

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тельнов, Н.Ф. Очистка машин и вопросы экологии / Н.Ф. Тельнов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1996. – № 4. – С. 14–17.
2. Дронченко, В.А. Рециклинг жидких производственных отходов, содержащих нефтепродукты / В.А. Дронченко // Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии; под ред. А.И. Свириденка. – Ч. II. – Труды второй науч.-техн. конф. – Гродно, 1997. – С. 308–311.
3. Barancucov, M. Methods for re-use of waste metalworking faculties at an engineering plant / M. Barancucov, V. Dronchenko // European and National dimension in research: Materials of junior researchers' IV conf.: in 3 parts. – Part 3. Technology. – Novopolotsk, PSU, 2012. – P. 65–67.
4. Kuzmich, R. Emulsol on the basis of used oil product / R. Kuzmich, A. Maksimchuk, V. Dronchenko // National and European dimension in research: Materials of junior researchers' III conf.: in 3 parts. – Part 1. Technology. – Novopolotsk, PSU, 2011. – P. 40–41.
5. Эмульсии / Под ред. Ф. Шермана; пер с англ. под ред. А.А. Абрамзона // Химия. – Л., 1972. – 448 с.
6. Gopal, E.S.R. Kolloid Chemistry / E.S.R. Gopal // Oxford, 1959. – 122 p.
7. Gopal, E.S.R. Rheology of Emulsions / E.S.R. Gopal // Oxford, 1963. – 130 p.

Материал поступил в редакцию 12.01.15

IVANOV V.P., DRONCHENKO V.A. The destruction of the interface of two immiscible liquids during emulsification

Presents an analysis of the solution of the question of the protection of workers from the harmful effects on human health of spent petroleum products and technical solutions of detergents by making fine emulsions with its subsequent use as a lubricant forms in the production of concrete products. Theoretical issues associated with the process of destruction of the interface of two liquid media during emulsion preparation using pneumocytes The dependence of the wavelength and the size of the intact droplets in the emulsion on the parameters of the wave number of the most unstable perturbations criterion of strugala, the average velocity of the fluid and its circular frequency ripple, density and surface tension.

УДК 621.91.002

Медведев О.А., Олехник М.А., Ниничук А.В.

АНАЛИЗ ПРИЕМЛЕМОСТИ ПРИГОНОЧНЫХ РАБОТ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ТОЧНОСТИ СБОРКИ МАШИН

Состояние вопроса и постановка задач исследования. Для многозвенных размерных цепей с узким допуском замыкающего звена достижение его точности методами полной или неполной взаимозаменяемости может оказаться экономически не целесообразным или технически недостижимым из-за необходимости выдерживать очень малые допуски составляющих звеньев. В таких случаях обеспечить попадание замыкающего звена в пределы узкого допуска, при широких допусках составляющих звеньев, можно целенаправленным, индивидуальным для каждого изделия, изменением одного из составляющих звеньев. Это специально выделенное звено называют компенсатором. Его размер можно изменить путем удаления слоя материала точением, фрезерованием, шлифованием, шабрением, опилением, то есть пригонкой. Способ пригонки должен соответствовать форме обрабатываемой поверхности компенсатора, свойствам его материала и обеспечивать возможность удаления максимального припуска на пригонку за один проход.

Для определения размера компенсатора, требуемого в конкретном экземпляре изделия, обычно выполняется предварительная сборка этого экземпляра без компенсатора. При этом на место замыкающего звена устанавливается эталон. Размер эталона равен требуемому среднему значению замыкающего звена. Затем измеряется полость, которую должен заполнить компенсатор, чтобы замыкающее звено было равно эталону, и компенсатор пригоняется к измеренному значению. После частичной разборки экземпляра изделия эталон удаляется и выполняется окончательная сборка этого объекта с пригнанным компенсатором.

Индивидуальной пригонкой компенсатора устраняется прямая зависимость замыкающего звена от остальных составляющих звеньев, а отклонение замыкающего звена от его среднего значения будет равно отклонению компенсатора после пригонки от размера полости, которая измерялась при предварительной сборке.

Если местоположение компенсатора недоступно для измерения,

то при предварительной сборке туда устанавливается эталон компенсатора размером $K_э$, измеряется полученное замыкающее звено $A_{\Delta u}$ и рассчитывается требуемый размер компенсатора с учетом требуемого среднего значения замыкающего звена $A_{\Delta c}$ по следующим формулам:

- для уменьшающего компенсатора
$$\bar{K} = \bar{K}_э - (A_{\Delta c} - A_{\Delta u}); \quad (1)$$

- для увеличивающего компенсатора
$$\bar{K} = \bar{K}_э + (A_{\Delta c} - A_{\Delta u}). \quad (2)$$

Таким образом, метод пригонки позволяет уменьшить требования к точности изготовления составляющих звеньев, но из-за большой трудоемкости предварительной сборки-разборки изделия, измерения и пригонки компенсатора он обычно применяется в единичном и мелкосерийном производстве.

Широко применяемым частным случаем пригонки является обработка компенсатора в сборе (без снятия с изделия). Обычно в таком случае компенсатор является носителем границы замыкающего звена и открыт для доступа режущего инструмента. Например, для достижения соосности посадочных отверстий шпинделя и пиноли задней бабки высокоточного токарного станка выполняется зенкерование и развертывание отверстия пиноли инструментами, установленными в отверстия шпинделя станка-изделия.

При пригонке компенсатора вне изделия он должен удовлетворять следующим требованиям:

- технологичная конструкция компенсатора (охватываемый элемент, ограниченный поверхностями простой формы, малые габариты и масса, хорошая обрабатываемость материала);
- пригоняемый размер компенсатора может входить, как составляющее звено, лишь в одну сборочную конструкторскую размерную цепь;

Медведев Олег Анатольевич, к.т.н., зав. кафедрой технологии машиностроения Брестского государственного технического университета.

Олехник Максим Анатольевич, студент машиностроительного факультета Брестского государственного технического университета.

Ниничук Анна Витальевна, студентка машиностроительного факультета Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

- доступность местоположения компенсатора для измерения.

Если в рассматриваемой размерной цепи ни одно составляющее звено не удовлетворяет указанным требованиям, в цепь включают искусственный компенсатор (прокладка, пластина, шайба, дистанционное кольцо), за счёт уменьшения или увеличения номинала одного из составляющих звеньев.

Основной задачей, которая решается при расчетах размерных цепей в случае достижения точности их замыкающих звеньев методами пригонки, является расчет величины компенсации (части суммы расширенных допусков составляющих звеньев, подлежащей компенсации пригонкой компенсатора), расчет размера первоначально изготовленных для всех экземпляров изделия компенсаторов, расчет диапазона изменения размера компенсаторов при пригонке (максимального припуска на пригонку). Эти параметры должны определяться с учетом обеспечения минимальной металлоемкости первоначально изготовленных компенсаторов и минимальной трудоемкости их последующей пригонки. Многолетний опыт использования в учебном процессе по дисциплине «Технология машиностроения» традиционных методик расчета этих параметров [1, 2, 3, 4, 5, 6 и др.] показал их недостаточную точность и рациональность, что позволяет их использовать только для предварительных расчетов.

Проанализируем основные положения указанных методик. Величину компенсации предлагается определять по формуле:

$$T_K = \sum_{j=1}^n TA_j - TA_{\Delta}, \quad (3)$$

где TA_j – расширенный, экономически приемлемый допуск j -го составляющего звена, TA_{Δ} – требуемый допуск замыкающего звена, n – число составляющих звеньев в цепи.

При этом в первое слагаемое предписывается включать и расширенный экономически приемлемый допуск компенсатора, определенный аналогично допускам других составляющих звеньев.

Такое определение величины компенсации не оправдано по следующим причинам:

- величина компенсации и размер компенсатора формируются в результате предварительной сборки изделия, когда компенсатор не используется, а на место замыкающего звена устанавливается эталон. Поэтому допуск компенсатора не может учитываться при определении величины компенсации;
- целесообразно определять допуск первоначально изготовления компенсатора во взаимосвязи с другими погрешностями пригоночных работ, что позволит расширить часть величины компенсации, которую можно компенсировать без пригонки компенсатора;
- неоправданное увеличение величины компенсации, путем включения в нее расширенного допуска компенсатора приводит к не-

обоснованному увеличению припуска на пригонку.

Кроме того предлагаемая методика расчетов не учитывает влияние на точность замыкающего звена конструкторской размерной цепи таких погрешностей, возникающих при определении размера требуемого компенсатора, как погрешности сборочной оснастки, и погрешности сборочных работ (установки эталона, измерения местоположения компенсатора, пригонки).

Более адекватной представляется методика расчета величины компенсации для достижения точности сборки методом пригонки, описанная в [7]. Однако и в ней имеются неточности;

- не выявляются рациональные схемы определения предельных размеров компенсатора с целью минимизации припуска и времени на пригонку;
- в величину компенсации кроме допусков составляющих звеньев конструкторской размерной цепи включаются погрешности сборочной технологической оснастки, которые не формируют поле рассеивания полости под компенсатор при окончательной сборке. Кроме того, эти погрешности не могут быть компенсированы пригонкой компенсатора, так как влияют на получение размера пригнанного компенсатора и могут иметь разные случайные значения при сборке одного экземпляра изделия. Погрешности сборочных работ и оснастки влияют на формирование размера пригнанного компенсатора, следовательно, формируют фактическое поле рассеивания замыкающего звена конструкторской размерной цепи и могут быть компенсированы только за счет его допуска TA_{Δ} . Включение этих погрешностей в величину компенсации ведет к неоправданному завышению величины компенсации и припуска на пригонку, и не позволяет составить объективное условие достижения точности сборки;
- допуск первоначально изготовленного компенсатора назначается без учета других погрешностей формирования размера пригнанного компенсатора, и, следовательно, не гарантируется точность сборки при рассчитанных параметрах компенсаторов.

С учетом сказанного можно сделать вывод о недостаточной объективности и рациональности рассмотренных методик расчета компенсаторов и необходимости усовершенствования методик расчета сборочных размерных цепей при достижении точности сборки методом пригонки. Это позволит обоснованно установить требования к точности сборочных работ и сборочной оснастки, а также рационально определить предельные размеры изначально изготовленного компенсатора и максимальный припуск на пригонку.

Разработка рациональных схем компенсации суммарного расширенного допуска составляющих звеньев. Системный анализ влияния компенсаторов на замыкающие звенья линейных сборочных конструкторских размерных цепей для машин разного назначения позволил выявить несколько типовых схем компенсации

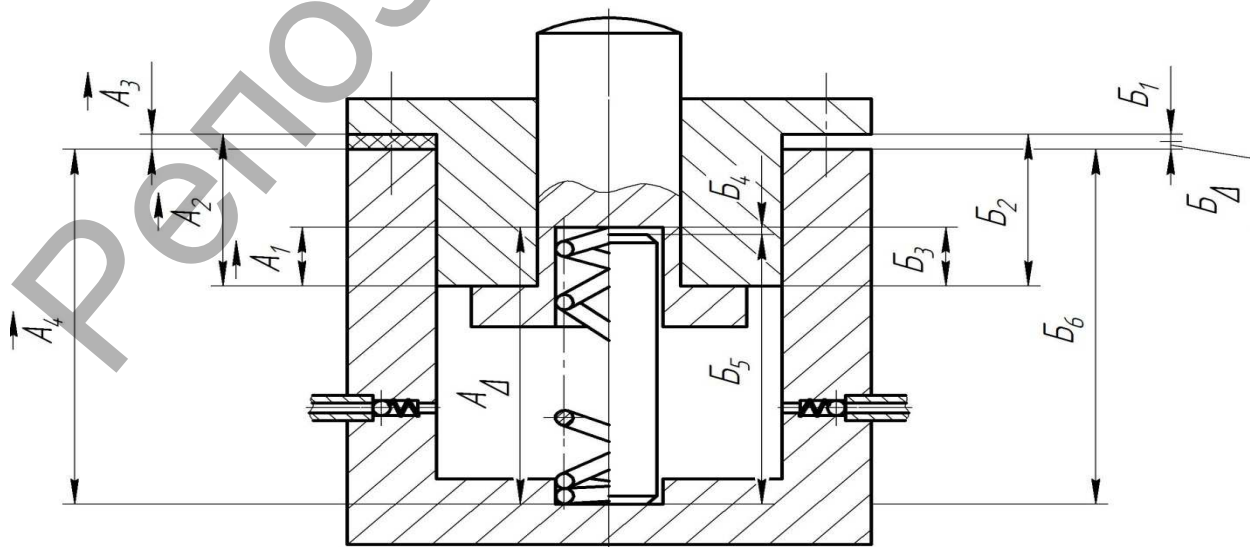


Рис. 1. Схемы сборочных размерных цепей плунжерного насоса

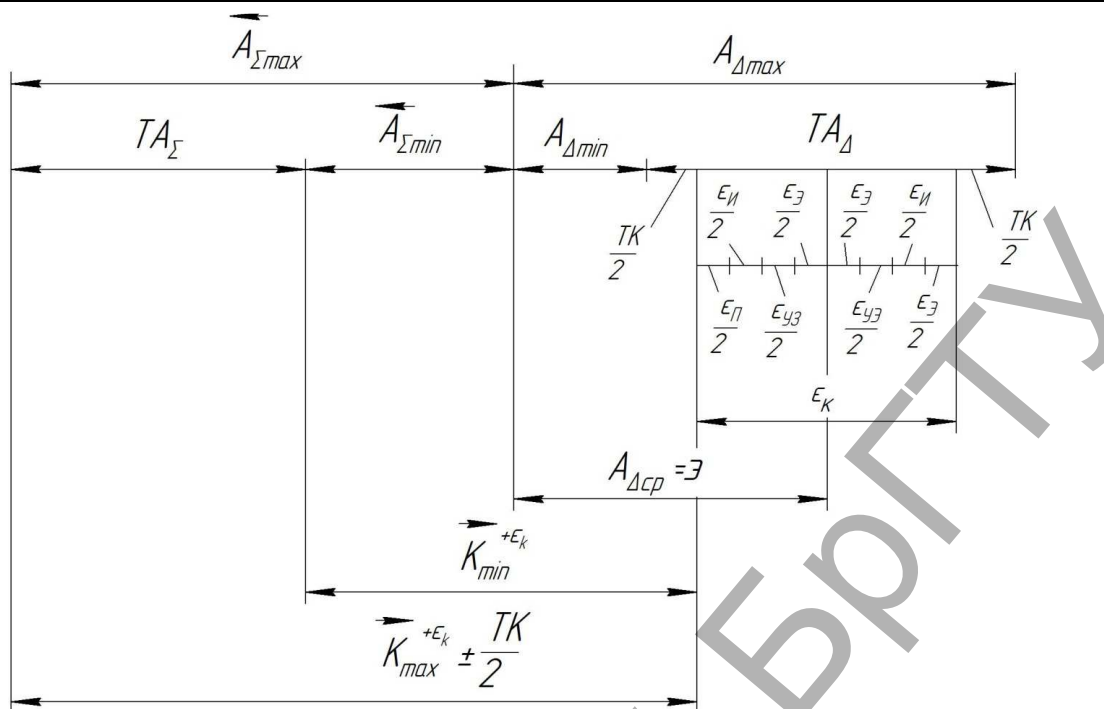


Рис. 3. Схема компенсации суммарного допуска составляющих звеньев путем пригонки увеличивающего компенсатора при уменьшающем суммарном составляющем звене

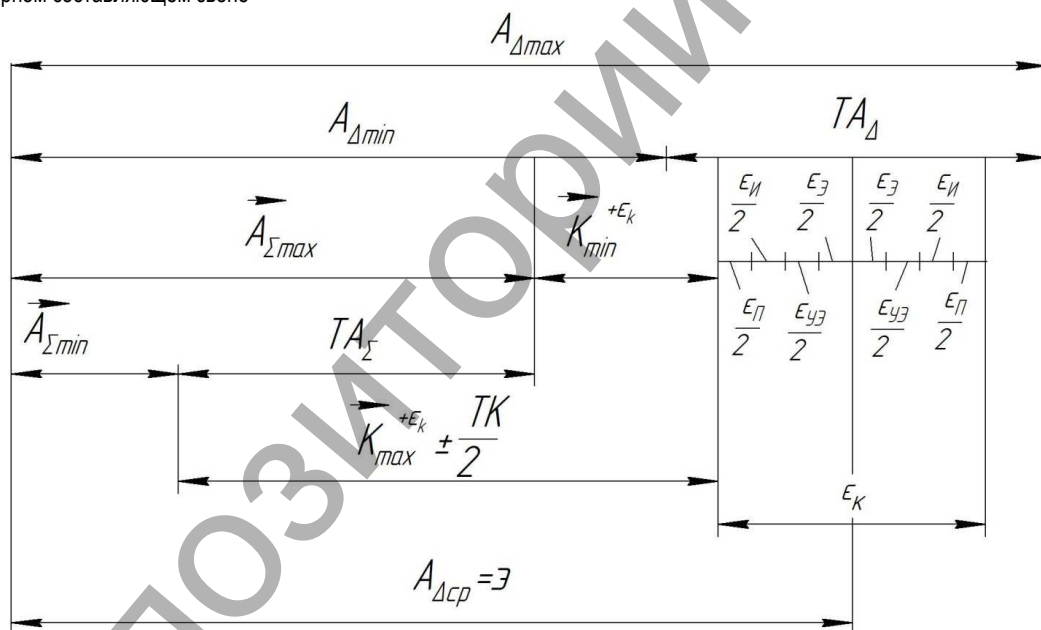


Рис. 4. Схема компенсации суммарного допуска составляющих звеньев путем пригонки увеличивающего компенсатора при увеличивающем суммарном составляющем звене

Технологическую цепь представим в схеме компенсации погрешностями, сумма которых определяет технологический допуск компенсатора ϵ_k и расположим его в пределах допуска замыкающего звена TA_Δ симметрично относительно $A_{\Delta cp}$, потому что ϵ_k может быть компенсирован только за счет TA_Δ , и при размере эталона равном $A_{\Delta cp}$, середина поля рассеивания компенсатора должна соответствовать середине поля рассеивания замыкающего звена.

Таким образом, будет сформирована рациональная схема компенсации расширенного допуска составляющих звеньев, обеспечивающая минимально возможные затраты материала на первоначальное изготовление компенсаторов, минимально достаточный припуск на пригонку при обеспечении точности замыкающего звена A_Δ .

Схема компенсации, построенная по указанным принципам для конструкторской цепи с уменьшающим компенсатором и увеличивающим суммарным составляющим звеном, представлена на рисунке 2.

На основе схемы компенсации условие достижения требуемой точности замыкающего звена A_Δ можно записать следующим образом

$$TA_\Delta \geq \epsilon_k + TK = \epsilon_z + \epsilon_{y3} + \epsilon_u + \epsilon_n + TK. \quad (5)$$

Схемы компенсации построенные по описанным принципам для случая увеличивающего компенсатора при уменьшающем суммарном составляющем звене и для случая увеличивающего компенсатора при увеличивающем суммарном составляющем звене приведены на рисунках 3 и 4, соответственно. Для этих случаев условие достижения требуемой точности замыкающего звена A_Δ также задается неравенством (5).

Взаимосвязь размеров и параметров точности замыкающего звена, составляющих звеньев, компенсаторов и сборочной оснастки. Как видно из схемы компенсации на рисунке 2, при максимальном значении $A_{\Sigma\max}$ для получения годного значения замыкающего звена $A_{\Delta\max}$ с минимальными затратами материала на компенсатор достаточно иметь изначальный (до пригонки) размер компенсатора $K_{\max} \pm TK/2$. При минимальном значении суммарного составляющего звена $A_{\Sigma\min}$ компенсатор может быть пригнан к минимально возможному размеру $K_{\min}^{+\epsilon_K}$ (если все погрешности сборочных работ будут действовать в сторону уменьшения размера компенсатора и смещению его левой границы на $\epsilon_K/2$ вправо от $A_{\Delta\text{с}}$. В соответствии со схемой компенсации, номинал первоначально изготовленных уменьшающих компенсаторов K_{\max} и номинал минимально возможного компенсатора K_{\min} можно определить по формулам:

$$\bar{K}_{\max} = \bar{A}_{\Sigma\max} - A_{\Delta\max} + TK/2; \quad (6)$$

$$\bar{K}_{\min} = \bar{A}_{\Sigma\min} - A_{\Delta\text{ср}} + TK/2 - \epsilon_K/2. \quad (7)$$

Из схемы компенсации видно, что для попадания замыкающего звена A_{Δ} в пределы допуска TA_{Δ} пригонка первоначально изготовленного компенсатора не потребует для тех экземпляров изделий, для которых измеренный при предварительной сборке размер полости под компенсатор K_U окажется больше величины $K_{\max} - \epsilon_K$ ($K_U \geq K_{\max} - \epsilon_K$).

Максимально возможный припуск на пригонку Z_{\max} придется снять, в том случае, если компенсатор с изначальным размером K_{\max} потребует пригнать в размер K_{\min} . Выражение для Z_{\max} , получим вычитая почленно формулу (7) из (6)

$$Z_{\max} = TA_{\Sigma} - TA_{\Delta} / 2 + TK + \epsilon_K / 2. \quad (8)$$

Как видно из последнего равенства, с увеличением допусков составляющих звеньев, допусков первоначально изготовления компенсатора, погрешностей пригоночных работ растёт максимальный припуск, а, следовательно, и время на пригонку.

На основе схемы компенсации представленной на рисунке 3 можно получить формулы для расчета предельных значений размера увеличивающего компенсатора при уменьшающем суммарном составляющем звене.

$$\bar{K}_{\max} = \bar{A}_{\Sigma\max} + A_{\Delta\min} + TK/2; \quad (9)$$

$$\bar{K}_{\min} = \bar{A}_{\Sigma\min} - A_{\Delta\text{ср}} - \epsilon_K/2. \quad (10)$$

Вычитая почленно равенство (10) из (9) получим уравнение для расчета максимального припуска на пригонку, совпадающее с уравнением (8).

На основе схемы компенсации представленной на рисунке 4 можно получить формулы для расчета предельных значений размера увеличивающего компенсатора при увеличивающем суммарном составляющем звене.

$$\bar{K}_{\max} = A_{\Delta\min} - \bar{A}_{\Sigma\min} + TK/2; \quad (11)$$

$$\bar{K}_{\min} = A_{\Delta\text{ср}} - \bar{A}_{\Sigma\max} - \epsilon_K/2. \quad (12)$$

Вычитая почленно эти равенства, получим уравнение для Z_{\max} , совпадающее с уравнением (7).

Для схем компенсации на рисунках 3 и 4 пригонка первоначально изготовленного компенсатора с размером $K_{\max} \pm TK/2$ не потре-

буется для тех экземпляров изделий, для которых измеренный при предварительной сборке размер полости под компенсатор K_U соответствует условию $K_U \geq K_{\max} - \epsilon_K$.

Приемлемость принятых при проектировании технологии сборки сборочной оснастки, средства измерения полости под компенсатор, метода пригонки компенсатора, допуска первоначального изготовления компенсатора для достижения точности замыкающего звена A_{Δ} следует оценивать комплексно по соблюдению условия (5). Погрешность эталона следует принимать равной стандартному допуску по 7...10 качеству с последующим уточнением для соблюдения условия (5). Погрешность установки эталона следует определять, как возможный перекося его рабочих поверхностей относительно сопрягаемых с ним поверхностей комплектующих деталей, или как погрешность формы рабочих поверхностей эталона. Погрешность измерения полости под компенсатор следует принимать по таблицам справочников [4, 8]. Погрешность пригонки следует определять по таблицам точности обработки [9].

Заключение. В результате системного анализа влияния погрешностей выполнения сборочных пригоночных работ на точность сборки машин разработаны рациональные схемы компенсации расширенных экономически целесообразных допусков составляющих звеньев сборочных конструкторских размерных цепей, а также математические выражения для определения размера первоначально изготовленного компенсатора, для определения максимально достаточного припуска на пригонку компенсатора, для оценки приемлемости методов выполнения сборочных работ и сборочной оснастки по точности. Применение этих зависимостей позволяет сократить металлоемкость первоначально изготовленных компенсаторов и трудоемкость из пригонки. Данная методика может быть полезна инженерам-технологам, занимающимся проектированием техпроцессов сборки машин.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Палей, М.А. Допуски и посадки: справочник: в 2 ч. / М.А. Палей [и др.] – 8-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Политехника, 2001. – Ч. 2. – 608 с.
2. Маталин, А.А. Технология машиностроения. – Л.: Машиностроение, 1985 – 496 с.
3. Солонин, И.С. Расчет сборочных и технологических размерных цепей / И.С. Солонин, С.И. Солонин – М.: Машиностроение, 1980 – 110 с.
4. Справочник контролера машиностроительного завода / Под ред. А.И. Якушева – М.: Машиностроение, 1980 – 527 с.
5. Никифоров, А.Д. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: учебное пособие для вузов. – 4-ое издание – М.: Высшая школа, 2007. – 295 с.
6. Евстигнеев, Н.А. Технические измерения в машиностроении: учебное пособие. – М.: Academia, 2007. – 67 с.
7. Гусев, А.А. Технология машиностроения: учебник для машиностроительных специальностей вузов / А.А. Гусев [и др.] – М.: Машиностроение, 1986. – 480 с.
8. Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении: справочник в 2 т. – М.: Издательство стандартов, 1989. – Т 2: Контроль деталей – 208 с.
9. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х т. / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Сулова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001.

Материал поступил в редакцию 04.01.15

MEDVEDEV O.A., OLEKHNIK M.A., NINICHUK A.V. The analysis of the acceptability fitting works to achieve precision assembly machines

The purpose of this work is to improve the methodology for determining the sizes of compensators at achievement of accuracy of assembly of cars by an adjustment method. The proposed rational compensation scheme extended tolerances of the component parts and mathematical expressions for determination of the sizes of compensators with small metal consumption are offered.