

полнении расчетов плотность сталей 10; 20 и 35 принята равной $7,85 \cdot 10^{-3}$ г/мм³, сталей 20Х13 и 40Х13 – соответственно $7,67 \cdot 10^{-3}$ г/мм³ и $7,65 \cdot 10^{-3}$ г/мм³.

Вывод. Представленные в статье методы оценки точности и производительности обработки использованы при проведении исследований и разработке метода ЭИП железо-никель-хромовых сплавов [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Вдовенко, В. Г. Эффективность электрохимической обработки деталей : монография / В. Г. Вдовенко. – Красноярск : Изд-во красноярского ун-та, 1991. – 158 с.
2. Кудрявцев, Н.Т. Электролитические покрытия металлами / Н.Т. Кудрявцев. – М. : Химия, 1979. – 352 с.
3. Ваграмян, А. Т. Распределение тока на поверхности электродов при электроосаждении металлов / А. Т. Ваграмян, Т. Б. Ильина-Какуева. – М. : Metallurgizdat, 1956. – 66 с.
4. Справочник по электрохимическим и электрофизическим методам обработки / Под общ. ред. В. А. Волосатова. – Л. : Машиностроение, 1988. – 719 с.
5. Дураджи, В. Н. Нагрев металлов в электролитной плазме / В. Н. Дураджи, А. С. Парсаданян; под общ. ред. А.С. Парсаданяна. – Кишинев : Штиинца, 1988. – 216 с.
6. Куликов, И. С. Электролитно-плазменная обработка материалов / И. С. Куликов, С. В. Ващенко, А. Я. Каменев. – Минск : Беларуская навука, 2010. – 232 с.
7. Грилихес, С. Я. Электрохимическое полирование / С. Я. Грилихес. – Л. : Машиностроение, 1976. – 208 с.
8. Синькевич, Ю. В. Теоретические и технологические основы электроимпульсного полирования изделий из сплавов на основе железа, хрома и никеля : автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.02.07 / Ю. В. Синькевич; Белорус. национал. техн. ун-т. – Минск, 2015. – 46 с.

Поступила 10.04.2020

УДК 006.06

Соломахо В.Л., Цитович Б.В.

ПРИМЕНЕНИЕ КОНКУРИРУЮЩИХ СТАНДАРТОВ ДОПУСКОВ РАЗМЕРОВ, ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Белорусский национальный технический университет

Белорусский государственный институт повышения квалификации и

переподготовки кадров по стандартизации, метрологии и управлению качеством

Минск, Беларусь

В статье представлены сведения о стандартах допусков размеров, формы и расположения поверхностей, одновременно действующих в Республике Беларусь и относящихся к двум разным системам стандартов (Межгосударственным стандартам и стандартам ИСО). Традиционно применявшаяся система Межгосударственных стандартов (стандарты с индексом «ГОСТ») существенно отличается от системы, положенной в основу стандартов ИСО.

Целью статьи является их совместный анализ и оценка возможностей параллельного или конкурентного применения. Предложены рекомендации эффективного использования рассмотренных систем стандартов при проектировании изделий.

Ключевые слова: допуск расположения, допуск формы, допуск ориентации, точность параметра, поле допуска расположения, поле допуска формы, построение поля допуска, обозначение допуска.

Введение. Сложившаяся на сегодняшний день ситуация такова, что в Республике Беларусь одновременно действуют две не вполне согласованные друг с другом системы допусков формы и расположения поверхностей. Системы «общих допусков» формы и расположения поверхностей в данной статье не рассматриваются, поскольку им была посвящена отдельная статья [1].

Одна из систем допусков формы и расположения поверхностей, широко применяемая в машиностроении, регламентирована стандартами ГОСТ 24642-81, ГОСТ 24643-81, ГОСТ 2.308-79 [2–4]. Наряду с приведенными Межгосударственными стандартами постановлением Госстандарта Республики Беларусь от 21 января 2009 г. № 3 был введён в действие Государственный стандарт Республики Беларусь СТБ ISO 1101 [5]. Этот документ идентичен международному стандарту ISO 1101:2004 «Geometrical Products Specification (GPS) — Geometrical tolerancing — Tolerances of form, orientation, location and run-out» (следует иметь в виду, что международный стандарт перерабатывался, в частности, в 2017 году [6], но в Республике Беларусь действует СТБ ISO 1101-2009). Сопоставление двух рассматриваемых систем вполне оправдано, поскольку СТБ ISO 1101-2009 содержит общетеоретические положения, а также нормирует обозначения допусков формы и расположения, хотя не охватывает числовые значения допусков.

Основная часть. Группа стандартов допусков формы и расположения поверхностей включает три документа: два стандарта группы «Основные нормы взаимозаменяемости», устанавливающие общие положения и нормируемые числовые значения допусков, и один стандарт, нормирующий обозначения допусков формы и расположения [4], который является стандартом ЕСКД.

Отметим основные положения Межгосударственных стандартов, широко применяемых в настоящее время в машиностроении.

1. Стандарты группы «Основные нормы взаимозаменяемости» позволяют выбирать виды допусков формы и расположения поверхностей, необходимые для функционирования деталей в разрабатываемой конструкции, и назначать числовые значения допусков по аналогии. Расчёты точности предельных отклонений формы и расположения поверхностей могут понадобиться для оригинальных (новых, не имеющих аналогов) конструкторских решений или в ситуациях, когда разработчик собирается добиться наивысшего уровня качества изделия, который не может обеспечить типовое решение.

2. Числовые значения допусков формы и расположения поверхностей, распределённые по уровням точности, представлены в ГОСТ 24643-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения». В стандарте приведены таблицы числовых значений конкретных типов допусков формы и расположения с указанием степеней точности. Точность назначаемых норм конструктивно и/или технологически связана с параметрами нормируемых поверхностей (эффективными параметрами). Например, допуск круглости увязан с диаметром сечения, допуск прямолинейности – с длиной элемента.

Можно назначать допуски на участке, меньшем, чем весь нормируемый элемент (длина, диаметр, площадь элемента и т.д.), либо на участке, превышающем его параметры. В последнем случае образуется «выступающее поле допуска», функциональная необходимость которого в определённых конструкциях представляется очевидной.

3. Уровни относительной точности (степени точности) обеспечивают необходимое разнообразие решений и позволяют рационально выбрать допуски методом аналогов для решения существенно различающихся конструкторских задач. Необходимые для

такого выбора рекомендации содержатся в технических справочниках и в учебной литературе, например, [7, 8].

4. Поле допуска формы строят от прилегающего элемента, который жёстко не привязан к идеальному контуру элемента. Например, отклонение от прямолинейности образующей элемента, представленного на чертеже в виде прямого кругового цилиндра, при конусообразности реальной поверхности отсчитывают от прилегающей прямой, наклонной по отношению к оси и к образующей идеального цилиндра, который используют для построения поля допуска размера номинально цилиндрической поверхности. Эту прямую можно рассматривать как образующую воображаемого конуса.

5. Поле допуска расположения – область в пространстве или заданной плоскости, внутри которой должен находиться прилегающий элемент или ось, центр, плоскость симметрии в пределах нормируемого участка. Ширина или диаметр поля допуска определяется значением допуска, а расположение относительно баз – номинальным расположением рассматриваемого элемента. Построение полей допусков расположения поверхностей включает в себя построение идеального базового элемента, который затем используют для построения поля допуска расположения реального элемента.

6. Числовые значения допусков формы и расположения поверхностей для разных уровней их «относительной геометрической точности» увязывают с ограничивающими предельные отклонения допусками размеров следующим образом. Примерное значение допуска формы и/или расположения при уровне точности А – около 60 % от ограничивающего допуска размера, при уровне точности В – примерно 40 %, а при уровне точности С – около 30 %. Для допусков круглости, профиля продольного сечения и цилиндричности соотношения урезают практически вдвое (30 %, 20 % и 12 %).

7. Для симметричных полей допусков числовые значения допусков могут быть заданы в радиусном или диаметральном выражении, что в одинаковой степени распространяется на поля допусков круглого и прямоугольного (квадратного) сечения. Прямоугольные сечения поля допуска разрешают реальные отклонения несколько большие, чем круглые, поскольку диагональ прямоугольника длиннее его стороны.

8. Зависимый допуск – допуск расположения поверхностей, числовое значение которого может изменяться в зависимости от действительных размеров рассматриваемого и/или базового элементов. Назначение зависимого допуска означает, что нормируемое отклонение может выходить за пределы поля допуска, ограниченного постоянной частью допуска, если такое отклонение будет компенсировано отличием действительных размеров рассматриваемого и/или базового элементов от предела максимума материала (например, увеличением диаметра неточно расположенного отверстия для прохода крепёжного винта). Заключение о годности в этом случае дают с учетом действительного размера элемента (элементов), к которым привязан зависимый допуск. Это существенно усложняет необходимое информационное обеспечение контроля.

В отличие от рассмотренных выше норм в стандарте СТБ ISO 1101 [5] представлены следующие виды допусков: допуски формы, «допуски ориентации», допуски расположения и допуски биения. Приведенные в таблице 1 наименования («характеристики») и условные обозначения («символы»), а также «необходимость базы» для каждого из видов допусков полностью заимствованы из оригинала.

Таблица 1 – Обозначения геометрических характеристик

Допуск	Характеристика	Символ	Необходимость базы
Форма	Прямолинейность	—	Нет
	Плоскостность	□	Нет

	Круглость	○	Нет
	Цилиндричность	⊘	Нет
	Заданный профиль	∩	Нет
	Заданная поверхность	∪	Нет
Ориентация	Параллельность	//	Да
	Перпендикулярность	⊥	Да
	Наклон	∠	Да
	Заданный профиль	∩	Да
	Заданная поверхность	∪	Да
Расположение	Позиционный допуск	⊕	Да или нет
	Концентричность (для центральных точек)	⊙	Да
	Соосность (для осей)	⊙	Да
	Симметричность	≡	Да
	Заданный профиль	∩	Да
	Заданная поверхность	∪	Да
Биение	Биение	↗	Да
	Полное биение	↗↘	Да

Из таблицы видно, что к допускам формы, кроме принятых в действующих в стандартах СНГ допусков прямолинейности, плоскостности, круглости и цилиндричности, отнесены также допуски заданного профиля и заданной поверхности. В новом стандарте отсутствует допуск профиля продольного сечения номинально цилиндрической поверхности, который при необходимости можно заменить допуском заданного профиля.

К «допускам ориентации» (понятие, отсутствующее в рассмотренном комплексе стандартов как ненужное, поскольку «ориентация элемента» это его расположение относительно базового) стандарт [5] относит допуски параллельности, перпендикулярности, наклона (допуски расположения) и снова допуски заданного профиля и заданной поверхности. Для двух последних случаев (в отличие от варианта назначения допусков формы) поля допусков должны быть «ориентированы» относительно базы, значит, полностью соответствуют аналогам из комплекса стандартов СНГ.

«Допуски расположения» в данном стандарте включают позиционный допуск, допуск симметричности, допуск соосности и допуск концентричности (аналог допуска соосности, который применяют не для осей, а для их проекций в плоскости – «для центральных точек»). В этом разделе опять присутствуют допуски заданного профиля и заданной поверхности, но в данном случае они рассматриваются как суммарные допуски формы и расположения относительно задаваемой базы (ничем не отличаются от аналогичных допусков предыдущей группы).

Допуски биения в стандарте дифференцируются на допуски биения и допуски полного биения без конкретного разделения на допуски радиального биения, торцового биения и допуски биения в заданном направлении. Условные обозначения («знаки допусков») одинаковы для трёх последних видов допусков, а различия определяются направлением стрелки, указывающей на нормируемый элемент.

Отсутствие в СТБ ISO 1101-2009 уровней точности исключает возможность выбора допусков методом аналогов, а отсутствие стандартных числовых значений обязательно приведёт к их неоправданному разнообразию при попытке расчётного обоснования допусков. Попытка рационального использования СТБ ISO 1101 при проектиро-

вании изделий приведёт к парадоксальному решению: выбор допусков методом аналогов с использованием ГОСТ 24643 и справочников с последующим переходом к СТБ ISO 1101 для оформления полученных результатов.

О необходимости нормирования геометрических параметров в стандарте сказано, что допуски должны назначаться в соответствии с требованиями к функционированию. Назначение допусков также может быть обусловлено технологическими требованиями (требованиями к точности производства и контроля). Из этого следует, что назначение методом аналогов не предусмотрено, отсутствуют уровни (степени) точности, не нормированы числовые значения. Значит, для каждого выбора допуска необходимо проводить исследования (аналитические или экспериментальные), после чего выбирать числовые значения с их произвольным округлением. В результате не только исключается назначение допусков по аналогии, но и можно ожидать ничем не оправданного разнообразия числовых значений допусков.

В стандарте нет конкретных понятий полей допусков определённых типов. В нём дано общее определение поля допуска: область пространства, ограниченная одной или несколькими геометрически правильными линиями или поверхностями и характеризуемая линейным размером, называемым допуском. При назначении допуска элемента детали разработчик устанавливает поле допуска, в пределах которого может находиться реальный элемент. Реальный элемент детали, на который назначен допуск, может быть любой формы и иметь любое расположение (ориентацию) внутри поля допуска, если к нему дополнительно не установлены более жесткие требования.

Некоторый интерес представляют введенные в стандарте [5] обобщающие понятия.

Элемент – это «определенная область детали», например точка, линия или поверхность. Элементы могут быть первичными (например, внешняя поверхность цилиндра) или производными (например, средняя линия или средняя поверхность).

Использована очевидная идея, что поле допуска бывает в виде плоского (двумерного) или трёхмерного пространства.

Двумерное поле допуска может быть представлено следующими фигурами:

- площадь круга;
- площадь между двумя концентрическими окружностями;
- пространство между двумя эквидистантными линиями или параллельными прямыми.

Трёхмерное поле допуска может быть представлено:

- объёмом цилиндра;
- объёмом сферы;
- пространством между двумя соосными цилиндрами;
- пространством между двумя эквидистантными поверхностями или параллельными плоскостями.

Длина поля допуска может быть равна длине нормируемого элемента, либо отличаться от неё в меньшую или большую сторону. Если допуск относится только к ограниченной части элемента или нормируют выступающее поле допуска, это специально указывается при его обозначении.

Стандарт определяет взаимосвязь между допусками геометрических параметров (допусками формы, ориентации и расположения). При одновременном назначении на один элемент допусков нескольких видов, некоторые виды допусков, ограничивая выбранные геометрические отклонения элементов, могут также ограничивать другие виды отклонений этого же элемента.

Допуск формы регламентирует только отклонения формы элемента, причём комплексный допуск формы регламентирует также элементарные отклонения. Например, допуск цилиндричности ограничивает также отклонения от круглости.

Допуск ориентации регламентирует отклонения ориентации и формы элемента. Например, допуск параллельности ограничивает также отклонения от прямолинейности или от плоскостности.

Допуск расположения регламентирует отклонения расположения, ориентации и формы этого элемента. Например, допуск соосности фактически ограничивает также отклонения оси от прямолинейности и её отклонения от параллельности или от перпендикулярности по отношению к базе. Обратные зависимости в данных ситуациях не действуют.

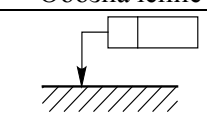
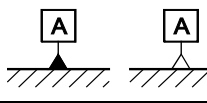

Допуски ориентации и расположения, которые назначены с указанием базового элемента, не ограничивают отклонения формы самого базового элемента, что может привести к некорректному нормированию. В необходимых случаях (выявляются анализом или определяются на основе опыта проектирования) следует нормировать допуски формы базового элемента (элементов).

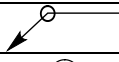
Есть существенные отличия, касающиеся обозначений в стандартах [4] и [5]. Значительную часть таких отличий, можно обнаружить в ходе анализа таблицы 2. В ней представлены «дополнительные обозначения» допусков и базовых элементов. Анализ обозначений из таблицы 2 в некоторых случаях приходится дополнять содержательным анализом допусков. Как и в предыдущем случае, структура таблицы и её содержание полностью позаимствованы из стандарта [5].

Как и в стандарте ЕСКД [4] для указания нормируемого допуска используют прямоугольную рамку, которая разделена на две или более частей, и линии соединения рамки с элементом, допуск которого нормируют, а также линии соединения рамки с базовым элементом. Две первые части рамки содержат (слева направо) обозначение допуска («знак допуска») и значение допуска в миллиметрах. Если поле допуска круглое или цилиндрическое, то перед значением допуска ставят символ « \emptyset », а если сферическое, то символ дополняют буквой *S* (« $S\emptyset$ »).

Нормируемый элемент указывают стрелкой на соответствующей соединительной линии, причём направление стрелки совпадает с номинальным направлением измерений нормируемого отклонения. Базу указывают соединительной линией, которая обычно исходит из последней части рамки допуска и заканчивается треугольником, основание которого «приклеено» к базовому элементу. Зачернённый и не зачернённый треугольники равноправны. База может быть обозначена автономно в собственной рамке, без использования линии соединения рамки допуска с базовым элементом. Для идентификации базового элемента используют заглавную букву латинского алфавита. Общую базу, определяемую двумя базовыми элементами, обозначают в одной клетке рамки допуска двумя заглавными буквами, разделенными дефисом по типу А-В (в стандарте [4] обозначения двух базовых элементов дефисом не разделяют).

Таблица 2 – Дополнительные обозначения

Название	Обозначение
Обозначение элемента, к которому задается допуск	
Обозначение базового элемента	
Обозначение участка базирования	

Теоретический точный размер	50
Выступающее поле допуска	Ⓟ
Предел максимума материала	Ⓜ
Предел минимума материала	Ⓛ
Условие свободного состояния (эластичные участки)	ⓕ
По контуру (профиля)	
Требования к ограничению	ⓔ
Общее поле допуска	CZ
Диаметр впадин	LD
Диаметр выступов	MD
Делительный диаметр	PD
Линейный элемент	LE
Выпуклость не допускается	NC
Любое сечение	ACS

Комплект баз, который определяется двумя или тремя базовыми элементами, также обозначают буквами, но каждую из баз указывают в отдельной клетке в порядке приоритета.

«Обозначение участка базирования» не расшифровано, поскольку разработчики стандарта считают его понятным. Можно полагать, что такое ограничение может распространяться также и на нормируемый участок, если он меньше всего элемента.

Под «теоретически точным размером» понимается номинальное значение размера, которое указывают в рамке и без отклонений. Такое обозначение в стандарте [4] применяют для тех размеров, которые определяют расположение элемента, и на которые не должны распространяться общие допуски размеров.

Обозначение выступающего поля допуска аналогично используемому в межгосударственном стандарте (P в кружке).

Буквой M в кружке обозначают «предел максимума материала», что в некоторой степени соответствует зависимому допуску. Однако если реализован «предел максимума материала», никакой компенсации быть не может. Для компенсации неточностей изготовления может использоваться не предел максимума материала, а разность между пределом максимума материала и действительным размером элемента, который реализован на детали. Максимального значения компенсация достигнет в случае реализации предела минимума материала соответствующего элемента. Хотя «предел минимума материала» (обозначение Ⓛ) в таблицу включено, перспективы его использования сомнительны.

Обозначение «Условие свободного состояния (эластичные участки)» придумано, скорее всего, для деталей из эластомеров (резин и резиноподобных материалов типа полиуретанов), которые в нагруженном состоянии меняют размеры и форму, а после снятия нагрузки возвращаются в исходное состояние.

Обозначение «общего поля допуска» (CZ) применимо для нескольких участков одной поверхности, разделённых элементами прерывания, плоскость с разрывами, цилиндр с канавками и др.

Понятны введенные стандартом [5] обозначения для нормирования или использования в качестве базы поверхности впадин резьбы, шлицевой поверхности или зубчато-

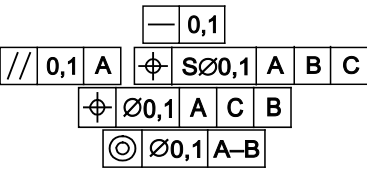
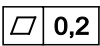
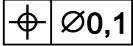
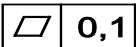
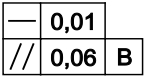
го колеса (LD), поверхности выступов (MD) или «делительной» (средней) поверхности (PD) для подобных случаев и ряда других сложных конфигураций. Возможности применения таких обозначений ограничена, но они имеют право на существование.

Обозначение «выпуклость не допускается» (символ NC, который должен быть написан около рамки), используют при необходимости указания дополнительных ограничений нормируемого поля допуска, например, определения формы элемента внутри поля допуска.

Даже при наличии довольно полезных дополнений можно утверждать, что в межгосударственном стандарте [4] обозначения отработаны лучше.

В таблицу 3 сведены примеры условных обозначений допусков в соответствии со стандартом [5], отобранные для применения в типовых случаях с пояснениями, необходимыми для пользователей, не имеющих практического опыта работы с данным документом.

Таблица 3 – Примеры и трактовка условных обозначений допусков

Обозначение	Пояснение
1	2
	<p>Требования указываются в прямоугольной рамке, которая разделена на две или более частей. Эти части содержат слева направо:</p> <ul style="list-style-type: none"> – обозначение допуска (геометрической характеристики); – значение допуска в миллиметрах. Перед значением стоит символ «Ø», если поле допуска круглое или цилиндрическое, или «S Ø», если поле допуска сферическое; – при необходимости, буква или буквы, обозначающие базу, общую базу или комплект баз
<p>6 ×  6 × Ø12±0,02 </p>	<p>Если один и тот же допуск назначен на несколько элементов, то сверху над рамкой указывают число элементов и следующий за ним символ «×»</p>
 NC	<p>При необходимости указания дополнительных ограничений, например, «выпуклость не допускается», символ, определяющий форму элемента внутри поля допуска (NC), должен быть написан около рамки</p>
	<p>Если необходимо указать больше одного вида допуска, то требования можно указывать в рамках, расположенных одна под другой</p>

1	2
	<p>Если стрелка стоит на продолжении размерной линии, нормируемый допуск относится к средней линии элемента, его средней поверхности или точке.</p> <p>Если треугольник размещен на продолжении размерной линии, базой является ось, средняя плоскость или точка элемента. Если на размерной линии недостаточно места для двух стрелок, одна из них может быть заменена треугольником</p>
	<p>Если базой является ограниченная часть элемента, эта часть должна быть обозначена жирной длинной штрихпунктирной линией с указанием номинального размера участка</p>
	<p>Одинаковые допуски нескольких элементов детали могут быть обозначены с помощью одной рамки</p>
	<p>Если на несколько разделенных элементов детали назначено одно поле допуска (общее поле допуска), то в рамке после значения допуска должен быть указан символ «CZ»</p>
	<p>Если допуск заданного профиля (поверхности) распространяется на весь контур поперечного сечения или если он распространяется на всю поверхность, представленную контуром, то это должно быть указано при помощи символа «по контуру»</p>
	<p>Допуски или базы для резьбовой поверхности, по умолчанию относятся к оси «среднего диаметра» (делительного цилиндра), если не указано другое, например «MD» – для диаметра выступов или «LD» – для диаметра впадин.</p> <p>Подобные обозначения используют и для венцов зубчатых колес и шлицевых поверхностей, указывая элементы, к которым они относятся («PD» – для делительного диаметра, MD – для диаметра выступов или «LD» – для диаметра впадин)</p>

1	2
	<p>Если допуски расположения, ориентации или заданного профиля установлены для элемента или группы элементов, то размеры, определяющие их расположение, ориентацию или профиль, называют «теоретически точными размерами» (TED). Понятие «теоретически точные размеры», которое можно трактовать как номинальные размеры. Числовые значения таких размеров помещают в прямоугольную рамку</p>
	<p>В случае необходимости при назначении допусков используют обозначение предела максимума материала (символ \textcircled{M}). Символ ставится после значения допуска, обозначения базы или в обоих местах. Предел минимума материала обозначают символом \textcircled{L}.</p> <p>Более подробная информация по данному вопросу изложена в стандарте. ISO 2692</p>
	<p>«Условие свободного состояния» для эластичных частей должно быть обозначено специальным символом «\textcircled{F}», расположенным после значения допуска. Понятие «условие свободного состояния» заимствовано из стандарта ISO 10579</p>
	<p>Несколько специальных символов, включая \textcircled{P}, \textcircled{M}, \textcircled{L}, \textcircled{F} и CZ, могут использоваться одновременно в одной рамке для соответствующего обозначения допуска</p>

Выводы. Поскольку в настоящее время действуют две системы стандартов, регламентирующих допуски формы и расположения поверхностей, имеющие в трактовке и обозначениях ряд существенных различий, можно предложить следующие подходы к разработке конструкторской документации.

При разработке изделий для собственных нужд или для зарубежных партнёров из стран СНГ, можно нормировать и обозначать допуски формы и расположения поверхностей с использованием Межгосударственных стандартов [2–4], если контрактом не предусмотрено иное.

Если разработка выполняется для зарубежных партнёров, то в соответствии с поставленными условиями может потребоваться нормирование допусков формы, «ориентации», расположения и биений поверхностей в соответствии со стандартом ИСО [6].

Выбор допусков по аналогии в последнем случае затруднён, поэтому на стадии проектирования изделий более удобно применение Межгосударственных стандартов, позволяющих использовать рекомендации справочной литературы и других источников. Оформление документации на завершающей стадии конструирования следует выполнять в соответствии с требованиями тех стандартов, которые устраивают заказчика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соломахо, В. Л., Цитович, Б. В. Практика применения стандартов общих допусков размеров, формы и расположения поверхностей. Стандартизация №2 – 2019. Минск., БелГИСС.
2. ГОСТ 24642-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения».
3. ГОСТ 24643-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения».
4. ГОСТ 2.308-79 «Единая система конструкторской документации. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей».
5. РБ СТБ ISO 1101-2009 «Геометрические характеристики изделий. Установление геометрических допусков. Допуски на форму, ориентацию, расположение и биение».
6. ISO 1101:2004 «Geometrical Products Specification (GPS) — Geometrical tolerancing — Tolerances of form, orientation, location and run-out».
7. Соломахо, В. Л., Томилин, Р. И., Цитович, Б. В., Юдовин, Л. Г. Справочник конструктора-приборостроителя. Проектирование. Основные нормы. – Минск: Вышэйшая школа, 1988.
8. Соломахо, В. Л., Цитович, Б. В., Соколовский, С. С. Нормирование точности и технические измерения: учебник. – Минск: Вышэйшая школа, 2015.

Поступила 16.06.2020

УДК 669.018

Фролов И.С., Иващенко С.А., Фролов Ю.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАЛЕЙ ПОСЛЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ И УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Приведены результаты измерений намагниченности различных сталей как до, так и после механической обработки. Установлено, что наименьшей намагниченностью обладает аустенитная сталь 12X18H10T. Для данной стали предложены методы упрочнения, позволяющие сохранить ее немагнитность.

Введение. Магнитные свойства сталей не являются постоянными, а изменяются под действием целого ряда факторов. Некоторые методы термической и механической обработки деталей из аустенитных сталей приводят к увеличению их намагниченности [1, 2]. В тоже время к магнитным свойствам деталей (например, подшипниковых узлов, целого ряда приборов и специального оборудования) предъявляются весьма высокие требования. В частности, немагнитность деталей электронно-лучевых установок диктуется необходимостью снизить до минимума влияние паразитных электромагнитных полей на положение электронного пятна. В таких установках [3] допускаются следующие максимальные уровни электромагнитных помех в зоне обработки при величине ускоряющего напряжения 20 кВ: $H_n \leq 0,3$ А/м; $E_n \leq 1,6$ В/м. При этом величина отклонения электронного пятна составит менее 0,1 мкм. Все это делает актуальной задачу исследования влияния упрочняющей обработки на магнитные свойства деталей с покрытиями.

Методики исследований. Намагниченность образцов после механической и упрочняющей обработки определялась с помощью фотогальванометрического компенсационного микроверметра Ф-191. В качестве приемного устройства использовалась