

УДК 006.057

В.Н. Кайнова, Е.М. Демьянович

**РОЛЬ ТЕРМИНА «ЗАВИСИМЫЙ ДОПУСК», ВЛИЯЮЩЕГО
НА СНИЖЕНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ И ТРУДОЕМКОСТИ
ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ НЕОТВЕТСТВЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Рассмотрены стандарты, которые установили одно обозначение, но разное толкование для двух терминов: «зависимый допуск», и «требование максимума материала». Термин «зависимый допуск» широко используется в производственных условиях России. Его применение снижает трудоемкость и себестоимость изделий крупносерийного и массового производства, когда необходимо обеспечить только собираемость в неотвечественных соединениях.

Ключевые слова: зависимый допуск, максимум материала, геометрический допуск, неотвечественные соединения, контроль, калибры расположения, крупносерийное производство, себестоимость, трудоемкость.

В настоящее время Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) выполняет работы по пересмотру национальных стандартов в соответствии с международными требованиями стандартов ИСО. Новые требования, отраженные в одном стандарте, влияют на ряд других взаимосвязанных стандартов и их применение в производственных условиях. Часто эти требования бывают не согласованными, что вызывает у производителей и в учебном процессе трудности в их реализации.

Ряд новых стандартов рассматривают вопросы оформления конструкторской документации. Конструкторская документация (КД) – это интеллектуальная продукция (товар). Как товар она претерпевает все изменения наравне с товарной продукцией. Но при всеобщей приватизации промышленных предприятий для перехода к рыночной экономике конструкторская документация (архив) не была приватизирована. Она осталась бесхозной, по оценкам специалистов, на долю конструкторской и технологической документации приходится 30–50% стоимости промышленного предприятия. Конструкторская документация определяет проектное качество изделия, в котором должны быть отражены требования всех заинтересованных сторон (потребителя, изготовителя и общества).

Нормативные требования, правила и положения стандартов ЕСКД в целях безопасности изделий должны быть обязательными. Стандарты ЕСКД должны стать предметом технического регулирования, в технических регламентах на машиностроительную продукцию необходимо использовать соответствующие стандарты ЕСКД. Эти аспекты должны также учитываться в договорах (контрактах) на продукцию (разработка, поставка, применение и др.).

Конструкторская документация нуждается в подтверждении соответствия (сертификации) добровольного или обязательного характера. Это значимый и ответственный вид интеллектуальной продукции. Федеральный закон «О техническом регулировании» впервые в нашей стране позволяет реализовать эти уникальные возможности для КД. Не менее важен вопрос о государственной поддержке КД, разрабатываемой и применяемой в электронной форме (ИПИ-технологии) с целью соответствия требованиям международного рынка.

ЕСКД – комплекс стандартов, устанавливающих взаимосвязанные нормы и правила по разработке, оформлению и обращению конструкторских документов (товарная продукция), разрабатываемой и применяемой на всех стадиях жизненного цикла изделия (проектирования, изготовления, эксплуатации, ремонта и т.п.).

С 1 января 2012 г. вступил в силу ГОСТ 2.308-2011 «ЕСКД. Указания допусков формы и расположения поверхностей», разработанный (группа Т52) ФГУП "ВНИИНМАШ",

АНО НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика» и принятый Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 12 мая 2011 г. N 39), который устанавливает правила указания допусков формы и расположения поверхностей в графических документах на изделия всех отраслей промышленности.

Параллельно вступает в силу национальный стандарт ГОСТ Р 53442-2009 (ИСО 1101:2004) «ОНВ. Характеристики изделий геометрические. Допуски формы, ориентации, месторасположения и биения», разработанный (группа Г02) ОАО «НИИИзмерения» на основе аутентичного перевода на русский язык стандарта ИСО, выполненного ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ». Он распространяется на нормирование геометрических характеристик изделий и устанавливает определения и правила указания на чертежах допусков формы, ориентации, месторасположения и биения.

ГОСТ 2.308-2011 не дает ссылок на ГОСТ 24642-81 «ОНВ. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения», который не отменен и дает подробные пояснения по терминам. Указано, что на территории Российской Федерации ГОСТ 24642 не действует, а действует ГОСТ Р 53442-2009. Хотя для стран СНГ он продолжает действовать. А термины и обозначения в двух ранее указанных стандартах разные. Почему в 2011 г. нельзя было учесть требования стандарта 2009 г.? Зачем нужен стандарт ЕСКД? Как видим, даже в заглавиях стандартов используется разная терминология, хотя они оба решают вопросы по нормированию геометрической точности изделий. ГОСТ Р 53442-2009 ввел ряд новых терминов, учитывая стандарты ИСО. Плохо то, что эта терминология не учтена в ГОСТ 2.308-2011. Например, «геометрический допуск» как комплексное понятие допусков формы и расположения поверхностей, «требование максимума материала» взамен понятию «зависимый допуск».

Геометрические допуски следует устанавливать в соответствии с функциональными требованиями, предъявляемыми к изделию. При этом необходимо также принимать во внимание требования к изготовлению и контролю изделия [2]. Требования по указанию геометрических допусков на чертежах имеют много общих данных со стандартом ЕСКД, хотя ссылка дана на ГОСТ 2.308-79. Дублирование и разночтение одних и тех же требований усложняет работу при проектировании и изготовлении изделий.

Первый стандарт межгосударственный, а второй национальный. По статусу межгосударственный стандарт выше, следовательно, учитывая добровольность применения стандартов в настоящее время, его можно не использовать. Инженерные службы промышленных предприятий встали в тупик: какой стандарт применять? Особенно остро встал вопрос о применении зависимых допусков и использовании калибров расположения на основе действующих стандартов ГОСТ Р 50056-92 [3] и ГОСТ 16085-80. [4].

Размерными элементами могут быть цилиндр, сфера, две параллельные плоскости, конус или призма [9]. Геометрический элемент: точка, линия или поверхность. Полный геометрический элемент: поверхность или линия на поверхности. Производный геометрический элемент: средняя точка, средняя линия или средняя поверхность, которые произведены от одного или нескольких полных элементов.

По данным первого стандарта, символ \textcircled{M} указывает на зависимый допуск, во втором стандарте этим символом обозначают требование максимума материала.

Зависимые допуски формы, расположения и координирующих размеров обеспечивают сборку деталей по методу полной взаимозаменяемости без какого-либо подбора парных деталей, поскольку дополнительное отклонение формы, расположения или координирующих размеров элемента (или элементов) компенсируется отклонениями действительных размеров элементов той же самой детали [3].

В том случае, когда требуется обеспечить собираемость деталей, используют требование максимума материала [2]. На первый взгляд, оба термина требуют обеспечить собираемость, но при дальнейшем рассмотрении обнаружено разночтение. Поэтому использовать один символ для разных требований нельзя.

ГОСТ Р 53442-2009 дает ссылку на два других национальных стандарта [7, 8], раскрывающие суть вопроса. Впервые понятия «принцип максимума материала» и «предел максимума материала» введены ГОСТ Р 50056-92 [3].

Рассмотрим термины и положения этого стандарта.

Принцип максимума материала – метод (принцип) назначения допусков формы, расположения или координирующих размеров, при котором требуется, чтобы рассматриваемый элемент не выходил за предельный действующий контур, а базовый элемент - за контур максимума материала.

Предельный действующий контур – поверхность (поверхности) или линия, имеющая номинальную форму, номинальное расположение относительно базы (баз) и размер, определяемый пределом максимума материала элемента и указанным на чертеже числовым значением зависимого допуска формы, расположения или координирующего размера.

Минимальное значение зависимого допуска – числовое значение зависимого допуска, когда рассматриваемый (нормируемый) элемент и/или база имеют размеры, равные пределу максимума материала. Минимальное значение зависимого допуска указывают в чертежах или других технических документах; по нему определяют предельный действующий размер.

Максимальное значение зависимого допуска – числовое значение зависимого допуска, когда рассматриваемый элемент и/или база имеют размеры, равные пределу минимума материала, т.е. происходит увеличение минимального значения зависимого допуска на допуск рассматриваемого размерного элемента.

Действительное значение зависимого допуска – числовое значение зависимого допуска, соответствующее действительным размерам рассматриваемого элемента и/или базы. Действительное значение зависимого допуска расположения или формы индивидуально для каждого экземпляра детали.

Предельный действующий контур соответствует измерительному элементу калибра для контроля расположения (формы) поверхностей. Этот принцип учитывается при проектировании калибров расположения [4] смещением поля допуска калибра в поле допуска расположения. Предел максимума материала рассматриваемого элемента принимается равным номинальному размеру

Предельный действующий размер – размер предельного действующего контура. Для вала он равен сумме номинального размера и минимального значения зависимого допуска, а для отверстий разность этих величин.

Местный размер: размер, измеренный по двухточечной схеме измерения в любом сечении элемента.

Размер по сопряжению:

- для цилиндрических наружных элементов - диаметр наименьшего описанного (прилегающего) цилиндра;
- для цилиндрических внутренних элементов - диаметр наибольшего вписанного (прилегающего) цилиндра;
- для резьбовых элементов - размер по сопряжению соответствует приведенному среднему диаметру резьбы.

Рассмотрим требования более нового стандарта ГОСТ Р 53090-2009, соответствующего международным требованиям. Согласно ГОСТ Р 53090-2009, требование максимума материала относится к реальному размерному элементу и ограничивает его материал снаружи действующей границей максимума материала. Требование максимума материала применяют с целью обеспечения собираемости изделия [8].

Размер максимума материала относится к тому из предельных размеров, которому соответствует больший объем материала детали, т.е. наибольшему предельному размеру наружного (охватываемого) элемента (вала) или наименьшему предельному размеру внутреннего (охватывающего) элемента (отверстия) [8].

Действующий размер максимума материала – это размер, определяемый суммарным действием размера максимума материала рассматриваемого размерного элемента и геометрического допуска (формы, ориентации или месторасположения), установленного для производного элемента от того же самого размерного элемента. Действующий размер максимума материала является числовой характеристикой действующей границы максимума материала.

Для внешних (охватываемых) элементов – сумма размеров максимума материала и геометрического допуска, а для внутренних (охватываемых) – разность этих значений. Размер предельного действующего контура [3] так называется и рассчитывается – это термин.

В ГОСТ 16085 эти формулы применяются для расчета размеров калибров расположения, так как калибр должен быть подобен сопрягаемой детали по отношению к контролируемой.

В том случае, когда требуется обеспечить собираемость деталей, используют требование максимума материала, а в случае необходимости ограничения минимальной толщины стенки – требование минимума материала. Эти требования позволяют объединить ограничения, накладываемые допуском размера и геометрическим допуском, в одно комплексное требование, более точно соответствующее предполагаемому назначению детали [8].

Это комплексное требование позволяет (без ущерба для выполнения детали своих функций) увеличивать геометрический допуск нормируемого элемента детали, если действительный размер элемента не достигает предельного значения, определяемого установленным допуском размера [8]. Такая запись дана на стр.2 ГОСТ Р 53090-2008, однако дальше по тексту это положение не реализовано. Увеличение геометрического допуска указывает на его переменный характер, что отражено в понятии зависимый допуск в ГОСТ Р 50056-92. В расчетах, данных в стандарте, это нигде не показано, что затрудняет оценку требования максимума материала как требования зависимого допуска.

Требование максимума материала к нормируемому элементу указывают на чертеже знаком \textcircled{M} , помещаемый в рамку допуска после значения геометрического допуска, установленного для производного элемента от нормируемого размерного элемента [8].

ГОСТ Р 53089-2008, который рассматривая позиционные допуски, ввел в 2008 г. понятие «теоретически точные размеры». Это линейные и/или угловые размеры, определяющие теоретически точное месторасположение геометрических элементов относительно друг друга и/или относительно баз. Линейные и угловые теоретически точные размеры указывают без предельных отклонений и заключают в прямоугольные рамки [7].

В ГОСТ 2.307-2011 сказано, что линейные и угловые размеры, определяющие номинальное расположение указывают в графическом документе без предельных отклонений и заключают в прямоугольные рамки. Следует, что номинальный размер – это теоретически точный размер.

В производственной практике России широко применяется термин «зависимый допуск» (ГОСТ 24642; ГОСТ 2.307; ГОСТ 2.308; ГОСТ 16085; ГОСТ Р 50056 и др.), числовое значение которого переменное для разных деталей, изготавливаемых по данному чертежу. Зависимый допуск распространяется на ряд допусков формы или расположения поверхностей. Зависимые допуски расположения находят широкое применение в крупносерийном и массовом производстве для неотчетливых соединений с гарантированным зазором, когда требуется обеспечить только собираемость. Они более экономичны и выгодны для производства по сравнению с независимыми геометрическими допусками.

Если указан зависимым геометрический допуск (формы или расположения поверхностей), то его величина изменяется в зависимости от действительных размеров нормируемого и/или базового элементов [3]. При указании зависимого допуска производится увеличение заданного геометрического допуска на величину допуска размерного элемента, независимо наружная или внутренняя поверхность у размерного элемента. Параметры увеличения геометрического допуска при наличии требования максимума материала в стандарте [8] не отражены, что не позволяет считать оба требования идентичными.

Наиболее широко применяются зависимые допуски для позиционных допусков, координирующих расположение отверстий под крепеж. Позиционные допуски могут быть установлены для следующих геометрических элементов:

- точки (например, центра сферы);
- номинально прямой линии (например, оси отверстия или вала);
- номинально плоской поверхности (например, средней поверхности паза) [7].

Поле позиционного допуска располагается симметрично относительно теоретически точного месторасположения нормируемого элемента, задаваемого теоретически точными размерами [7]. Это требование соответствует положениям стандартов [3, 4], то есть позиционный допуск относится к производному элементу (точке, оси, линии).

Требование максимума материала распространяется не на производный элемент (точка, ось, линия), а на размерный элемент детали, что является новым и не может быть применено в производственной практике России по указанным выше причинам. При задании максимума материала контролировать требуется размерный элемент детали (отверстия, вала), а не положение производного элемента (позиционный допуск). Контроль максимума материала требует применения универсальных средств измерений, что удорожает производство изделия.

Пример из стандарта [8]: даны два отверстия $\text{Ø}12^{+0,5}$ под болты М12, позиционный допуск, равный 0,3, указан с символом M . Межосевое расстояние 30 указано в прямоугольной рамочке, что позволяет его считать теоретически точным (номинальным размером).

Трактуется этот символ как требование максимума материала и даны размеры отверстия: 12; 12,5; 11,7.

Реально у детали такого размера отверстия 11,7 быть не может по условию собираемости, однако он соответствует размеру калибра расположения, который должен входить в два отверстия при самом неблагоприятном их расположении [4].

Если рассматривать по ГОСТ Р 50056 символ M как зависимый допуск, то производные элементы (оси отверстий) при размере $\text{Ø}12$ (максимум материала), должны находиться в пределах окружности $\text{Ø}0,3$; при наибольшем предельном размере $\text{Ø}12,5$ центр отверстий может быть в окружности $\text{Ø}0,8$ увеличен геометрический допуск на значение допуска отверстия. Действующий контур – цилиндр с диаметром 11,7 – относится к калибру расположения. Условие собираемости обеспечено.

Зависимые допуски используются также для допусков соосности, симметричности, перпендикулярности, пересечения осей, допуска прямолинейности оси и допуска плоскостности для плоскости симметрии. Контроль их выполняется в две ступени: первая – оценка годности заданного размера(ов) калибрами или измерительными инструментами, вторая – проверка геометрического допуска на собираемость калибрами расположения. Применение калибров расположения возможно только при задании зависимого допуска расположения [4].

Технологические преимущества зависимых допусков по сравнению с независимыми допусками четко сформулированы [3]. Они состоят, прежде всего, в том, что зависимые допуски позволяют применить менее точные, но более экономичные способы обработки и оборудования, а также снизить потери от брака.

Если поле технологического рассеивания отклонений расположения превышает значение допуска расположения (независимого или зависимого), то при зависимых допусках расположения доля годных деталей повышается по сравнению с независимыми допусками за счет:

- деталей, у которых отклонения формы и расположения превышают минимальное значение, но не превосходят действительное значение зависимого допуска;
- деталей, у которых отклонения формы и расположения хотя и превышают действительное значение, но не превосходят максимальное значение зависимого допуска.

Эти детали являются исправимым браком. Они могут быть дополнительно обработаны путем изменения размера в сторону к пределу минимума материала и признаны годными. Например, расточкой или развертыванием отверстий.

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 жесткими, 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.

При зависимых допусках расположения изготовитель имеет возможность в случае необходимости увеличить (в технологической документации) минимальное значение зависимого допуска расположения за счет соответствующего сокращения поля допуска размера со стороны максимума материала. Зависимые допуски позволяют обоснованно применять калибры для контроля расположения (формы, координирующих размеров) по ГОСТ 16085, оценивающих годность детали по вхождению в нее. Принцип действия таких калибров полностью соответствует понятию о зависимых допусках.

При независимых допусках расположения применение калибров может оказаться невозможным. Независимые допуски формы и расположения поверхностей требуют применения универсальных или специальных средств измерения, например, координатно-измерительных машин и специальных контрольно-измерительных приспособлений. Это усложняет и удорожает производство таких изделий. Применять независимые допуски для неотчетственных соединений не рационально.

Выводы

1. Параллельное действие нескольких стандартов по одной тематике (ГОСТ 2.308-2011 и ГОСТ Р 53442-2011) затрудняет работу проектировщиков, а также отражается на работе технологических и производственных подразделений машиностроительных предприятий.

2. Термин «требование максимума материала» может быть применен в производственной практике России, если доказать его равноценность понятию «зависимый допуск» и использовать расчетные формулы ГОСТ Р 50056 -92 в ГОСТ Р 53090, согласовав условные обозначения и терминологию.

3. Сохранить термин «зависимый допуск», так как его применение снижает трудоемкость и себестоимость изделий крупносерийного и массового производства, когда требуется обеспечить только собираемость в неотчетственных соединениях.

4. Необходимо согласовывать требования вновь разработанных стандартов как между собой, так и с ранее выпущенными и действующими стандартами. Это пожелание службам Росстандарта. Требуется внести изменения в анализируемые стандарты [1, 2, 3, 4, 7, 8].

Библиографический список

1. ГОСТ 2.308-2011 ЕСКД. Указания допусков формы и расположения поверхностей. – М.: Изд-во стандартов, 2011.
2. ГОСТ Р 53442-2009 (ИСО 1101:2004) ОНВ. Характеристики изделий геометрические. Допуски формы, ориентации, месторасположения и биения. – М.: Изд-во стандартов, 2009.
3. ГОСТ Р 50056-92 ОНВ. Зависимые допуски формы, расположения и координирующих размеров. Основные положения по применению. – М.: Изд-во стандартов, 1992.
4. ГОСТ 16085- 80 Калибры для контроля расположения поверхностей. Допуски. – М.: Изд-во стандартов, 1980.
5. ГОСТ 24642 ОНВ. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения. – М.: Изд-во стандартов.

6. ГОСТ 2.307 -2011 ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений. – М.: Изд-во стандартов.
7. ГОСТ Р 53089-2008 (ИСО 5458:1998) ОНВ. Характеристики изделий геометрические. Установление позиционных допусков. – М.: Изд-во стандартов, 2008.
8. ГОСТ Р 53090-2008 (ИСО 2692:2006) ОНВ. Характеристики изделий геометрические. Требования максимума материала, минимума материала и взаимодействия. – М.: Изд-во стандартов, 2008.
9. ГОСТ 31254-2004 ОНВ. Геометрические элементы. Общие термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 2004.

*Дата поступления
в редакцию 04.12.2013*

V.N. Kaynova, E.M. Demyanovich

**THE ROLE OF THE TERM «QUALIFIED TOLERANCE » AFFECTS COST
REDUCTION AND LABOR CONTENT IN THE MANUFACTURING
OF IRRESPONSIBLE ASSEMBLY**

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev

Purpose: Analysis of ESKD standards and standards that defines geometric characteristics of products in relation of the term « qualified tolerance» which is widely used in production environment.

Methodology: Standards that determines one designation for two different terms « qualified tolerance » and «maximum material requirement» are examined. By analysis of clarifying standarts the explanation of the reasons for the differences and similarities of these terms is given.

Findings: It is needed to keep the term « qualified tolerance» as its use reduces prime cost and labor intensity in large scale and mass production when it is required to provide collection only.

Originality/value: Present research is an area of interest for higher educational institutions and production. It is required to amend the analyzed standards on the basis of the research [1, 2, 3, 4, 7, 8].

Key words: qualified tolerance, material maximum, geometric tolerance, irresponsible assembly, quality control, layout gauge, large scale manufacturing, cost, labor content.