы бережливого производства японского специалиста, инженера С. Тойоды. Данное разделение во многом было связано с конкуренцией данных трёх методик стандартизации и развития промышленных технологий за счёт уникальности политического развития каждого из вышеупомянутых государств. Однако, как показывают источники в постсоветском пространстве, данные 3 лидера передовых отраслей развития промышленности, несомненно, черпали друг у друга передовые идеи развития промышленности даже в условиях политической изолированности. Пунктирными линиями показаны связи между определёнными этапами развития менеджмента качества (QM) и обеспечения качества (QA) [6, 7]. Такие связи были в рамках системы Тейлора, где для менеджмента качества, тогда ограниченного лишь инспекцией качества, и выходным (окончательным) контролем качества существовала жёсткая взаимосвязь, а также между статистическим управлением качеством и статистическим приёмочным (выходным) контролем. Период развития сертификации продукции третьей стороной был слабо связан с развитием концепций TQC и TQM. Эта связь появилась в более поздних схемах сертификации (ИСО и МЭК применяют 7 схем сертификации, а в России — 12).

На рис. 3 представлены классические стандарты, описанные в рис. 1, которые были нарисованы в виде 4 китов. Действительно, данные группы стандартов являются наиболее массивными в мире машиностроения и приборостроения. С 2014 года наметилась их трансформация по причине принятия методологии всеобщего риск-менеджмента, что является следствием гармонизации большинства стандартов ИСО по риск-менеджменту.



Рис. 3. Причина трансформации отечественных «классических» стандартов

Риск-менеджмент представлен группой стандартов по бережливому производству, которые несомненно принимают риск-менеджмент в качестве основной методики борьбы с отбраковками продукции и травмоопасными технологиями.

Следующим важным этапом развития цифровизации являются машиночитаемые стандарты из стандартов нового поколения (рис. 4).



Рис. 4. Виды развития стандартов нового поколения [8]

На онлайн-конференции «Машиночитаемые стандарты: перспективы применения в промышленности» 25 февраля 2021 года руководителем Росстандарта А. Шалаевым [8] были обозначены несколько групп современных стандартов:

- нулевой уровень — это стандарт исключительно в бумажном виде, не подразумевающий никакого взаимодействия с машиной;
- 1 уровень — стандарт, воспринимаемый машиной в классическом цифровом формате, при котором возможны чтение и поиск оператором с экрана компьютера (PDF-формат);
- 2 уровень — документ в цифровом, машиночитаемом формате, структура и содержание которого могут быть обработаны программным обеспечением (например, стандарты в формате XML);
- 3 и 4 уровни уже относятся к машинопонимаемым, или SMART-стандартам. При взаимодействии с такими стандартами машина не только понимает содержание, но и может самостоятельно применять и трактовать их без участия человека-оператора. Важно отметить, что стандарты SMART-уровня позволяют проводить их чтение не только в стандартном человеко-машинном интерфейсе, но и в очках виртуальной реальности. В частности, если рассматривать программу «PowerGuide», которая предназначена для разработки интерактивных руководств, в ней реализован механизм просмотра модели в очках виртуальной реальности. Данная опция является уникальной, поскольку в аналогичных программах, к примеру в «Cartona3D», опции просмотра в очках VR нет. Стандарты 3 уровня подчёркивают необходимость поддержания актуальности стандартов и их хранения в облачных сервисах, которые будут обеспечивать быстрый доступ к данным стандартам и, в случае необходимости, оперативную возможность внесения изменений. Облачные сервисы, предназначенные для загрузки и выгрузки стандартов, в настоящее время имеют очень широкое применение — к примеру портал «Техэксперт» или «Консультант+», ФГИС «АРШИН», являются основным фундаментом для реализации идеи облачных сервисов для метрологии и стандартизации.

Рассмотрим натуральный вид подобного стандарта (рис. 5). На иллюстрации приведён фрагмент документа с размеченным и структурированным содержанием. Для НИЦ ЦПС наиболее значимый результат заключён в строчке [9] $[Com]NCE\{SPG_0002\geq 0.5\}$, поскольку она с помощью системы кодирования выражает числовое требование, которое может быть впоследствии интерпретировано соответствующими информационными системами — SOLIBRI Model Checker, UpCodesAI или их аналогами [10]. Пример — перевод текстового представления и формулы пункта 4.3 СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах» на язык MathML.

Текстовое представление	4.3 Уклоны кровель в зависимости от применяемых материалов приведены в таблице 4.1; в ендовах уклон кровли принимают в зависимости от расстояния между воронками, но не менее 0,5%.
XML	<pre> <? xml version="1.0" encoding = "UTF-8" ?> ... <item number="4.3" guid="17.13330.2017-i4.3" type="requirement" object="[Com]NCE" properties="[Prp]SPG_0002" refid="17.13330.2017-t4.1"> ... <element type="reference" refid="17.13330.2017-t4.1"> в таблице 4.1 </element> <element type="rule"> [Com]NCE{SPG_0002}>=0.5 </element> ... </item> ... </pre>

Рис. 5. Фрагмент машиночитаемого стандарта с размеченным и структурированным содержанием

ГОСТ 53442-2015 привнес в систему ЕСКД новинку в виде условно-графического обозначения теоретически точного размера ТЕР, требований прилегания и многих других обозначений, что, безусловно, стало причиной очень многих ошибок из-за недопонимания данного определения разными подразделениями производственного предприятия.

С 2013 года в ГОСТ 25346-2013 и ГОСТ 53442-2015 [15, 16] появляется требование прилегания «Е», которое проставляется в тех посадках, куда будут устанавливаться подшипники; и требование это подразумевает более точную обработку поверхностей, акцентирует внимание оператора на процессе изготовления отверстия и процессе последующего контроля детали на ОТК. Вот как уточняется данный момент в стандарте: «В тех случаях, когда установления допуска на размер согласно международному стандарту ISO 286-1:2010 оказывается недостаточно для обеспечения выполнения посадкой своего функционального назначения, могут быть дополнительно установлены требования прилегания согласно стандарту [13], допуски геометрической формы, а также требования к шероховатости поверхности». В частности, про правило прилегания можно детально посмотреть в видеоблоге «ГОСТ к чайку» [12], где наиболее ясно и доступно даются объяснения столь сложным обозначениям. Также очень много вопросов у специалистов машиностроительных предприятий возникает в связи с применением теоретически точного размера.

ГОСТ 53442-2015 является лидером в области самого большого количества нововведений, которые, безусловно, с одной стороны, демонстрируют развитие системы ЕСКД и её гармонизацию со стандартами ISO, но, с другой стороны, как показывает практика, эти нововведения могут стать причиной отбраковки

продукции из-за отсутствия единого мнения по применению подобных обозначений на чертежах. Рассмотрим, как ГОСТ поясняет применение теоретически точного размера: «TED (Teoretical exact dimension) — размер, который применяют при выполнении различных операций (например, операций присоединения, разделения или набора). TED может быть линейным или угловым. TED может определять:

- протяжённость или относительное месторасположение части какого-либо элемента, длину проекции элемента;
- идеальную ориентацию или месторасположение одного или нескольких элементов, или номинальную форму элемента, TED обозначается в квадрате» (рис. 6).

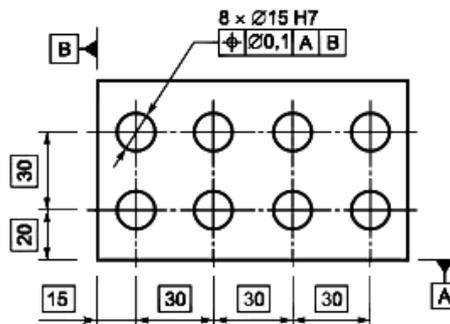


Рис. 6. Обозначение TED на чертеже

Теоретически точный размер может применяться, к примеру, если в сборке у нас есть необходимость определения толщины компенсатора. Ширину данного компенсатора можно определить только в процессе изготовления/сборки, а когда проектируется чертёж, этот размер известен только теоретически [14, 17]. Впервые понятие «теоретический размер», или «теоретический чертёж» был применён в ГОСТ 2.419-68 [11] серии по ЕСКД. Данный ГОСТ посвящён вопросам плазового производства. Вот как данный метод характеризуется: «Плазовый метод производства применяют в тех случаях, когда в рабочих чертежах невозможно или нецелесообразно дать все размеры, необходимые для изготовления изделия и его составных частей. При этом недостающие на чертежах размеры снимают с плаза».

Рассмотрим также комментарий коллег из Нижегородского университета по поводу гибкости в сборке и применения зависимых допусков: «Если условие зависимого допуска распространяется на базу, то это позволяет упростить конструкцию базирующих элементов технологических приспособлений. Например, кондукторов и калибров. Их базирующие элементы могут быть выполнены не самоцентрирующимися, а жёсткими, с постоянным размером, соответствующим пределу максимума материала базы. Смещение

базы детали из-за зазора между ней и базирующим элементом приспособления или калибра, возникающее при отклонении размера базы от предела максимума материала, в данном случае разрешается зависимым допуском расположения» [8]. Таким образом, можно констатировать тот факт, что теоретически точный размер является частью теоретического чертежа, который разрабатывается не только с учётом линейных и диаметральных размеров, а сетки координат (рис. 7).

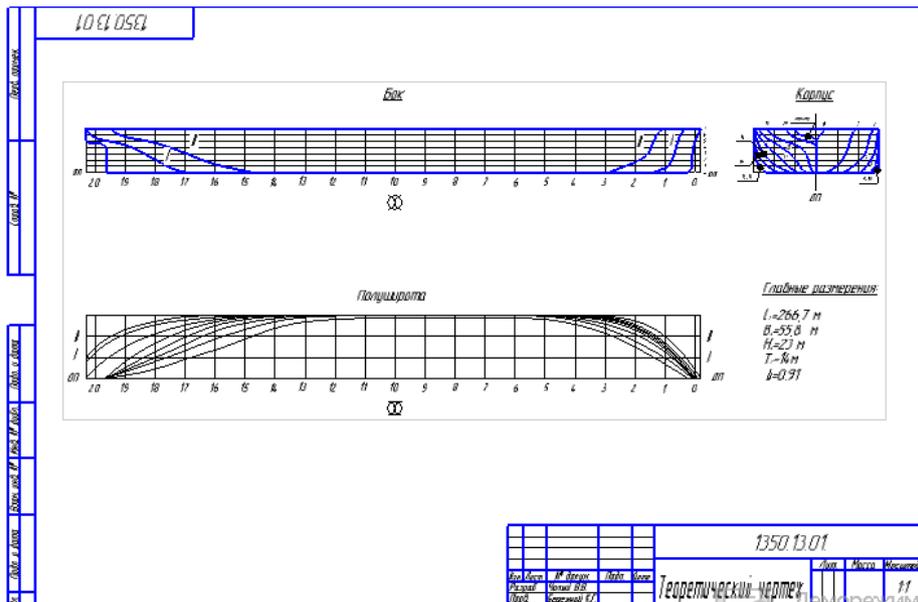


Рис. 7. Теоретический чертёж

Таким образом, теоретически точный размер — это, по сути, координата, поэтому он пишется в номинале, у него нет верхних и нижних предельных отклонений, он не привязан к системе квалитетов, однако, несомненно, эти размеры имеют решающее значение при разметке детали.

Современные системы сборочных операций в системе ИСО значительно отличаются от традиционных требований к обозначениям, заданным Единой системой технологической документации. С одной стороны, данные требования, дополнительные знаки значительно увеличивают количество символов на сборочном чертеже, что может привести к затруднению чтения чертежа, с другой стороны, эти обозначения, принятые системой ИСО, всё чаще и чаще встречаются в обозначении чертежей, сделанных российскими компаниями, к которым, однако, могут применяться требования соответствия международным стандартам — и не только в области соответствия качеству готовой продукции, систем наличия бережливого производства, но и прежде всего международным правилам обозначения чертежей.

Важным доказательством применения плазового метода в системе ИСО является применение выступающего поля допуска (рис. 8).

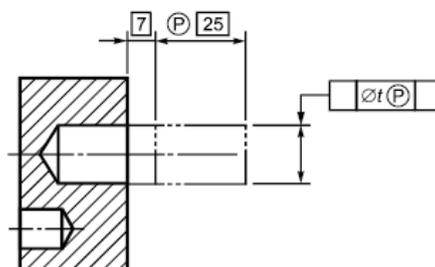


Рис. 8. Выступающее поле допуска

Выступающее поле допуска характерно для так называемых по ГОСТу «виртуальных» деталей — т.е. тех, которые могут быть присоединены к элементу в будущем в качестве его апгрейда. Например, к любому смартфону можно присоединить чехол, хотя изначально в конструкции он не предусмотрен. Чехол и есть «виртуальный» элемент.

Требования взаимодействия (ГОСТ 55145-2012) для нежестких деталей, обозначаемого символом латинской буквы «F» (рис. 9) в круге, направлены на дополнительное указание нежестких элементов, встречающихся в машиностроении и приборостроении. Это могут быть и гофрированные резиновые элементы, и изделия из листового материала, которые деформируются в процессе работы, например, гнущиеся элементы вентиляции или ряд резинотехнических изделий, которые широко применяются при герметизации изделий.

ГОСТ в виде обязательных требований рекомендует применять данное требование для всех нежестких деталей, встречающихся на чертеже.

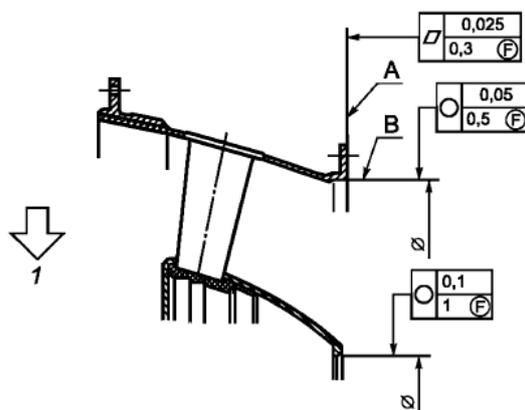


Рис. 9. Применение требования «F» для гнущейся гофры

Применение этого знака связано с использованием трёхмерной печати и нежестких материалов из пластика для замены традиционных металлических.

Что вкладывают в понятие нежестких, или «Free», деталей, как это и указывает отдельный ГОСТ 55145, имеет важное значение для операций, совершаемых с деталями с данным полем допуска, с полем допуска, которое может меняться в зависимости от применения различного момента затяжки креплений тонкостенных элементов, к примеру.

С большой долей вероятности можно говорить, что в российской системе конструкторской и технологической документации не так скоро приживётся данное обозначение, т.к. нежесткие материалы по умолчанию в российской ЕСКД указываются в спецификации и ведомости материалов, где подробно указано, что тот или иной материал имеет резиновые или пластиковые вставки, а значит он — нежесткий.

Однако на сборочном чертеже не всегда представлены спецификации, а поэтому возможно указание нежесткости деталей на чертежах поможет более точно учитывать нестабильный допуск.

Возможно, такое усиленное внимание к данному символу связано с увеличением доли иностранных покупных резино-технических прокладок, уплотнений и т.д.

В ГОСТ 53442 мы наблюдаем неоднократное упоминание элементов, которые, возможно, были факторами развития идеи Тейлора (одного из коллег Г. Форда), который, несомненно, считается авторитетом для организации ИСО в области допусков и посадок, так как он был изобретателем прежде всего проходных и непроходных калибров, так называемых «control gage», которые нашли применение на крупносерийном производстве и являются неотъемлемой частью уже современного машиностроения.

Важно также и то, что ИСО посвятила отдельный ГОСТ требованию прилегания (правило Тейлора) [19], который описывает специфическую скользящую посадку (заимствованную у СССР). Данная посадка по требованию Тейлора должна применяться в местах установки под подшипники, и подобный размерный элемент должен иметь дополнительное обозначение «E». В ГОСТ 25-346 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».

Но если части символьных обозначений ИСО можно найти логическое объяснение, например *M* — minimum material (принцип минимума материала), *F* — free (требование для нежестких, «свободных» деталей), то уже требованию Тейлора «E» остаётся искать самостоятельно объяснение, возможно, это означает «Effect», или «Especial», или что-то подобное.

Таким образом, подведём итог: ГОСТы серии ИСО, позволяющие увеличивать долю исправимого брака деталей, которые можно «подогнать» на месте, включают в себя в том числе принципы теоретически точного размера. Теоретически точный размер подразумевает подгонку детали на месте (по принципу собираемости). Теоретические чертежи, которые мы наблюдали в ГОСТ 2.419-68, как раз подтверждают эту возможность, которая в зависимости от материала, условий окружающей среды может меняться [11].

Система стандартизации в РФ и в мире имеет тенденции к цифровизации, более визуализированному представлению информации, обмену данными в системе машинообучаемой среды и планомерной гармонизации, которая стирает границы между стандартами тех или иных стран. Данная специфика развития системы стандартизации, безусловно, положительно влияет на автоматизацию процессов и производств, а также способствует уменьшению ошибок по причине человеческого фактора в процессе формирования документооборота, созданию единой мировой электронной базы стандартов, за исключением стандартов военных, которые, конечно, должны иметь конфиденциальный режим доступа.

В настоящее время система развития машиночитаемых стандартов в России имеет устойчивые тенденции к наращиванию потенциала электронных документов за счёт развития и широкого распространения электронных подписей, позволяющих наделять юридической значимостью различные корпоративные стандарты (СТП, ТУ, ТРТС), чертежи, отчёты по НИР, спецификации в электронном формате. Также это позволяет дополнительно кодировать объекты интеллектуальной собственности. Развитие системы электронного документооборота и новых типов стандартов будет происходить в прямо пропорциональной зависимости от развития систем электронных подписей для документов, развития программ для ускоренной конвертации технологической и конструкторской документации в xml, html, mathml и другие форматы представления документов.

Список литературы

1. АС 1.1.S1000DR-2014. Авиационный справочник. Международная спецификация на технические публикации, выполняемые на основе общей базы данных. — ФГУП «НИИСУ», 2014.
2. Леонов А. Зерновой диктат [Электронный ресурс] // Столетие: интернет-газета. — 10.07.2012. — URL: https://www.stoletie.ru/territoriya_istorii/zernovoj_diktat_725.htm?
3. Куницын А.В. Экономические отношения стран СЭВ с США. — М.: Наука, 1982. — 169 с.

4. Федин Б.В. Опережая время // Стандарты и качество. — 2008. — № 1. — С. 12–15.
5. Бойцов В.В. // Studref.com: [сайт] — URL: https://studref.com/438244/menedzhment/vasiliy_vasilevich_boytsov_19081997.
6. Лапидус В.А. Всеобщее качество (TQM) в российских компаниях. — М.: Типография «НОВОСТИ, 2002.
7. Богатов В.А. Переход СМК организации на новую версию Международного стандарта ISO 9001:2015. Обзор требований: [текст презентации]: ФГУП «Тест — С.-Петербург», 10–11 ноября 2015 г.
8. Шалаев А. SMART-стандарты и цифровая стандартизация // Онлайн-конференция «Машиночитаемые стандарты: перспективы применения в промышленности», 25 февраля 2021 года. — С. 6.
9. Волкодав В. Цифровой нормативно-технический документ в строительстве. Применение в рамках автоматизации процессов проверки ИМ ОКС // Онлайн-конференция «Машиночитаемые стандарты: перспективы применения в промышленности», 25 февраля 2021 года. — С. 45–46.
10. Епифанцев К.В. Анализ программных пакетов, применяемых для автоматизации измерений // Альманах современной метрологии. — 2021. — № 3 (27). — С. 167–181.
11. ГОСТ 2.419-68. Правила выполнения документации при плазовом методе производства. — М.: Стандартиформ, 2011.
12. Videоблог «ГОСТ к чайку»: [электронный ресурс]. — URL: https://www.youtube.com/watch?v=xxzt77rG-Hs&ab_channel=%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2%D0%BA%D1%87%D0%B0%D0%B9%D0%BA%D1%83 (дата обращения: 08.01.2021 г.).
13. ISO/R 1938:1971. ISO system of limits and fits — Part II: Inspection of plain workpieces.
14. ГОСТ Р 50056-92. Основные нормы взаимозаменяемости. Зависимые допуски формы, расположения и координирующих размеров. Основные положения по применению. — М.: Стандартиформ, 1992.
15. 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.
16. 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.
17. «ЧИПМАКЕР»: [электронный ресурс]. — URL <https://www.chipmaker.ru/topic/109197/> (дата обращения: 10.06.2021).

18. Кайнова В.Н., Демьянович Е.М. Роль термина «зависимый допуск», влияющего на снижение себестоимости и трудоёмкости при изготовлении неотчетственных соединений // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. — 2013. — № 5 (102). — С. 66–72. — URL: <https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/nauka/izdaniya/trudy/2013/05/066-072.pdf> (дата обращения — 10.06.2021).
19. ISO 8015:1985. Technical drawings — Fundamental tolerancing principle.

Статья поступила в редакцию: 02.02.2022 г.

Статья прошла рецензирование: 16.03.2022 г.

Статья принята в работу: 08.04.2022 г.