

УДК 621.8

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ РЕШЕНИЯ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ ТРАДИЦИОННЫМ МЕТОДОМ И С ПОМОЩЬЮ САПР**Деканоидзе Эмиль Мухранович**

Инженер-конструктор, ООО «НПО «Центротех»

г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: imil95g@mail.ru**Юдаков Владимир Сергеевич**

Магистрант, Санкт-Петербургский Горный университет

г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: bob1n57@gmail.com**Аннотация**

В данной статье описывается анализ вариантов решения размерных цепей методом $\max - \min$, с помощью КОМПАС 3D и теоретическим методом, на примере расчета многоступенчатого вала редуктора.

Ключевые слова: вал редуктора, КОМПАС 3D, размерная цепь, теория.

COMPARATIVE ANALYSIS OF OPTIONS FOR SOLVING DIMENSIONAL CHAINS BY THE TRADITIONAL METHOD AND BY USING CAD**Emil M. Dekanoidze**

Centrotech SPA LLC

St. Petersburg, Russia

Vladimir S. Yudakov

FSFEI of HE St. Petersburg Mining University

St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

This article describes the analysis of options for solving dimensional chains using the $\max - \min$ method, using KOMPAS 3D and the theoretical method, using the example of calculating a multi-stage gearbox shaft.

Keywords: gear shaft, KOMPAS 3D, dimensional chain, theory.

Размерные цепи (далее – РЦ) – это совокупность взаимосвязанных размеров, образующие замкнутый контур и определяющие точность расположения осей, колес, валов, шкивов, валов и т.д., или нескольких деталей в узле [1].

По взаимному расположению размеров РЦ делятся на: линейные, плоские, пространственные. В *линейном* расположении размеров все размерные цепи параллельны друг другу. В *плоской* цепи все размеры не параллельны, но лежат в одной плоскости. В *пространственной* цепи размеры не параллельны и лежат в не параллельных плоскостях.

Данная статья представляет собой сравнительный анализ подходов, к выполнению которых можно применить несколько способов расчётов. В первую очередь был рассмотрен вариант учета допусков в КОМПАС 3D, он будет производиться для узла клиноременной передачи (рис. 1), в частности, для контакта вала редуктора [2] с крышкой редуктора.

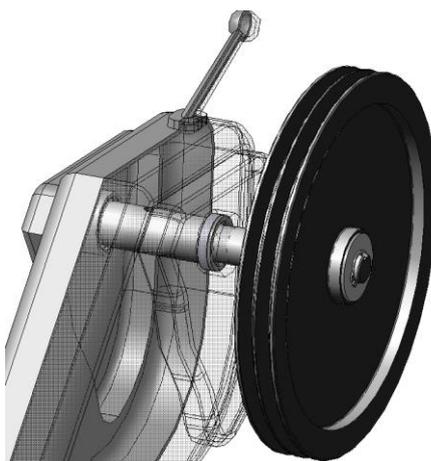


Рисунок 1. Узел клиноременной передачи

С целью улучшения конструкции редуктора и повышения КПД передачи, был рассмотрен вариант замены одной из фиксирующих опор подшипника на плавающую (рис. 2). Плавающий подшипник допускает линейное перемещение вала и компенсирует радиальное усилие.

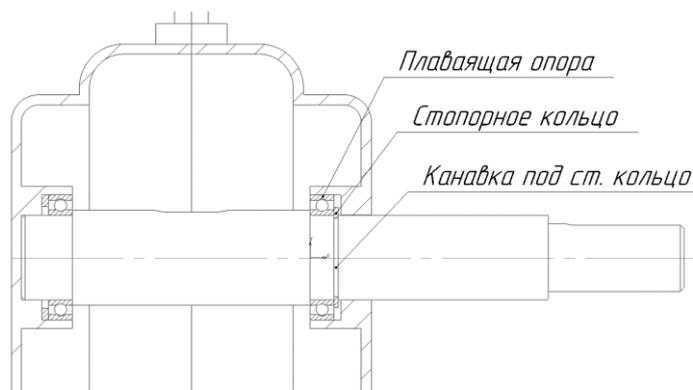


Рисунок 2. Плавающая опора

Для обеспечения правильной эксплуатации узла необходимо произвести расчет зазора между стопорным кольцом и стаканом крышки редуктора (рис. 3). В данный момент конструкция позволяет сохранить зазор в **0,8 мм**.

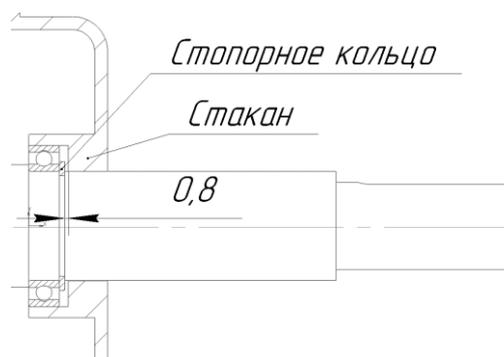


Рисунок 3. Зазор

Так как при работе редуктора температура вала может подниматься до 200°C есть вероятность, что возможно увеличение температурного коэффициента линейного расширения стали. В связи с этим необходимо обеспечить достаточную величину зазора. В противном случае, при недостаточности зазора возможна аварийная ситуация и дальнейшая неисправность мотоблока.

Для представления, была создана упрощенная сборка вала с крышкой, чтобы наглядно показать работу над учетом допусков в модели. Предварительно в каждом элементе сборки был проставлен производный размер для отображения, а оставшиеся размеры в соответствии с необходимыми допусками и посадками (рис. 4).



Рисунок 4. Компоненты сборки

Размер ширины подшипника и стопорного кольца не указаны, т.к. это стандартные изделия, сборка представлена на рисунке 5.

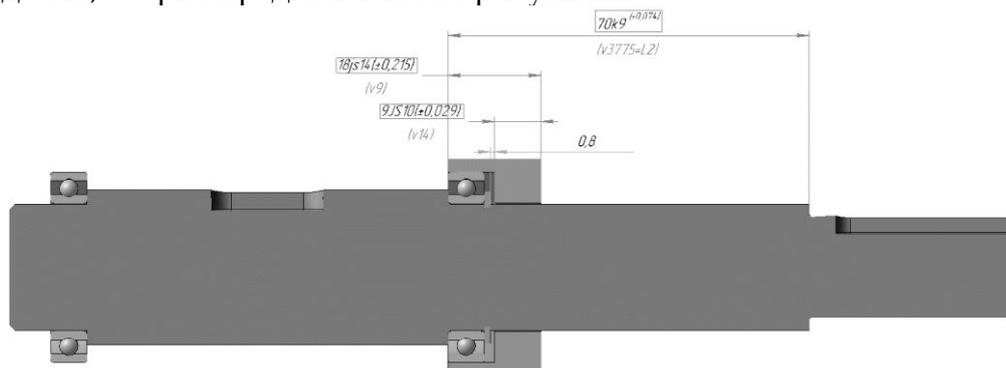


Рисунок 5. Упрощенная сборка вала с крышкой

Далее был произведен расчет размерной цепи в КОМПАС 3D модели по трем видам: в середину поля допуска, по верхнему пределу, по нижнему пределу (рис. 6).

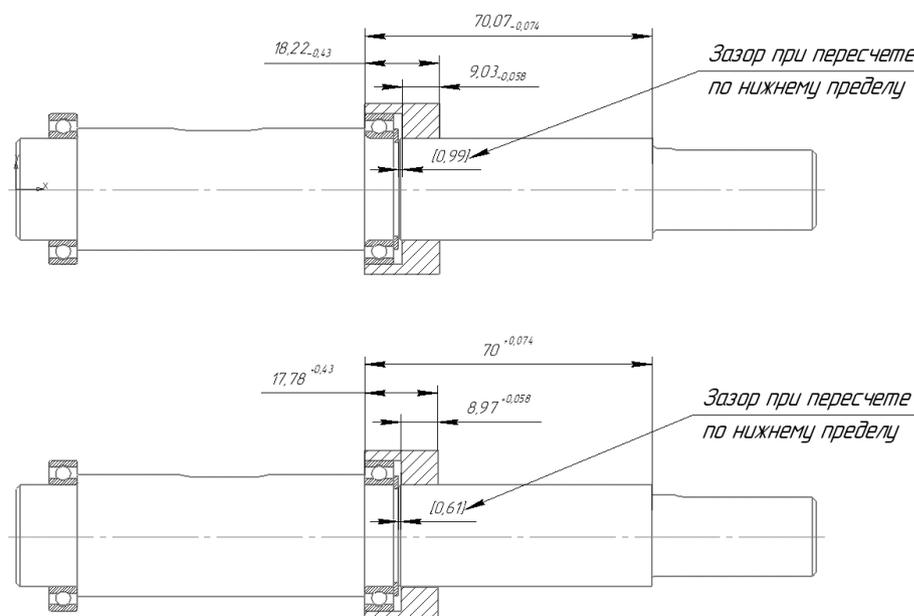


Рисунок 6. Эскиз показывающий величину зазоров

Из данного расчета видно, что при расчете по *нижнему пределу* значение зазора становится минимальным. Для того, чтобы определить хватит ли **0,61 мм** для нормальной работы редуктора, был произведен расчет температурного коэффициента линейного расширения стали η (ТКЛР) [3].

Исходя из материала вала в таблице ТКЛР можно подобрать необходимый коэффициент. При температуре нагревания от $t_1=20$ до $t_2=100^\circ\text{C}$, коэффициент примерно равен $\rho = 11,6 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$. Длина вала, для которого будет произведен расчет, равна $l = 70 \text{ мм}$ или **0,07 м**.

$$\eta = \rho \cdot (t_2 - t_1) \cdot l; \quad (1)$$

Выполним расчет по формуле (1):

$$\eta = 11,6 \cdot 10^{-6} \cdot (100 - 20) \cdot 0,07 = 0,0006 \text{ м} = 0,06 \text{ мм}$$

Данный расчет показывает, что в нашем случае при возможном расширении ступени вала под воздействием температуры будет *запас* в: $0,61 - 0,06 = 0,55 \text{ мм}$. При необходимости, технологически можно увеличить глубину стакана крышки редуктора, для большего запаса в зазоре, если это необходимо при эксплуатации.

Кроме того, следующим этапом был произведен теоретический расчет размерной цепи узла, схема РЦ представлена на рисунках 7 и 8.

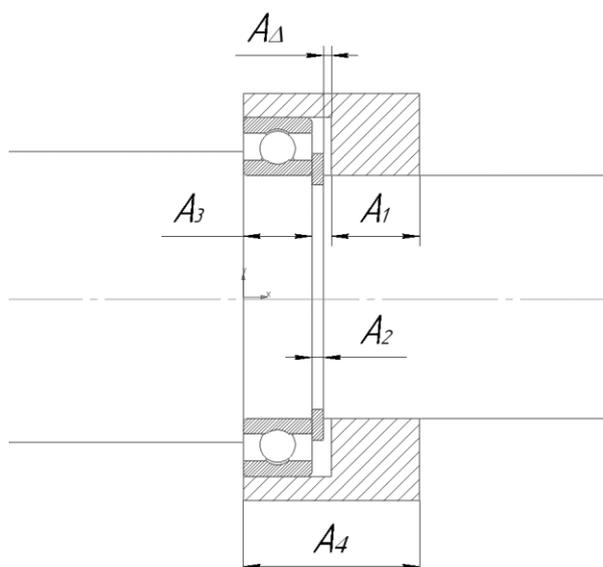


Рисунок 7. Схема размерной цепи на чертеже модели

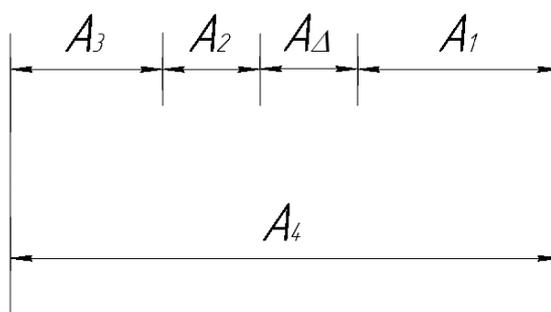


Рисунок 8. Схема размерной цепи

Расчет был произведен методом обеспечивающим полную взаимозаменяемость (max - min), исходные данные представлены в таблице 1. В представленных данных необходимо рассмотреть величину зазора с допуском по нижнему $A_{\Delta_{нм}}$ и верхнему $A_{\Delta_{нб}}$ пределу, а также величину самого допуска, верхнего ESA_{Δ} и нижнего EIA_{Δ} [4].

Таблица 1. Исходные данные

Наименование звеньев	Обозначение	Размеры и отклонения, мм
A_{Δ}	Зазор	$0,8_{-0,19}^{+0,19}$
A_1	Глубина места под подшипник в стакане крышки редуктора	$9JS10_{-0,029}^{+0,029}$
A_2	Толщина стопорного кольца	1,3 мм
A_3	Толщина подшипника	7 мм
A_4	Длина стакана	$18js14_{-0,215}^{+0,215}$

$$A_{\Delta} = A_4 - (A_3 + A_2 + A_1), \quad (2)$$

$$A_{\Delta} = 18 - (9 + 1,3 + 7) = 0,7 \text{ мм} - \text{величина зазора};$$

$$A_{\Delta_{нб}} = A_{4_{нб}} - (A_3 + A_2 + A_{1_{нб}}), \quad (3)$$

$$A_{\Delta_{н\bar{o}}} = 18,215 - (1,3 + 7 + 9,029) = 0,886 \text{ мм} - \text{допуск по верхнему пределу};$$

$$A_{\Delta_{нм}} = A_4 - (A_3 + A_2 + A_1), \quad (4)$$

$$A_{\Delta_{нм}} = 17,785 - (1,3 + 7 + 8,971) = 0,514 \text{ мм} - \text{допуск по нижнему пределу};$$

$$T_{A_{\Delta}} = 0,114 + 0,486 = 0,6 \text{ мм} - \text{общая величина допуска на зазор};$$

$$ESA_{\Delta} = \sum_{i=1}^n ESA_i - \sum_{i=1}^p EIA_i = 0,215 - (0 + 0,029) = 0,186 \text{ мм} - \text{величина верхнего}$$

допуска;

$$EIA_{\Delta} = \sum_{i=1}^n EIA_i - \sum_{i=1}^p ESA_i = -0,215 - (0 - 0,029) = -0,186 \text{ мм} - \text{величина нижнего}$$

допуска.

На основании сравнительных данных полученных разными способами расчёта размерных цепей, можно сделать заключение, что теоретический метод расчета соответствует расчетам размерной цепи с помощью КОМПАС 3D. Это позволяет упростить работу с производением расчетов над более сложными моделями и конструкциями. С помощью САПР возможно не только производить расчеты размерных цепей, но и выполнять наиболее глубокие расчеты конструкций, по сравнению с теоретическими методами расчётов, на решение которые требуется наибольшее количество времени и сил затраченных на выполнение аналогичных задач.

Список литературы

1. Анухин В. И. Допуски и посадки: Учебное пособие. 5-е изд. - СПб.: Питер, 2012. - 256 с.
2. Деканоидзе Э.М. Проектирование вала редуктора и его исполнений в системе Компас-3D / Анашкина Е.В., Деканоидзе Э.М. // Вестник молодых ученых Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна - 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39387310>.
3. Температурный коэффициент линейного расширения стали: [Электронный ресурс]. URL: <http://thermalinfo.ru/svoystva-materialov/metally-i-splavy/temperaturnyj-koeffitsient-linejnogo-rasshireniya-stali>.
4. ГОСТ 2.052-2015 Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения [Текст]. - Взамен ГОСТ 2.052-2006; Введ. 01.03.2017. - Москва: Стандартинформ, 2018.

References

1. Anukhin V. I. Tolerances and landings: Textbook. 5th ed. - SPb .: Peter, 2012. - pp. 256 [in Russian].
2. Dekanoidze E.M. Designing the gearbox shaft and its versions in the Compass-3D system / Anashkina E.V., Dekanoidze E.M. // Bulletin of young scientists of the St. Petersburg State University of Technology and Design - 2019. [Electronic resource]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39387310> [in Russian].
3. The temperature coefficient of linear expansion of steel: [Electronic resource]. URL: <http://thermalinfo.ru/svoystva-materialov/metally-i-splavy/temperaturnyj-koeffitsient-linejnogo-rasshireniya-stali> [in Russian].

4. GOST 2.052-2015 Unified system for design documentation. Electronic model of the product. General Provisions [Text]. - Instead of GOST 2.052-2006; Enter 03/01/2017. - Moscow: Standartinform, 2018 [in Russian].