

# ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАВИСИМОГО ДОПУСКА СООСНОСТИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ И РЕМОНТЕ ВАЛОВ

## THE CALCULATION OF THE DEPENDENT TOLERANCE ALIGNMENT REPAIR SHAFTS GEAR BOXES

**О.А. ЛЕОНОВ**, д.т.н.  
**Ю.Г. ВЕРГАЗОВА**  
**У.Ю. АНТОНОВА**

РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, oaleonov@ya.ru

**O.A. LEONOV**, DSc in Engineering  
**YU.G. VERGAZOVA**  
**U.YU. ANTONOVA**

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural  
Academy K.A. Timiryazev, Moscow, Russia, oaleonov@ya.ru

Искажение формы элементов детали приводит к снижению эксплуатационных свойств такой детали. Так, в подвижных соединениях отклонения элементов детали от правильной цилиндрической формы приводит к неплавности ее перемещений, быстрому износу из-за контакта по ограниченной поверхности. В неподвижных соединениях искажение формы приводит к неравномерности натягов в соединениях, из-за этого снижается прочность соединения, герметичность и точность центрирования. Искажение формы влияет также на трудоемкость и точность сборки, повышает объем пригоночных работ, влияет на точность базирования детали при изготовлении и контроле. Отклонения расположения поверхностей от их номинального значения чрезвычайно вредно сказываются на надежности работы машин, вызывая в отдельных деталях и соединениях дополнительные статические и динамические нагрузки, что приводит к быстрому износу и усталостному разрушению деталей. Допуски расположения или формы, устанавливаемые для валов или отверстий, могут быть зависимыми и независимыми. Зависимые допуски расположения устанавливаются для деталей, которые сопрягаются с контрдеталью одновременно по двум и более поверхностям и для которых требования взаимозаменяемости сводятся к обеспечению собираемости, т.е. возможности соединения деталей по всем сопрягаемым поверхностям. Зависимый допуск указывается на чертеже или в других технических документах значением, которое допускается превышать на величину, зависящую от отклонения действительного размера рассматриваемого элемента и/или базы от предела максимума материала.

На примере вала унифицированного редуктора завода МОССЕЛЬМАШ под обозначением H090.040 рассмотрены три варианта назначения зависимого допуска соосности, что позволяет, с одной стороны, расширить возможности технологического оборудования и снизить себестоимость обработки, а с другой – гарантировать сборку соединений без пригонки. Для нашего примера применение третьего варианта обозначения расширяет допуск соосности двух поверхностей вала от 0,010 до 0,048 мм, что не только экономически целесообразно, но и позволяет грамотно использовать преимущества полной взаимозаменяемости.

**Ключевые слова:** допуск размера, допуск формы, зависимый допуск формы, допуск соосности, отклонение от соосности.

Distortion of the shape of the component parts leads to a decrease in the operational properties of these parts. Thus, in movable joints the deviation of the component parts from the correct cylindrical shape leads to an inadequacy of its movements, rapid wear due to contact over a limited surface. In fixed joints, distortion of the shape leads to uneven tension in the joints, because of this, the strength of the joint, the tightness and the accuracy of the centering decrease. Distortion form also affects labor and assembly accuracy, increases the amount of trimming work affects the accuracy of basing of parts in the manufacture and control. Deviations in the location of surfaces from their nominal values are extremely detrimental to the reliability of the machines, causing additional static and dynamic loads in separate parts and joints, which leads to rapid wear and fatigue failure of the parts.

Tolerances location or shape to be set for shafts or openings may be independent and dependent. Dependent location tolerances are set for the items, which are interfaced with the object at the same time on two or more surfaces, and for which the interchangeability requirements are reduced to ensure the collection, ie, connectivity details on all mating surfaces.

Dependent tolerance indicated in the drawing or other technical documents value which may be greater than the value of which depends on the deviation of the actual size of the element and / or the base material of the maximum limit. On the example of the shaft of the unified reducer of the MOSELMAASH plant, under the designation H090.040, three variants of the assignment of the dependent tolerance of alignment are considered, which, on the one hand, allows to expand the capabilities of the technological equipment and reduce the cost of processing, and on the other hand, ensure the assembly of connections without fitting. For our example, the use of the third variant of the notation extends the alignment tolerance of the two shaft surfaces from 0.010 to 0.048 mm, which is not only economically feasible, but also allows the use of full interchangeability to be competently used.

**Keywords:** size tolerance, tolerance form surfaces, dependent tolerance, alignment tolerance, deviation from alignment.

## Введение

Стоимость машины определяет технологичность ее изготовления, поэтому детали, применяемые в машиностроении, имеют простейшую геометрическую форму. В первую очередь это цилиндрические поверхности – их около 70 %, плоские – 12 %, зубчатые колеса – 3 % [1].

Отклонения формы, расположения поверхностей деталей приводят к ухудшению эксплуатационных свойств сборочных единиц, в которые они установлены. Так, в подвижных соединениях отклонения от правильной цилиндрической формы приводят к повышенному износу из-за контакта не по всей поверхности, а только по ее части, к повышению сил трения и снижению КПД машины. В неподвижных соединениях эти отклонения приводят к неравномерности натягов в соединениях, снижению прочности посадки, герметичности и точности центрирования [1]. Отклонение формы влияет на рост погрешностей в операциях сборки и повышении трудоемкости пригоночных работ, а также оказывает влияние на погрешность базирования деталей. Отклонения формы и расположения поверхностей деталей приводят и к увеличению погрешности результатов измерений размеров, в связи с чем требуется проводить контроль в нескольких сечениях и плоскостях, как при контроле колец подшипников качения, что приводит к увеличению трудоемкости и стоимости работ. Поэтому однократное измерение размера детали в процессе контроля вносит неопределенность в оценку качества геометрии детали и соединения, появляется погрешность выявления действительного размера [2].

## Цель исследования

Назначить зависимый допуск отклонения от соосности для вала, где соседними поверхностями являются посадка под подшипник качения и посадка под шестерню, рассмотрев это для трех случаев возможного нормирования: действительного размера поверхности под шестерню; действительного размера поверхности под подшипник; действительных размеров поверхности под шестерню и подшипник.

## Методы, теория и практика

Статистика ремонта показывает, что ресурс редукторов и коробок передач, которые отремонтированы с полной заменой зубчатых

колес, валов и подшипников, составляет не более 45 % ресурса новых агрегатов, если используется старый корпус, в котором из-за коробления и износа нарушены первоначальные требования на отклонения расположения поверхностей [1]. Нарушения допусков отклонений формы и расположения поверхностей – самый важный фактор негерметичности уплотнений [2].

Допуски расположения или формы, нормируемые для деталей типа «вал» или «отверстие», могут быть зависимыми и независимыми.

Зависимые допуски расположения устанавливаются для деталей, которые входят в сопряжение по двум и более поверхностям, а требования полной взаимозаменяемости сводятся к обеспечению собираемости исходя из 100 % вероятности годности соединения деталей по всем сопрягаемым поверхностям. Зависимые допуски связаны с зазорами и натягами, и предельные размеры сопрягаемых поверхностей должны быть между наибольшим предельным размером вала и наименьшим предельным размером отверстия. Контроль деталей с зависимыми допусками обычно осуществляется комплексными калибрами, изготовленными в виде прототипов сопрягаемых деталей. Эти калибры всегда проходные, что гарантирует сборку изделий по принципу полной взаимозаменяемости.

Зависимый допуск указывается на чертеже или в других технических документах значением, которое допускается превышать на величину, зависящую от отклонения действительного размера рассматриваемого элемента или базы от заданного отклонением предела максимума материала:

$$T_{\text{зав}} = T_{\text{min}} + T_{\text{доп}}, \quad (1)$$

где  $T_{\text{min}}$  – наименьшая часть допуска, связанная с предельным зазором или натягом;  $T_{\text{доп}}$  – дополнительная часть допуска, зависящая от действительных размеров рассматриваемых поверхностей.

Выбор средств измерений для контроля величин пределов максимума и минимума материала должен проводиться по методикам, изложенным в ряде работ [3, 4], а дополнительная часть допуска приводит к снижению требований к точности средств измерений, и влияет на качество измерительных процессов [5].

Допуск соосности может изменяться в процессе износа поверхностей деталей и соединений по зависимостям и моделям, представленным в работе О.А. Леонова [6], причем возможен отказ как по пределу максимума, так и по пределу минимума материала [7]. Уже разработаны методики, где при расчете предельных зазоров и натягов вводятся поправки на отклонение формы поверхностей [8], а также поправки на смятие шероховатости поверхности при запрессовке [9], что приводит к значительному улучшению качества посадки и к увеличению долговечности соединений.

### Результаты и обсуждение

Рассмотрим, как назначение зависимого допуска соосности формирует допуск на размеры для валов, где происходит ступенчатое уменьшение размера.

На чертеже фрагмента вала унифицированного редуктора завода МОССЕЛЬМАШ, под обозначением Н090.040 (рис. 1), в верхней части рис. 1, указан допуск соосности 0,01 мм для поверхности  $\varnothing 60k6^{+0,021}_{+0,002}$  мм (посадка подшипника качения) по отношению к базовой

поверхности «А»  $\varnothing 60n6^{+0,039}_{+0,020}$  (посадка шестерни). Поле отклонения оставлено пустым и рассмотрены три варианта заполнения этого поля:

1) допуск соосности определяется в зависимости от действительного размера  $\varnothing 60^{+0,021}_{+0,002}$  (рис. 1, а) (если размер вала равен 65,021 мм, тогда допуск соосности составит 0,01 мм, а если 60,002 мм, тогда допуск соосности составит 0,029 мм);

2) допуск соосности определяется в зависимости от действительного размера базы  $\varnothing 62^{+0,039}_{+0,020}$  (рис. 1, б) (если размер вала равен 62,039 мм, тогда допуск соосности будет составлять 0,01 мм, а если размер вала 62,020 мм, тогда допуск соосности составит 0,029 мм);

3) допуск соосности зависит от действительных размеров поверхностей детали  $\varnothing 60^{+0,021}_{+0,002}$  и базовой поверхности  $62^{+0,039}_{+0,020}$  (рис. 1, в) (если оба размера вала будут равны 60,021 и 62,039 мм, то допуск соосности будет составлять 0,01 мм, а если размеры будут 60,002 и 62,020 мм, то допуск соосности есть сумма  $0,019 + 0,019 + 0,01 = 0,048$  мм. Здесь возможно практически любое сочетание действительных размеров элементов детали.

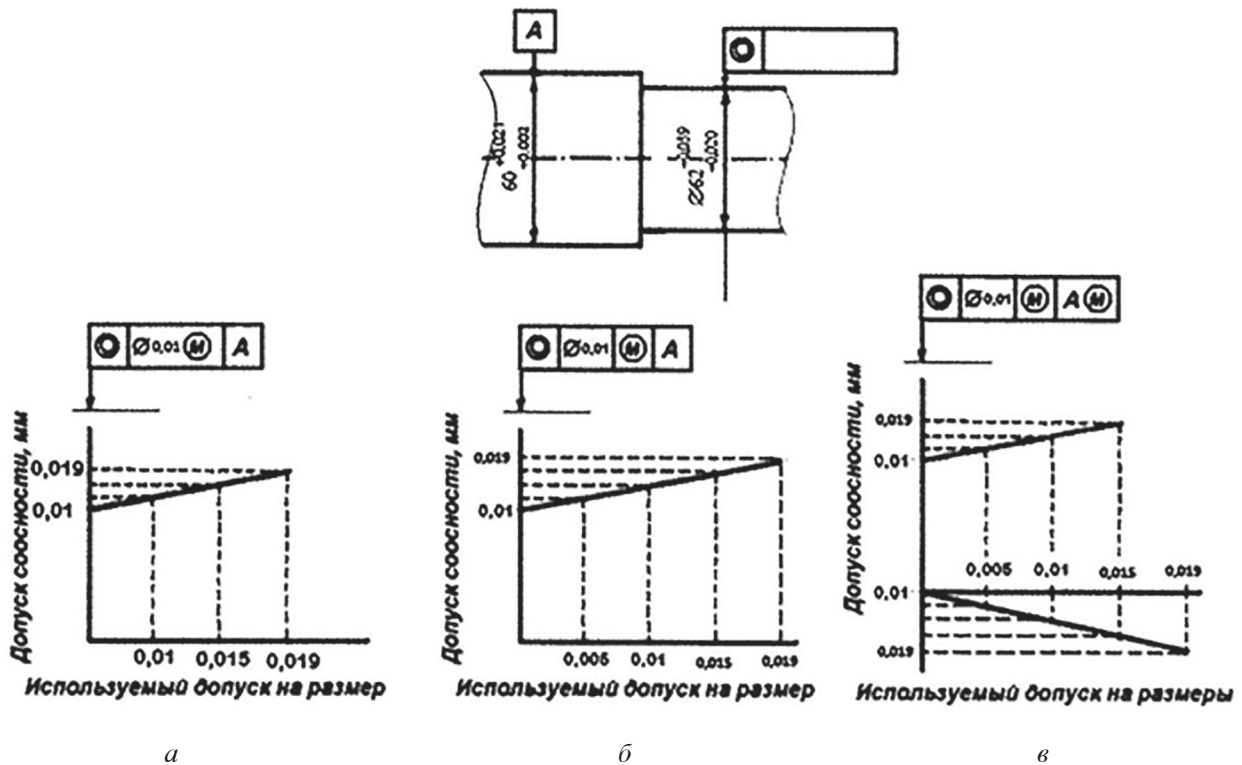


Рис. 1. Допуск отклонения от соосности, зависимый от:

- а – действительного размера поверхности  $\varnothing 60k6^{+0,021}_{+0,002}$ ;
- б – действительного размера базовой поверхности  $\varnothing 60n6^{+0,039}_{+0,020}$ ;
- в – действительных размеров поверхности  $\varnothing 60k6^{+0,021}_{+0,002}$  и базовой поверхности  $\varnothing 60n6^{+0,039}_{+0,020}$

## Выводы

Такое назначение допуска соосности позволяет, с одной стороны, уменьшить требования к точности оборудования [10] и снизить себестоимость обработки, а с другой – применять полную взаимозаменяемость – бесподгонную сборку. Для нашего примера, примененные обозначения, показанного на рисунке 1, в, расширяет допуск соосности двух поверхностей вала от 0,010 до 0,048 мм, что не только экономически целесообразно, но и позволяет грамотно использовать преимущества полной взаимозаменяемости.

## Литература

1. Леонов О.А., Карпузов В.В., Шкаруба Н.Ж., Кисенков Н.Е. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие / под ред. О.А. Леонова. М.: Издательство КолосС, 2009. 568 с.
2. Леонов О.А. Взаимозаменяемость унифицированных соединений при ремонте сельскохозяйственной техники: монография. М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2003. 166 с.
3. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж. Алгоритм выбора средств измерений для контроля качества по технико-экономическим критериям // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2012. № 2 (53). С. 89–91.
4. Леонов О.А., Темасова Г.Н., Шкаруба Н.Ж. Экономика качества, стандартизации и сертификации: учебник. М.: ИНФРА-М, 2014. 251 с.
5. Леонов О.А., Бондарева Г.И., Шкаруба Н.Ж. Оценка качества измерительных процессов в ремонтном производстве // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2013. № 2. С. 36–38.
6. Леонов О.А. Обеспечение качества ремонта унифицированных соединений сельскохозяйственной техники методами расчета точностных параметров: дис. ... докт. техн. наук. М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2004. 324 с.
7. Леонов О.А. Теоретические основы расчета допусков посадок при ремонте сельскохозяйственной техники // Вестник ФГБОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина. 2010. № 2. С. 106–110.
8. Леонов О.А., Вергазова Ю.Г. Расчет посадок соединений со шпонками для сельскохозяйственной техники // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2014. № 2. С. 13–15.
9. Леонов О.А., Киселева Е.Н., Вергазова Ю.Г. Влияние шероховатости поверхности деталей на долговечность соединений при ремонте сельскохозяйственной техники // Международный технико-экономический журнал. 2014. № 5. С. 47–51.
10. Леонов О.А., Селезнева Н.И. Технико-экономический анализ состояния технологического оборудования на предприятиях технического сервиса в агропромышленном комплексе // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2012. № 5 (56). С. 64–67.

## References

1. Metrology, Standardization and Certification: Textbook // O.A. Leonov, V.V. Karpuzov, N.J. Shkaruba, N.E. Kisenkov; ed. O.A. Leonova. M.: Publisher KolosS, 2009. 568 p (in Russ.).
2. Leonov O.A. Interchangeability of standardized connections for the repair of agricultural machinery: Monograph. M.: FSEIHPE MSAU, 2003. 166 p (in Russ.).
3. Leonov O.A., Shkaruba N.J. The selection algorithm of measuring instruments for quality control on the technical and economic criteria // Vestnik FGOU VPO MGAU, 2012, no 2. pp. 89–91 (in Russ.).
4. Leonov O.A., Temasova G.N., Shkaruba N.J. The economics of quality, standardization and certification: Textbook. M.: INFRA-M, 2014. 251 p (in Russ.).
5. Leonov O.A., Bondarev G.I., Shkaruba N.J., Evaluation of the quality measurement processes to repair production // Herald FSEIHPE MSAU, 2013. № 2. S. 36–38 (in Russ.).
6. Leonov O.A. Providing quality repair unified connections agricultural machinery methods of calculation accuracy parameters: Dis ... Doct. tehn. Sciences. M.: FSEIHPE MSAU, 2004. 324 p (in Russ.).
7. Leonov O.A. Theoretical basis for calculating landing tolerances for the repair of agricultural machinery // Agroengineering. Bulletin VPO MSAU them. VP Goryachkina. 2010. № 2. S. 106–110 (in Russ.).
8. Leonov O.A., Vergazova Y.G. Calculation of planting joints with dowels for agricultural equipment // Herald FSEIHPE MSAU. 2014. № 2. S. 13–15 (in Russ.).
9. Leonov O.A., Kiseleva E.N., Vergazova Y.G. Influence of surface roughness on the durability of parts of compounds in the repair of agricultural equipment // International Techno-Economic Journal. 2014. № 5. С. 47–51 (in Russ.).
10. Leonov O.A., Selezneva N.I. Technical and economic analysis of the technological equipment for technical service enterprises in the agricultural sector // Herald FSEIHPE MSAU. 2012. № 5 (56). S. 64–67 (in Russ.).