

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Технологии и оборудование машиностроения»

Курсовая работа
по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация»
на тему «Нормирование точности и выбор средств измерения деталей
механизма опоры зубчатой передачи»

ПГУ 3.4-4.15.03.05.022

Направление подготовки—15.03.05 Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств
Профиль подготовки – Технология машиностроения

Выполнил студент:

Группа:

Руководитель:

к.т.н., доцент

Буныгин Д.А.
213ММ31

Сорокина Н.В.

Работа защищена с оценкой

Дата защиты

хорошо
22.06.2023г.

2023

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

«УТВЕРЖДАЮ»
Зав. кафедрой «ТОМ»,
д.т.н., профессор
А.Е. Зверовщиков

ЗАДАНИЕ

на курсовую работу по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация»

ВАРИАНТ 2

Тема «Нормирование точности и выбор средств измерения деталей механизма опоры зубчатой передачи»

1. Описание работы механизма опоры зубчатой передачи (рисунок 1).

Вращение от звездочки 2 через шпонку 3 передается на валик 4, опорами которого являются подшипники качения 9 6-го класса точности, находящиеся в корпусе 10. На валике 4 по посадке с натягом насажено зубчатое колесо 11. Звездочка 2 поджимается гайкой 1. Крышка 6 крепится к корпусу 10 винтами 7.

Материал зубчатого колеса 11 – сталь 40Х термообработанная, материал валика 4 – сталь 45. Тип производства – мелкосерийное.

2. Исходные данные к заданиям:

Таблица 1 - Размеры соединений, нагрузки и условия работы

№ варианта	Размеры соединений, мм						Соединение 4-11			Подшипник 9	
	2-4	4-5	4-11 (d)	11 (d ₂)	4-9	1-4	Длина l, мм	Способ сборки	M _{кр} , Н·м	Радиальная нагрузка R, кН	Режим работы
2.1	25	25	30	45	25	M22	30	1	108	2,4	1
2.2	35	35	40	55	35	M32	35	2	115	5,8	2
2.3	40	40	45	60	40	M38	40	3	120	6,4	1
2.4	50	50	55	70	45	M48	55	1	160	8,5	2
2.5	60	60	65	85	50	M55	65	2	180	10,2	1

Таблица 2 - Размеры деталей, входящих в размерную цепь

№ варианта	A _Δ	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄ =A ₆	A ₅	A ₇
2.1	2 _{+1,0}	25	1	57	16 _{-0,12}	23	30
2.2	3 _{+1,0}	25	1	65	17 _{-0,12}	30	30
2.3	4 _{+1,0}	25	1	75	18 _{-0,12}	35	34
2.4	5 _{+1,0}	25	1	82	19 _{-0,12}	40	35
2.5	4 _{+1,0}	25	1	89	20 _{-0,12}	45	40

Таблица 3 - Параметры зубчатого колеса 11

№ варианта	Модуль m, мм	Число зубьев z, шт.	Ширина зуба B, мм	Частота вращения n, мин ⁻¹
2.1	1	88	18	350
2.2	1,5	65	20	280
2.3	2	58	22	400
2.4	1,8	72	16	320
2.5	2	78	24	460

Руководитель работы, к.т.н., доцент

Сорокина Н.В.

я.

Д.А.
131

Н.В.

РЕФЕРАТ

БУНЫГИН Д.А. Нормирование точности и выбор средств измерений деталей механизма опоры зубчатой передачи. Пояснительная записка включает 21 страницу, 10 рисунков, 2 таблицы, 5 источников, 1 приложение. Графическая часть содержит 1 лист формата А2 и 1 формата А3.

Ключевые слова: допуск, посадка, соединение, шпонка, резьба метрическая, подшипник качения, замыкающее звено.

Целью курсовой работы по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация», является более углубленное изучение теоретических основ, приобретение практических навыков по расчету, выбору и обозначению на чертежах допусков и посадок при проектировании типовых соединений деталей машин и другой нормативно-технической документации.

В пояснительной записке рассмотрены вопросы: выбор стандартных посадок в соединениях гладких цилиндрических деталей, расчет и выбор посадок подшипников качения, определение параметров метрической крепежной резьбы, нормирование допусков и назначение посадок шпоночных соединений, выбор и назначение параметров шероховатости, отклонений формы и расположения поверхностей, расчет размерных цепей.

В графической части приведены сборочный чертеж и детализовочный чертеж вала.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.....	2
1 ВЫБОР СТАНДАРТНЫХ ПОСАДОК В СОЕДИНЕНИЯХ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ.....	6
2 РАСЧЕТ И ВЫБОР ПОСАДОК ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ.....	10
3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МЕТРИЧЕСКОЙ КРЕПЕЖНОЙ РЕЗЬБЫ.....	12
4 НОРМИРОВАНИЕ ДОПУСКОВ И НАЗНАЧЕНИЕ ПОСАДОК ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....	14
5 РАСЧЕТ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ.....	16
ЛИТЕРАТУРА.....	19
ПРИЛОЖЕНИЕ	

1 ВЫБОР СТАНДАРТНЫХ ПОСАДОК В СОЕДИНЕНИЯХ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

1.1 Расчет и выбор посадок с натягом

Цель задания

Изучение методики определения допустимых значений минимального и максимального натяга, исходя из конструктивных особенностей и условий эксплуатации соединения, расчет и выбор стандартной посадки с натягом.

Порядок выполнения задания

Описание и характеристика (назначение и условия работы) соединения с натягом в заданной конструкции.

В данной конструкции с натягом соединяются (рисунок 1) валик 4 и зубчатое колесо 11. Размеры соединения $d=40\text{мм}$; $d_2=55\text{мм}$; $l=35\text{мм}$. Крутящий момент $M_{кр}=115\text{Нм}$.

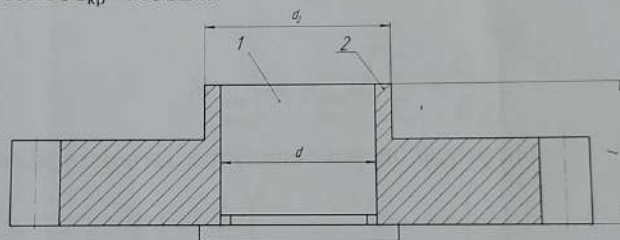


Рисунок 1 – Эскиз соединения с натягом

Материал деталей: зубчатое колесо – сталь 40Х, валика - сталь 45.

Соединение с натягом собирается вторым способом – продольная сборка.

Выбор физико-механических свойств охватываемой (1) и охватывающей (2) деталей по таблице [1].

Таблица 1 – Физико-механические свойства материалов

Марка материала	Модуль упругости $E \cdot 10^{11}, \text{Па}$	Коэффициент Пуассона μ	Предел текучести $\sigma_t, \text{МПа}$
Сталь 45	2,04	0,3	353
Сталь 40Х	2,0	0,3	786

Определение значение минимального контактного давления $P_{\min}$ в соединении из условия его неподвижности при действии крутящего момента:

$$P_{\min} = \frac{2M_{кр}}{\pi d^2 l f_{кр}} = \frac{2 \cdot 115}{3,14 \cdot 40^2 \cdot 10^{-6} \cdot 35 \cdot 10^{-3} \cdot 0,3} = 4,4 \cdot 10^6 \text{ Па} = 4,4 \text{ МПа}.$$

Коэффициент трения сцепления $f_{кр}$ в данном соединении с натягом при продольной сборке равен 0,3.

Определение значения максимально допустимого контактного давления в соединении P_{max} из условия отсутствия пластической деформации охватываемой и охватывающей деталей:

$$P_{max_1} = 0,58 \sigma_{T_1} \left[1 - \left(\frac{d}{d_1} \right)^2 \right] = 0,58 \cdot 353 = 204,7 \text{ МПа};$$

$$P_{max_2} = 0,58 \sigma_{T_2} \left[1 - \left(\frac{d}{d_2} \right)^2 \right] = 0,58 \cdot 786 \left[1 - \left(\frac{40}{55} \right)^2 \right] = 214,7 \text{ МПа}.$$

Для дальнейшего расчета необходимо выбрать меньшее значение (относящееся к менее жесткой детали)

$$P_{max} = 204,7 \text{ МПа}.$$

Определение минимального N'_{min} и максимального N'_{max} натягов по формуле:

$$N'_{(min)} = p_{min} d \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right),$$

где C_1 и C_2 – коэффициенты, определяемые по формулам:

$$C_1 = \frac{1 + \left(\frac{d_1}{d} \right)^2}{1 - \left(\frac{d_1}{d} \right)^2} - \mu_1 \quad \text{и} \quad C_2 = \frac{1 + \left(\frac{d}{d_2} \right)^2}{1 - \left(\frac{d}{d_2} \right)^2} + \mu_2.$$

$$C_1 = 1 - 0,3 = 0,7. \quad C_2 = \frac{1 + \left(\frac{40}{55} \right)^2}{1 - \left(\frac{40}{55} \right)^2} + 0,3 = 3,55.$$

$$N'_{min} = 4,4 \cdot 10^6 \cdot 40 \cdot 10^{-3} \left(\frac{0,7}{2,04 \cdot 10^{11}} + \frac{3,55}{2 \cdot 10^{11}} \right) = 4 \text{ мкм},$$

$$N'_{max} = 204,7 \cdot 10^6 \cdot 40 \cdot 10^{-3} \left(\frac{0,7}{2,04 \cdot 10^{11}} + \frac{3,55}{2 \cdot 10^{11}} \right) = 173,4 \text{ мкм}.$$

Определение поправки ΔN_R , учитывающей срез и смятие неровностей, по формуле:

$$\Delta N_R = 5 (R_{a_1} + R_{a_2}).$$

Для деталей, соединяемых продольным методом выбираем

$$R_{a_1} = 0,8 \text{ мкм}; \quad R_{a_2} = 1,6 \text{ мкм}.$$

$$\Delta N_R = 5(0,8 + 1,6) = 12 \text{ мкм}.$$

					ПГУ 3.4-4.15.03.05.022 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

9 РАСЧЕТ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Цель работы

Установить допуски и предельные отклонения на составляющие звенья размерной цепи.

Порядок выполнения задания

Составить схему размерной цепи (рисунок 10). Размерная цепь, указанная в задании, является конструкторской, сборочной, линейной. Она состоит из 6 составляющих звеньев $A_1 \dots A_7$ и замыкающего звена A_Δ .

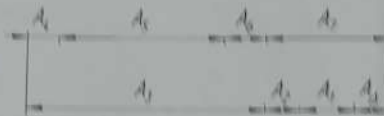


Рисунок 10 – Схема размерной цепи

Звенья $A_4 \dots A_7$ являются увеличивающими, так как при их увеличении увеличивается замыкающее звено, а звенья $A_1 \dots A_3$ являются уменьшающими, так как при их увеличении уменьшается замыкающее звено. Номинальные размеры составляющих звеньев известны по заданию:

$$A_1 = 25 \text{ мм};$$

$$A_2 = 1 \text{ мм};$$

$$A_4 = A_6 = 17_{-0,12} \text{ мм};$$

$$A_3 = 65 \text{ мм};$$

$$A_5 = 30 \text{ мм};$$

$$A_7 = 30 \text{ мм}.$$

Размеры замыкающего звена также заданы: $A_\Delta = 3_{-1,0} \text{ мм}$.

Решить прямую задачу, т.е. назначить допуски и предельные отклонения на составляющие звенья размерной цепи. На первом этапе выбрать метод полной взаимозаменяемости и способ равной точности составляющих звеньев.

Средняя точность составляющих звеньев определяется по числу единиц допуска:

$$a = \frac{TA_\Delta - TA_1 - TA_2}{\sum_{k=1}^n i_k},$$

где a – число единиц допуска; TA_Δ – допуск замыкающего звена, мкм; TA_1 , TA_2 – допуски звеньев, известные из задания; i_k – единица допуска k -го звена; n – число составляющих звеньев.

Величина допуска замыкающего звена определяется по формуле:

$$TA_\Delta = ESA_\Delta - EIA_\Delta = 0 - (-1) = 1,0 \text{ мм}.$$

Единицы допусков для составляющих звеньев i_k находятся из таблицы [1] в зависимости от номинальных размеров

Лист	№ докум	Подпись	Дата
------	---------	---------	------

ПГУ 3.4-4.15.03.05.022 ПЗ

Лист

15

$$a = \frac{1000 - 120 - 120}{1,31 + 0,55 + 1,86 + 1,31 + 1,31} = 120.$$

По таблице [1] определяется ближайший более точный квалитет, которым является 11-й при $a=100$. Поля допусков охватывающих размеров назначаются как на основные отверстия – $H11$, а на охватываемые размеры как на основной вал – $h11$. Допуски и предельные отклонения не указывают на одно из составляющих звеньев, называемое увязывающим, обычно самое простое в изготовлении. В данной конструкции в качестве увязывающего звена принимается $A_2=1\text{мм}$.

С учетом вышеизложенного имеем составляющие звенья с предельными отклонениями:

$$A_1=25h11_{-0,13}^{\text{мм}};$$

$$A_3=65h11_{-0,19}^{\text{мм}};$$

$$A_4=A_6=17_{-0,12}^{\text{мм}};$$

$$A_5=30H11_{+0,13}^{\text{мм}};$$

$$A_7=30H11_{+0,13}^{\text{мм}}.$$

Номинальный размер замыкающего звена A_Δ определяется по формуле:

$$A_\Delta = \sum_{i=1}^p A_{iув} - \sum_{i=1}^{m-1} A_{iум}$$

где $A_{iув}$ – номинальные размеры увеличивающих звеньев; $A_{iум}$ – номинальные размеры уменьшающих звеньев; таким образом,

$$A_\Delta = (17+17+30+30)-(25+1+65)=3\text{мм}.$$

Предельные отклонения в допуск замыкающего звена по заданию составляют:

$$ESA_\Delta = 0\text{мм};$$

$$EIA_\Delta = -1,0\text{мм};$$

$$TA_\Delta = ESA_\Delta - EIA_\Delta = 0 - (-1,0) = 1,0\text{мм}.$$

Допуск и предельные отклонения увязывающего звена определяется из выражений:

$$TA_{2увяз} = TA_\Delta - \sum_{i=1}^p TA_{iув} - \sum_{i=1}^{m-2} TA_{iум} = 1,0 - 0,12 - 0,12 - 0,1 - 0,13 - 0,13 - 0,19 = 0,21\text{мм};$$

$$ESA_{2увяз} = \sum_{i=1}^p EIA_{iув} - \sum_{i=1}^{m-2} ESA_{iум} - EIA_\Delta = (-0,12 - 0,12) + 1,0 = 0,76\text{мм};$$

$$EIA_{2увяз} = \sum_{i=1}^p ESA_{iув} - \sum_{i=1}^{m-2} EIA_{iум} - ESA_\Delta = (0,13 + 0,13) - (-0,13 - 0,19) = 0,58\text{мм}.$$

$$TA_2 = ESA_2 - EIA_2 = 0,76 - 0,58 = 0,18\text{мм}.$$

Таким образом, допуски и предельные отклонения назначены на все размеры, входящие в размерную цепь.

Решить обратную задачу, т.е. определить допуск и предельные отклонения на замыкающее звено размерной цепи.

Допуск замыкающего звена

$$TA'_\Delta = \sum_{i=1}^p TA_{iув} + \sum_{i=1}^{m-1} TA_{iум} = 0,12 + 0,12 + 0,1 + 0,13 + 0,13 + 0,19 + 0,21 = 1\text{мм}.$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПГУ 3.4-4.15.03.05.022 ПЗ	Лист
						16

Предельные отклонений замыкающего звена

$$ESA'_A = \sum_{i=1}^p ESA_{A_i} - \sum_{i=1}^{p-1} ELA_{A_i} = (0,13+0,13)-(-0,13-0,19+0,58) = 0\text{мм.}$$

$$ELA'_A = \sum_{i=1}^p ELA_{A_i} - \sum_{i=1}^{p-1} ESA_{A_i} = (-0,12-0,12)-0,76 = -1,0\text{мм.}$$

Составить условие проверки правильности решения размерной цепи:

$$\begin{cases} TA'_A \leq TA_A; \\ ESA'_A \leq ESA_A; \\ ELA'_A \geq ELA_A. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 1,0 \leq 1,0; \\ 0 \leq 0; \\ -1,0 \geq -1,0. \end{cases}$$

Таким образом, допуски и предельные отклонения назначены на все размеры, входящие в размерную цепь верные.

					ПГУ 3.4-4.15.03.05.022 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

ЛИТЕРАТУРА

- 1) Метрология, стандартизация и сертификация: методические указания к выполнению курсовой работы / сост.: А.Н. Машков, Н.В. Сорокина, Ю.Н. Кошелева. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2012. – 80 с.
- 2) Метрология, стандартизация и сертификация. В 2 т.: учебник для академического бакалавриата. Т.1 / Яков Михайлович Радкевич, Александр Георгиевич Схиртладзе. – 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт., 2015. - 234 с.
- 3) Метрология, стандартизация и сертификация. В 2 т.: учебник для академического бакалавриата. Т.2 / Яков Михайлович Радкевич, Александр Георгиевич Схиртладзе. – 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт., 2015. - 597 с.
- 4) Допуски и посадки: учебное пособие / В. И. Анухин. - 5-е изд. - СПб.: Питер, 2012. - 256 с.
- 5) Государственные стандарты.

					ПГУ 3.4-4.15.03.05.022 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18