

УДК: 006.062

ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ КОМПЬЮТЕРНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ ОФОРМЛЕНИЮ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ. ЧАСТЬ 6. ПОСАДКИ С НАТЯГОМ (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

© Валерий Владимирович Кириловский

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им.

Н.Э. Баумана), Москва, Россия

proekt.33@yandex.ru

Аннотация. Настоящая работа посвящена разработке исходных материалов для компьютерной базы данных по профессиональному оформлению конструкторской документации в соответствии с ЕСКД. Эти материалы основаны на обширном опыте большого количества практических инженеров-конструкторов и включают в себя сложные или нетривиальные моменты, которые могут встретиться в практической работе. Как предполагается, в дальнейшем, на основе исходных материалов будут разработаны компьютерная база данных и программное обеспечение, которые, в свою очередь, будут использоваться совместно с графическими редакторами при разработке графических и текстовых конструкторских документов, блокируя ошибочные действия конструктора, а также, информируя его о рациональных вариантах выхода из сложной ситуации.

Ключевые слова: ЕСКД (единая система конструкторской документации), оформление конструкторской документации, текстовые конструкторские документы, база данных по оформлению конструкторской документации.

SOURCE MATERIALS FOR THE DEVELOPMENT OF COMPUTER DATABASES FOR THE RATIONAL PREPARATION OF DESIGN DOCUMENTS. PART 6. LANDING WITH A PULL

©Valery Vladimirovich Kirilovsky

Federal state budgetary institution of higher professional education Bauman Moscow State Technical University (National research university of technology) (BMSTU), Moscow, Russia

proekt.33@yandex.ru

Abstract. The present work is devoted to the development of source materials for a computer database for professional preparation of design documentation in accordance with ESKD. These materials are based on extensive experience of a large number of practical design engineers and include complex or non-trivial moments that can meet in the practical work. It is assumed that in the future, the source materials will be used for the development of a computer database and software, which, in turn, will be used in conjunction with graphics editors in the development of graphic and text design documents, blocking erroneous actions of the designer, as well as informing him about rational options for overcoming the difficult situation.

Keywords: ESKD (unified system for design documentation), preparation of design documents, text design documents, database on registration of design documentation.

Введение. Целью настоящей работы является разъяснение некоторых нетривиальных моментов, встречающихся при оформлении в конструкторской документации соединений с натягом.

Работа является **Частью 6** цикла статей по подготовке исходных материалов для разработки компьютерной базы данных по рациональному оформлению конструкторской документации, направленных на совершенствование оформления конструкторской документации в соответствии с ЕСКД (**Часть 1** – см. [1], **Часть 2** – см. [2], **Часть 3** – см. [3], **Часть 4** – см. [4], **Часть 5** – см. [5]).

Соблюдение ЕСКД является одним из важных показателей технической культуры и профессиональной компетентности разработчика. Это наглядно подтверждается выдержкой из пунктов 3.1 и 3.2 ГОСТ 2.001–93 «Единая система конструкторской документации. Общие положения».

Здесь и далее выдержки из ГОСТ, а также примеры записей в технических требованиях к чертежам приведены со смещением вправо, выделены курсивом и отчерчены вертикальной линией вдоль левой границы текста.

Цитирую:

«3.1. ЕСКД – комплекс стандартов, устанавливающих взаимные правила, требования и нормы по разработке, оформлению и обращению конструкторской документации, разрабатываемой и применяемой на всех стадиях жизненного цикла изделия (при проектировании, разработке, изготовлении, контроле, приемке, эксплуатации, ремонте, утилизации).

3.2. Основное назначение стандартов ЕСКД состоит в установлении единых оптимальных правил, требований и норм выполнения, оформления и обращения конструкторской документации...».

Конец цитаты.

Таким образом, ЕСКД представляет собой комплекс правил, требований и норм, необходимых для повседневного использования, а также для единообразного восприятия и реагирования, практически, всеми специалистами, участвующими в производстве машиностроительной продукции, поскольку эти правила, требования и нормы действуют на всех стадиях жизненного цикла изделий при проектировании, разработке, изготовлении, контроле, приемке, эксплуатации, ремонте, утилизации.

Настоящая статья представляет собой продолжение статьи [5].

Проектирование работоспособных соединений с натягом сводится к выбору стандартной посадки из числа рекомендованных ГОСТ 25347–82 [6] и назначение последующего способа сборки изготовленных деталей.

Существуют четыре основных способа выбора стандартной посадки и сборки соединений:

- способ №1 – обеспечение работоспособности всех собранных соединений с натягом;
- способ №2 – использование вероятностного метода [7], [8];
- способ №3 – селективная сборка;
- способ №4 – индивидуальная подгонка размеров.

В настоящей **Части 6** будут рассмотрены способы №3 и №4, способы №1 и №2 рассмотрены в предшествующей **Части 5** [5].

Цифра 6 в номерах структурных пунктов и подпунктов настоящей статьи означает **Часть 6**.

6.1. Способ №3. Селективная сборка.

Данный способ предполагает перед сборкой и в процессе сборки соединений с натягом проведение следующей последовательности вспомогательных операций:

- изготовление валов и отверстий в соответствии с полями допусков, указанными в конструкторской документации;
- разбивку полей допусков вала и отверстия на схеме расположения их полей допусков на несколько (например, на четыре) примерно равных по высоте групп (рис. 1) – О№1; О№2;

ОН₃; ОН₄ (буква «О» в обозначении номера группы означает «Отверстие») и ВН₁; ВН₂; ВН₃; ВН₄ (буква «В» в обозначении номера группы означает «Вал»);

– измерение всех изготовленных валов и отверстий и определение их действительных отклонений от номинальных размеров;

– сортировку валов и отверстий по группам в соответствии с принятым распределением предельных отклонений в группах, помещая каждую группу деталей в отдельный контейнер (при необходимости производят маркировку или клеймение каждой детали для визуальной фиксации ее принадлежности к той или иной группе);

– проведение сборки соединений в следующей последовательности: первую группу отверстий соединяют с первой группой валов, вторую группу отверстий со второй группой валов и т. д.

Введение дополнительных, по сравнению со **Способом №1** [5], технологических мероприятий может, в зависимости от объемов производства, вызвать проведение и других дополнительных организационно-технических мероприятий, например, плановых, диспетчерских, экономических, финансовых, транспортных, складских, энергетических и других сопутствующих работ.

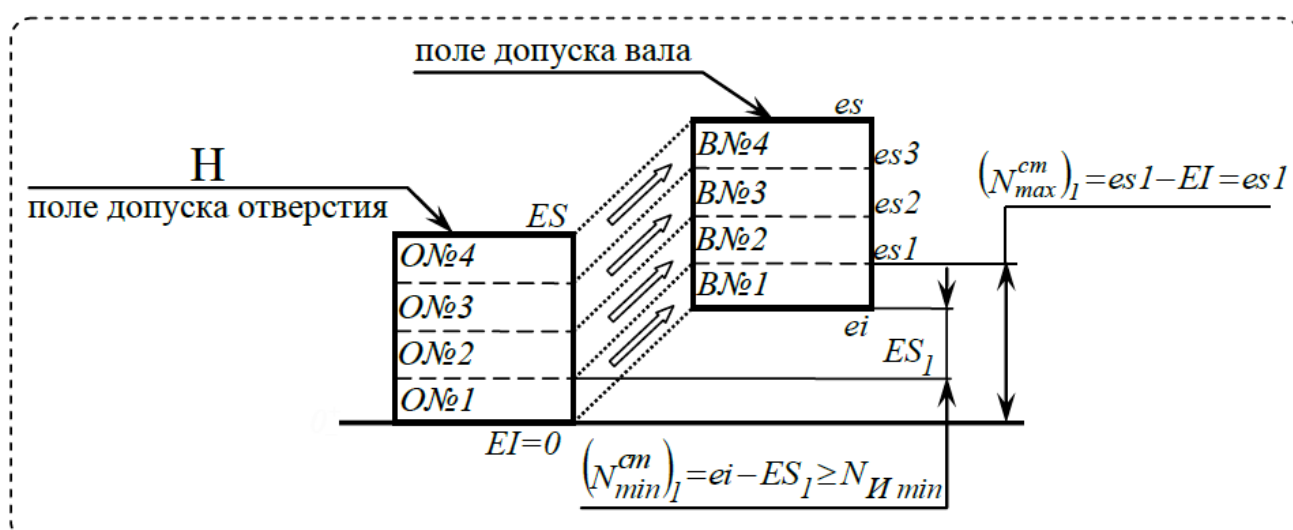


Рис. 1. Способ №3 выбора стандартной посадки (селективная сборка):
схема расположения полей допусков вала и отверстия и разбивка полей допусков на группы

Достоинства способа №3:

1. Малые натяги во всей партии изделий.

Минимальный натяг в каждой группе собранных соединений должен быть больше или равен требуемому минимальному измеренному натягу $(N_{min}^{cm})_i \geq N_{II min}$, где $(N_{min}^{cm})_i$ – минимальный натяг в i -той группе стандартной посадки; i – номер группы, $i=1, 2, 3, 4$. Величина $(N_{min}^{cm})_i$ равна: $(N_{min}^{cm})_i = ei_i - ES_i$, где ei_i – нижнее отклонение i -той группы валов; ES_i – верхнее отклонение i -той группы отверстий.

Максимальный натяг в каждой группе должен быть меньше или равен максимально допустимому натягу для данной посадки: $(N_{max}^{cm})_i \leq [N]_{max}$, где $(N_{max}^{cm})_i = es_i - EI_i$; es_i – верхнее отклонение i -той группы валов; EI_i – нижнее отклонение i -той группы отверстий.

То есть, минимальный и максимальный натяги в каждой группе собранных соединений определяется не соотношением полных полей допусков вала и отверстия в выбранной

стандартной посадке, а соотношением предельных отклонений в каждой отдельной группе собираемых деталей.

В качестве примера на рис. 1 показана величина минимального $(N_{min}^{cm})_I = ei - ES1$ и максимального $(N_{max}^{cm})_I = es1 - EI = es1$ натягов в первой группе соединений. Таким образом, несдвигаемость всей партии собранных соединений может быть обеспечена и в ситуации, когда нижнее отклонение поля допуска вала ei приближено на значительную величину к нижнему отклонению поля допуска отверстия EI , что, в ряде случаев, позволяет получить партию качественных годных соединений даже при назначении в конструкторской документации стандартной переходной посадки.

2. Рассеяние натягов в партии собранных соединений невелико.

Это обеспечит стабильную нагрузочную способность всех соединений.

3. Отсутствуют заведомо бракованные соединения.

Недостатки способа №3.

1. Сложность организации рациональной сборки.

Это связано с введением дополнительных операций по измерению деталей, разбивке их на группы, маркировке, хранению, сложной подаче на сборку (подача деталей должна осуществляться строго в определенном порядке групп).

2. Повышенные затраты из-за введения дополнительных операций.

Таким образом, селективная сборка позволяет получить высокое и стабильное качество соединений даже при большой партии изделий. Однако ее осуществление возможно только в условиях высокой культуры производства, поскольку метод предполагает применение ряда важных, точных и ответственных процедур, которые персонал должен выполнять безукоризненно с точки зрения соблюдения личной и технологической дисциплины. Селективная сборка может быть рекомендована, если персонал хорошо обучен и имеется полная уверенность, что операции измерения и сортировки деталей будут исполнены точно, при этом будет гарантирована своевременная подача деталей на сборку в нужном порядке и будет исключено смешение разных групп.

Данный способ нашел применение, главным образом, в условиях крупносерийного и массового производства. Широкое его применение ограничивается из-за присущих ему недостатков.

6.2. Оформление конструкторской документации при способе №3 (селективная сборка).

1. На сборочном чертеже соединения указывают выбранную посадку, например,

$$\varnothing 25 \frac{H7 \begin{pmatrix} +0,021 \\ +0,035 \end{pmatrix}}{p6 \begin{pmatrix} +0,022 \\ +0,035 \end{pmatrix}}$$

2. В технических требованиях к сборочному чертежу делают указание о том, что размер

$$\varnothing 25 \frac{H7}{p6}$$

является справочным.

3. Дополнительно в технических требованиях к сборочному чертежу приводят запись:

«При сборке обеспечить натяг в соединении не менее 9 мкм и не более 26 мкм».

Замечание. Если указан минимальный допустимый натяг, например, 9 мкм, поля допусков вала и отверстия в стандартной посадке должны быть разбиты минимум на две группы, обеспечивающие этот минимальный натяг. Если же указан еще и максимальный допустимый натяг, например, 26 мкм, величина которого меньше максимально возможного в данной

стандартной посадке N_{max}^{cm} , разбивка полей допусков должна быть произведена минимум на три группы.

4. В конструкторской документации не приводят каких-либо других технологических указаний по рациональной организации сборки соединений. Разбивка полей допусков на группы, и организация рациональной последовательности сборки будут отражены технологом в разработанном им технологическом процессе сборки соединений.

5. На чертеже вала приводят исполнительный размер $\varnothing 25 p6$ с указанием допусков формы и расположения поверхностей, а также шероховатости обрабатываемой поверхности.

6. На чертеже отверстия приводят исполнительный размер $\varnothing 25 H7$ с указанием допусков формы и расположения поверхностей, а также шероховатости обрабатываемой поверхности.

7. Разбивку полей допусков на группы и определение последовательности сборки групп на сборочном чертеже и чертежах деталей не указывают. Эта работа является обязанностью технолога, сопровождающего данное изделие. Сведения о разбивке полей допусков и последовательности сборки записывают в технологической документации на операцию сборки соединений.

В качестве примера приводим разбивку полей допусков вала и отверстия при селективной сборке (рис. 2). Исходные данные:

– минимальный требуемый измеренный натяг: $N_{II\ min} = 9\ \text{мкм}$;

– максимальный допустимый измеренный натяг $[N]_{II\ max} = 26\ \text{мкм}$;

Комментарии к рис. 2:

1. Выбрана посадка с мягким натягом $\varnothing 25 \frac{H7}{p6} \left(\frac{+0.021}{+0,022} \right)$.

2. Поля допусков вала и отверстия разбиты на четыре группы О№1, О№2, О№3, О№4 и В№1, В№2, В№3, В№4.

3. Минимальные натяги в каждой группе соединений:

– группа №1: $N_{min}^1 = ei - ES1 = 22 - 5 = 17\ \text{мкм}$, $N_{min}^1 = 17\ \text{мкм} > N_{II\ min} = 9\ \text{мкм}$;

– группа №2 $N_{min}^2 = es1 - ES2 = 25 - 10 = 15\ \text{мкм}$, $N_{min}^2 = 15\ \text{мкм} > N_{II\ min} = 9\ \text{мкм}$;

– группа №3 $N_{min}^3 = es2 - ES3 = 28 - 15 = 13\ \text{мкм}$, $N_{min}^3 = 13\ \text{мкм} > N_{II\ min} = 9\ \text{мкм}$;

– группа №4; $N_{min}^4 = es3 - ES = 31 - 21 = 10\ \text{мкм}$, $N_{min}^4 = 10\ \text{мкм} > N_{II\ min} = 9\ \text{мкм}$.

Таким образом, условие несдвигаемости $N_{min}^i \geq N_{II\ min} = 9\ \text{мкм}$ выполняется во всей партии деталей (N_{min}^i – минимальный натяг в i -той группе, $i=1, 2, 3, 4$).

4. Максимальные натяги в каждой группе соединений:

– группа №1 $N_{max}^1 = es1 - EI = es1 = 25\ \text{мкм}$, $N_{max}^1 = 25\ \text{мкм} < [N_{II\ max}] = 26\ \text{мкм}$;

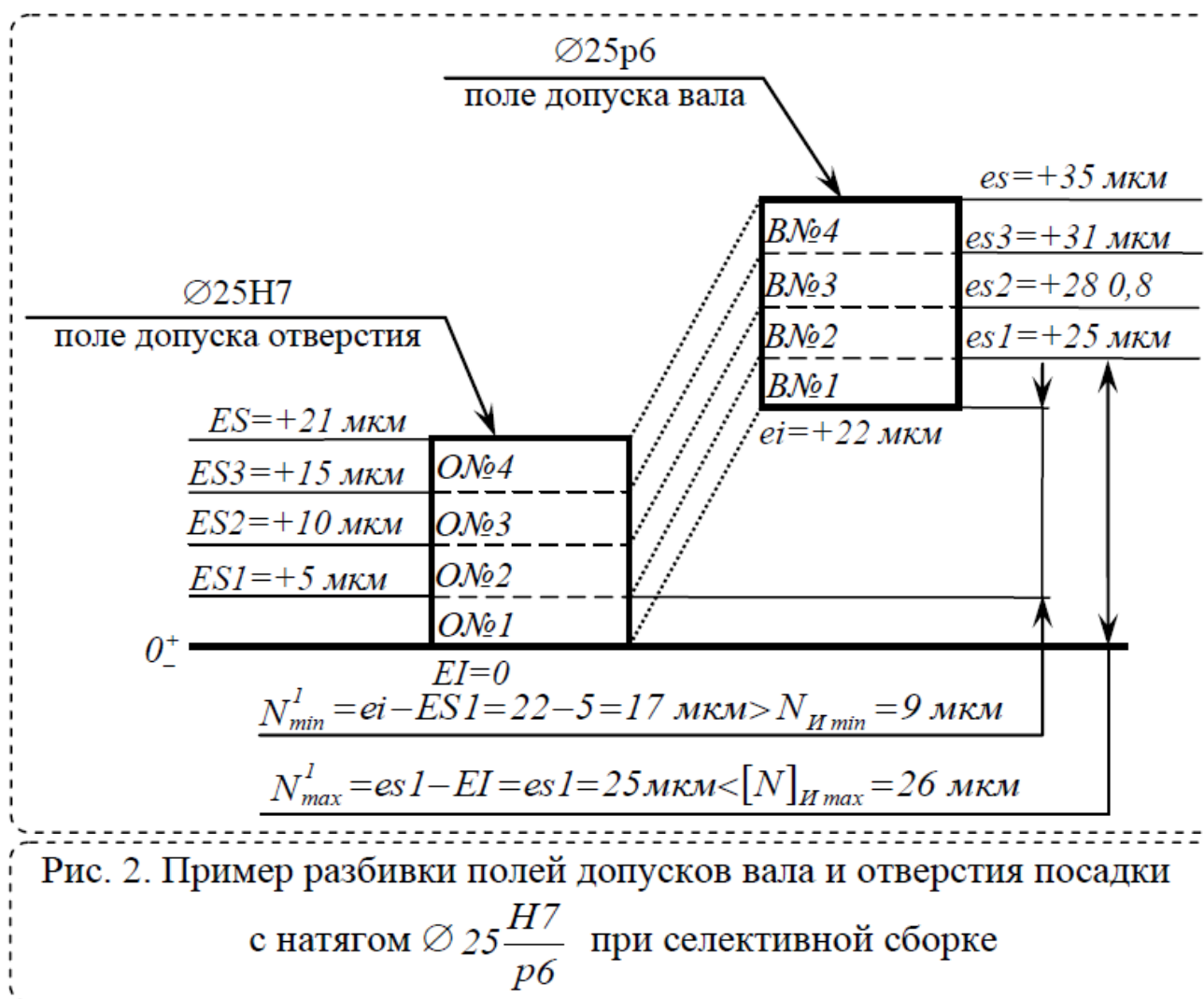
– группа №2 $N_{max}^2 = es2 - ES1 = 28 - 5 = 23\ \text{мкм}$, $N_{max}^2 = 23\ \text{мкм} < [N_{II\ max}] = 26\ \text{мкм}$;

– группа №3 $N_{max}^3 = es3 - ES2 = 31 - 10 = 21\ \text{мкм}$, $N_{max}^3 = 21\ \text{мкм} < [N_{II\ max}] = 26\ \text{мкм}$;

– группа №4 $N_{max}^4 = es - ES3 = 35 - 15 = 20\ \text{мкм}$, $N_{max}^4 = 20\ \text{мкм} < [N_{II\ max}] = 26\ \text{мкм}$.

Таким образом, прочность деталей соединений под действием максимального натяга $N_{max}^i \leq [N_{II\ max}] = 26\ \text{мкм}$, $i=1, 2, 3, 4$, обеспечена во всей партии изделий.

Рассеяние минимальных натягов составляет 7 мкм от $N_{min}^4 = 10\ \text{мкм}$ до $N_{min}^1 = 17\ \text{мкм}$, рассеяние максимальных натягов составляет 5 мкм от $N_{max}^4 = 20\ \text{мкм}$ до $N_{max}^1 = 25\ \text{мкм}$.



Обратим внимание, что идентичные технические требования, приводимые на сборочном чертеже соединения при вероятностном методе и при селективной сборке, могут в зависимости от принятого технологом решения привести к разным результатам – либо к простому исключению брака (вероятностный метод), либо сформировать рациональную партию изделий с равномерно распределенными натягами и, соответственно, с равномерной нагрузочной способностью (селективная сборка). Это показывает, как велика ответственность технолога в принимаемых технологических решениях, а также подчеркивает, что, если решено разбивать поля допусков на группы, то это значительно эффективнее делать по способу селективной сборки.

6.3. Способ №4. Индивидуальная подгонка размеров.

Сущность данного метода заключается в следующем:

1. Изготавливают все отверстия и измеряют их отклонения от номинального размера.
2. Проводят получистовую обработку валов, измеряя отклонения действительных размеров валов от номинального значения. При обработке оставляют небольшой припуск для последующей чистовой обработки.
3. Проводят чистовую подгонку диаметров валов по выбранным в произвольном порядке отверстиям, обеспечивая индивидуальный натяг $N_{инд}$ в паре вал-отверстие, равный или

больше требуемого минимального измеренного натяга $N_{II\ min}$: $N_{инд} \geq N_{II\ min} = 9\ \text{мкм}$.
Например, формируют $N_{инд} = 12\ \text{мкм}$.

4. Производят индивидуальную сборку соединений, используя в каждом соединении одну из подогнанных пар вал-отверстие.

Достоинства способа №4.

1. Возможно получение минимальных натягов во всей партии изделий.
2. Возможно получение минимального рассеяния натягов во всей партии.
3. Относительная простота, так как не требуется проводить дополнительных мероприятий по уменьшению рассеяния натягов.

Недостатки способа №4.

1. Необходимость привлечения высококвалифицированных станочников (шлифовщиков) для индивидуальной подгонки деталей.
2. Высокие затраты, связанные с необходимостью привлечения высококвалифицированных специалистов.
3. Низкая производительность, связанная с индивидуальным подходом к каждому соединению.
4. Индивидуальная сборка.

К сборке допускаются только индивидуально подогнанные пары валов и отверстий. Сборка в произвольном порядке не допускается.

5. Невозможность применения при серийном и более крупных видах производства.

Метод нашел применение в условиях выпуска малых партий изделий (единичное и индивидуальное производство), а также при изготовлении сложных и ответственных изделий, когда низкая производительность и повышенные затраты не являются определяющими показателями технологического процесса, а главными являются высокие качество и надежность выпускаемых изделий.

6.4. Оформление конструкторской документации при способе №4

Привожу выдержку из ГОСТ2.109–73 «Единая система конструкторской документации.

Основные требования к чертежам», п.1.2.4.

Цитирую:

«1.2.4. Если отдельные элементы изделия должны быть обработаны по другому изделию и (или) пригнаны к нему, то размеры таких элементов должны быть отмечены у изображения знаком «*» или буквенным обозначением, а в технических требованиях чертежа приводят соответствующие указания (черт. 7)».

Пояснения. В черт. 7 технические требования приведены в следующей редакции:

1. Поверхность А обработать по дет, ..., выдержав размер Б.
2. Детали применять совместно».

Вместо многоточия следует привести обозначение (номер чертежа) соответствующей детали.

При способе №4 конструкторскую документацию оформляют следующим образом.

1. На сборочном чертеже (рис. 3, а) указывают выбранную посадку, например,

$$\varnothing 25 \frac{H7}{s6} \begin{pmatrix} +0,021 \\ +0,048 \\ +0,035 \end{pmatrix}.$$

2. В технических требованиях к сборочному чертежу делают указание о том, что размер

$$\varnothing 25 \frac{H7}{s6}$$
 является справочным.

3. В технических требованиях к сборочному чертежу не приводят каких-либо технологических указаний по рациональной организации сборки соединений.

4. На чертеже вала приводят исполнительный размер $\varnothing 25p6$ (рис. 3, б) с указанием допусков формы и расположения поверхностей, а также шероховатости обрабатываемой поверхности. Обозначения ДМ1 и ДМ2 приведены условно. В технических требованиях делают запись:

1. Поверхность А обработать по втулке ДМ 2, обеспечив натяг 0,012 мм, [вместо ДМ 2 указывают обозначение (номер чертежа) втулки в соответствии со спецификацией].
2. Детали применять совместно.

Запись по п.2 является требованием ЕСКД. Это требование означает, что пару деталей, включающую втулку и обработанный по ней вал, следует использовать именно, как пару деталей, то есть в соединении с натягом использовать обе эти детали и не собирать друг с другом детали из разных пар.

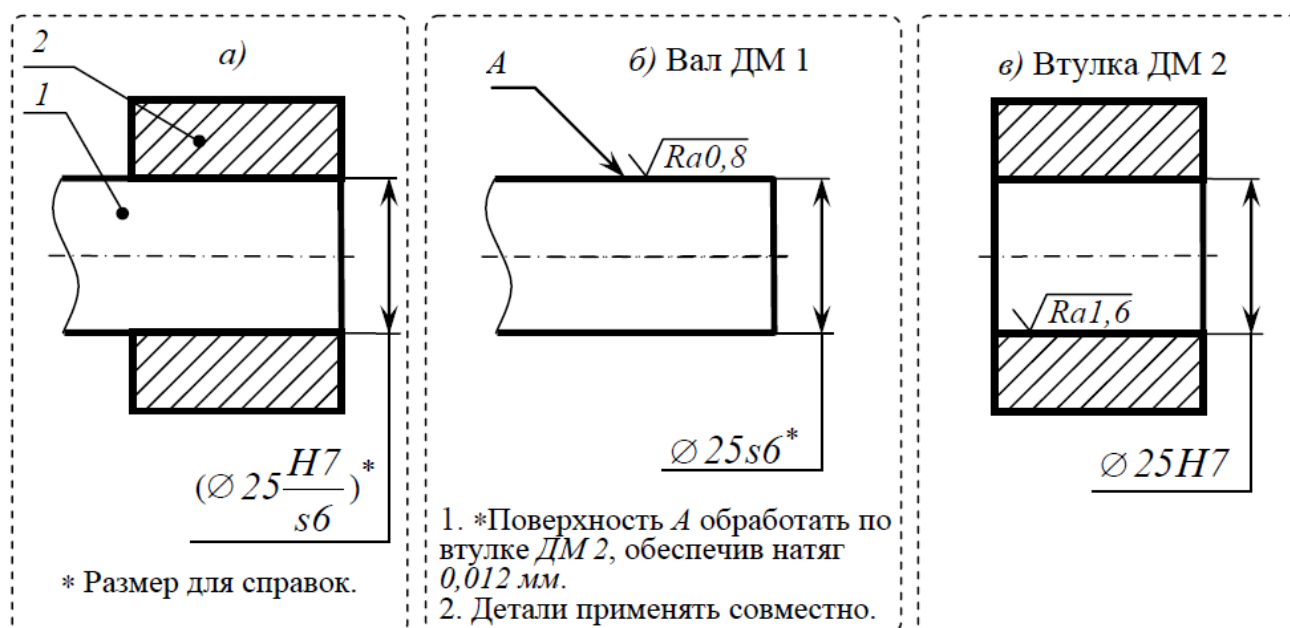


Рис. 3. Способ №4 выбора стандартной посадки. Технические требования и размеры соединения с натягом, проставляемые на сборочном чертеже (а), а также на чертеже вала (б) и отверстия (в)

3. На чертеже отверстия (рис. 3, в) приводят исполнительный размер $\varnothing 25H7$ с указанием допусков формы и расположения поверхностей, а также шероховатости обрабатываемой поверхности.

Список литературы:

1. Кириловский В.В. Совершенствование оформления курсового проекта по дисциплине «Детали машин» в соответствии с ЕСКД (Часть 1) // Инженерный вестник: электронный научно-технический журнал МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2015. №8. Режим доступа: <http://engbul.bmstu.ru/doc/791721.html> (дата обращения 08.08.2015).
2. Кириловский В.В. Совершенствование процедуры разработки конструкторской документации // Инженерный вестник: электронный научно-технический журнал МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2015. №9. Режим доступа: <http://engbul.bmstu.ru/doc/812892.html> (дата обращения 09.09.2015).
3. Кириловский В.В. Подготовка исходных материалов для компьютерной базы данных по рациональному оформлению конструкторской документации. Часть 3 // Актуальные

- проблемы гуманитарных и естественных наук. - Москва. – №2-1. – С. 25 – 32.
4. Кириловский В.В. Подготовка исходных материалов для компьютерной базы данных по рациональному оформлению конструкторской документации. Часть 4 // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. - Москва. – 2017. – № 3-3. – С. 62 – 66.
 5. Кириловский В.В. Исходные материалы для разработки компьютерной базы данных по рациональному оформлению конструкторской документации. Часть 5. Посадки с натягом// Вестник научно-технического развития. – 2018. - № 4 (128). DOI:10.18411/vntr2018-128-2. – (12.03.2018).
 6. Л.А. Андриенко, Б.А. Байков, М.Н. Захаров, С.А.Поляков, О.А. Ряховский, В.П. Тибанов, М.В. Фомин. Детали машин / под ред. О.А. Ряховского. 4-е изд., перераб и доп. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. - 465 с.
 7. Б.А. Байков, А.В. Клыпин, О.П. Леликов, И.К. Ганулич, В.И. Зворыкин, Л.П. Варламова, Л.П. Соболева, Л.А. Андриенко, П.К. Попов, В.А. Финогенов, М.В. Фомин, В.М. Зябликов, В.П. Тибанов, Л.И. Смелянская, Е.А. Язева, В.Н. Богачев, П.А. Соколов, Д.С. Блинов, В.П. Варламов, В.А. Верещака, В.В. Гудков, В.Е. Богачев. Атлас конструкций узлов и деталей машин /под ред. О.А. Ряховского, О.П. Леликова. 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. - 400 с.
 8. П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. Конструирование узлов и деталей машин. - М.: Академия, 2009. - 496 с.

Дата поступления: 10 августа 2018 г.