

Таблица 1 – Стандартные отклонения детализирующих вейвлет-коэффициентов

Степень повреждения, %	Среднеквадратичное отклонение	
00	2,43	
25	7,67	
50	7,51	
75	8,11	

Среднеквадратичное отклонение моментально «реагирует» на зарождение дефекта, так как происходит перераспределение вибрационной энергии на спектре, а также позволяет локализовать дефект. Полученный результат по характеру изменения диагностического признака сопоставим с ранее проводимыми исследованиями глубины модуляции вибросигнала [4].

Проведенные исследования доказывают информативность вейвлет-коэффициентов при диагностике эксплуатационных дефектов зубчатых передач, позволяют получить количественную оценку повреждения и снизить субъективность в постановке диагноза. Современные системы компьютерной математики снабжены функциями вейвлет-преобразования и содержат большой аппарат вейвлетов, а также позволяют проектировать собственные вейвлеты для исследования особенностей виброакустических сигналов.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Костоков, В.Н. Основы виброакустической диагностики машинного оборудования: учебное пособие / В.Н. Костоков, А.П. Науменко, С.Н. Бойченко, Е.В. Тарасов; под ред. В.Н. Костокова. – Омск: НПЦ «Динамика», 2007. – 286 с.
2. Добеши, И. Десять лекций по вейвлетам. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 464 с.
3. Дьяконов, В.П. Вейвлеты. От теории к практике. – СПб.: Питер, 2008. – 440 с.
4. Омесь, Д.В. Исследование модуляции виброакустического сигнала при зарождении и развитии дефекта зубчатого колеса / Д.В. Омесь, А.В. Драган // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2013. – №4(82): Машиностроение. – С. 39-43.

УДК 621.91.002

ОБОСНОВАНИЕ ТОЧНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗАМЫКАЮЩИХ ЗВЕНЬЕВ СБОРОЧНЫХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ КОМПЕНСАТОРАМИ – ЧЛЕНАМИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО РЯДА

Медведев О.А.

Брестский государственный технический университет,
Брест, Республика Беларусь

Метод регулирования широко используется для достижения высокой точности замыкающих звеньев длинных конструкторских сборочных размерных цепей машин в серийном и массовом производстве. Однако его применение при неточных составляющих звеньях и точном замыкающем звене приводит к большим затратам на изготовление большого числа компенсаторов. Известен способ уменьшения требуемого количества компенсаторов в комплекте на одно

изделие путем подчинения их размеров геометрической прогрессии со знаменателем 2 [1]: $Ki = C, 2C, 4C, 8C, 16C, 32C \dots$ Применение такого ряда обусловлено тем, что при выборочном сложении размеров компенсаторов можно получить суммарный размер любой кратности по отношению к ступени компенсации C . Однако в технической литературе отсутствуют методики расчета рациональной величины C и минимально достаточного числа компенсаторов n в комплекте на одно изделие с учетом погрешностей сборочных работ и оснастки (эталонов, измерительных средств, компенсаторов и т.п.).

Основой предлагаемой методики определения допустимых погрешностей сборочной оснастки являются схемы компенсации суммарного допуска составляющих звеньев конструкторской сборочной размерной цепи, представляющие собой сочетание конструкторской и технологической сборочных размерных цепей. Конструкторская цепь реальной машины представляется в схеме компенсации математически тождественной трехзвенной цепью, состоящей из суммарного составляющего звена A_{Σ} , компенсатора K и замыкающего звена A_{Δ} . Суммарное составляющее звено является алгебраической суммой всех реальных составляющих звеньев (кроме компенсатора), а его допуск TA_{Σ} равен арифметической сумме допусков составляющих звеньев (кроме компенсатора). При этом все многообразие реальных конструкторских цепей может быть сведено к двум вариантам трехзвенных цепей (с уменьшающим или увеличивающим компенсатором). В схеме компенсации каждое звено трехзвенной цепи представлено его предельными размерами и полем допуска.

Технологическая сборочная размерная цепь формируется на этапе предварительной сборки изделия (без компенсатора и с эталоном на месте замыкающего звена), когда измеряется требуемый размер компенсатора. Замыкающим звеном в ней является местоположение компенсатора, а составляющими звеньями, кроме размеров деталей изделия, также являются размеры используемой сборочной оснастки и погрешности выполнения сборочных работ. При окончательной сборке изделия из комплектующих деталей и выбранного компенсатора, отклонение замыкающего звена конструкторской цепи от эталона будет равно отклонению размера выбранного компенсатора от размера его местоположения. Это отклонение складывается из отклонений тех звеньев технологической цепи, которые при предварительной сборке конкретного изделия могут приобретать случайные значения, отличающиеся от их значений в конструкторской цепи (погрешность изготовления эталона среднего значения замыкающего звена ε_{Σ} , погрешность установки эталона $\varepsilon_{\Sigma 2}$, погрешность измерения местоположения компенсатора ε_{Δ} , погрешность изготовления компенсаторов TK , погрешность выбора компенсатора ε_{κ}). Погрешности таких звеньев могут быть компенсированы только за счет допуска замыкающего звена конструкторской цепи, а не выбором компенсатора. Технологическая цепь представлена в схеме компенсации указанными погрешностями, которые в сумме не должны превышать допуска замыкающего звена конструкторской цепи TA_{Δ} . При допущении о симметричном распределении суммарной погрешности, совмещаем середину ее поля рассеяния с серединой поля допуска замыкающего звена конструкторской цепи. На схемах сумма $\varepsilon_{\Sigma}, \varepsilon_{\Sigma 2}, \varepsilon_{\Delta}$ обозначена как погрешность формирования размера компенсатора ε_{PK} .

Для уменьшения требуемого числа компенсаторов целесообразно обеспечить частичное перекрытие TA_{Δ} и TA_{Σ} . Это всегда можно сделать путем корректировки положения поля допуска любого из составляющих звеньев конструкторской цепи. При этом число компенсаторов в комплекте на одно изделие будет на единицу меньше числа ступеней компенсации. Для того чтобы набор компенсаторов при любом их числе оставался уменьшающим или увеличивающим, надо середину TA_{Δ} совместить с серединой первой ступени компенсации. Схемы компенсации, учитывающие эти особенности, приведены на рис.1 и 2, для уменьшающего и увеличивающего компенсатора, соответственно.

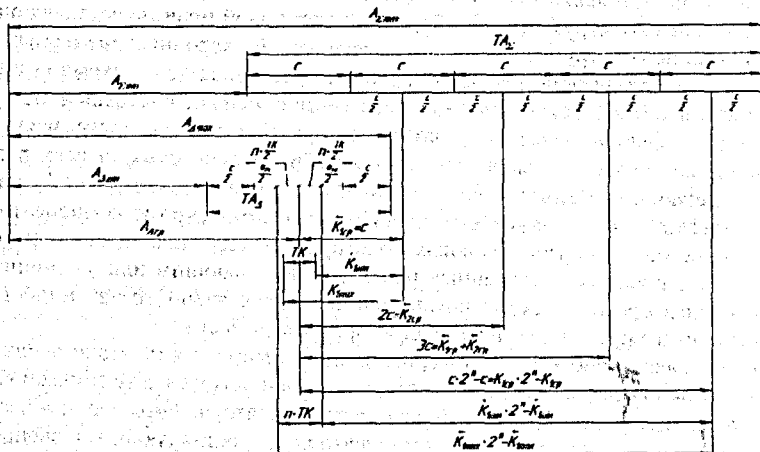


Рисунок 1 – Схема компенсации допусков составляющих звеньев регулированием комплектом неподвижных тонких уменьшающих компенсаторов - членов геометрического ряда

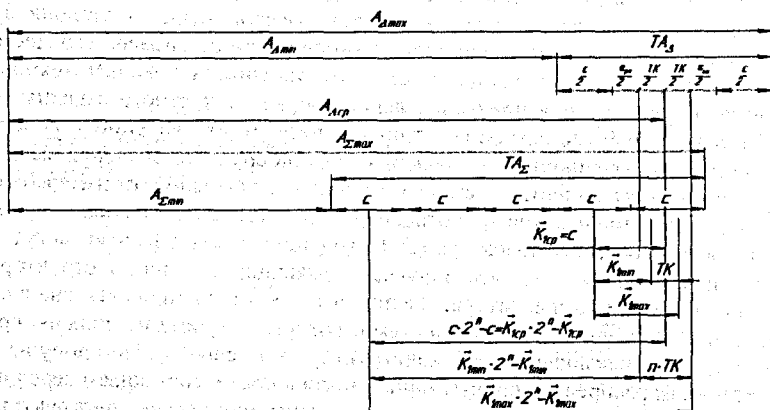


Рисунок 2 – Схема компенсации допусков составляющих звеньев регулированием комплектом неподвижных тонких увеличивающих компенсаторов - членов геометрического ряда

Точность сборки будет обеспечена, если сумма погрешностей на всех этапах определения размера компенсатора и допуск размера набора из n принятых компенсаторов не превысит TA_{Δ}

$$TA_{\Delta} \geq C + \varepsilon_{pk} + n \cdot TK. \quad (1)$$

В формуле (1) максимальная погрешность выбора набора компенсаторов принята равной ступени компенсации C . С такой погрешностью измеренное значение компенсатора воспроизводится на выбранном наборе компенсаторов в самом неблагоприятном случае.

Размер компенсатора K_i – члена принятого геометрического ряда и сумму конечного числа n членов такого ряда при $K_1 = C$ можно определить по формулам [3]:

$$K_i = 2^{i-1} \cdot C, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n K_i = (2^n - 1) \cdot C. \quad (3)$$

Минимально достаточное число n компенсаторов в комплекте для каждого экземпляра изделия должно быть таким, чтобы сумма их размеров равнялась той части TA_{Σ} , которую нельзя компенсировать за счет допуска замыкающего звена конструкторской размерной цепи TA_{Δ} , то есть величине $TA_{\Sigma} - C$. Тогда

$$\sum_{i=1}^n K_i = (2^n - 1) \cdot C = TA_{\Sigma} - C \quad (4)$$

$$2^n = TA_{\Sigma} / C = N \text{ или } n = \log_2(TA_{\Sigma} / C) = \log_2 TA_{\Sigma} - \log_2 C, \quad (5)$$

где N – число требуемых ступеней компенсации.

Подставив в (1) выражение (5), получим

$$TA_{\Delta} \geq C + \varepsilon_{pk} + TK \cdot \log_2 TA_{\Sigma} - TK \cdot \log_2 C \quad (6)$$

Численное решение уравнения (6) для определения C выполнялось методом дихотомии с помощью программы, разработанной в приложении Excel на языке Visual Basic for Application (VBA). Значения TA_{Σ} , TK , ε_{pk} корректировались так, чтобы n получалось целым.

Предлагаемая методика позволяет обоснованно и взаимосвязанно определить число компенсаторов – членов геометрического ряда и параметры точности сборочной оснастки.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Палей, М.А. Допуски и посадки: справочник / М.А. Палей [и др.]: в 2 ч. – СПб.: Политехника, 2001. – 608 с.
2. Корн, Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, 1984.