1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Каждый студент выполняет предусмотренную учебным планом контрольную работу, включающую три задачи и ответы на три контрольных вопроса.

Контрольная работа представляется в установленные сроки на проверку преподавателям кафедры ПР-2 «Метрология, сертификация и диагностика».

* 1. Цель контрольной работы:

- закрепить теоретические знания по курсам «Взаимозаменяемость», «Метрология, стандартизация, сертификация и взаимозаменяемость», «Метрология, стандартизация и сертификация», приобретенные при изучении лекционного материала и самостоятельном изучении материала по учебникам и учебным пособиям;

- приобрести практические навыки по расчету параметров посадок цилиндрических соединений и по решению задач размерных цепей;

- закрепить знания по обработке результатов прямых измерений и по расчету размерных цепей.

* 1. 2. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задача 1. Определение допусков и параметров посадок гладких

 цилиндрических соединений

Для посадки, заданной в табл. 2.1-2.4:

- выписать из табл. 6.3, 6.4 или 6.5 основные отклонения и рассчитать допуски на изготовление вала и отверстия по формуле *ITq = a∙i* (где *q* – номер квалитета, *a* – число единиц допуска, *i* –единица допуска), определить параметры посадки (наибольшие и наименьшие зазоры или натяги)и допуск посадки *TS* (*TN*);

- построить схему расположения полей допусков, вычертить эскизы вала и отверстия и проставить на них размеры с предельными отклонениями;

- охарактеризовать посадку (в какой она системе, с зазором, переходная или с натягом, предпочтительного или непредпочтительного применения).

Задача 2. Расчет допусков размеров, входящих в размерные цепи

 Для изделия, эскиз которого приведен на рис. 1 – 11, а размеры и предельные отклонения звеньев – в табл. 2.1, 2.2, 2.3, 2.4:

- найти замыкающее звено *А*Δ и построить схему размерной цепи;

- вычислить нижнее и верхнее отклонение, допуск и координату середины поля допуска замыкающего звена.

Задачу решить методом полной взаимозаменяемости (максимума-минимума) и теоретико-вероятностным методом, задавшись *А*1 , *А*2 , *А*3 , *А*4 . Дать оценку целесообразности применения этих методов расчета.

Задача 3. Обработка результатов измерений

 По данной в табл. 2.1-2.4 выборке объема *n* = 6 или *n* = 7 случайной величины *xi* и доверительной вероятностью *Pq* определить: точечную оценку математического ожидания (м.о.) и точечную оценку ее дисперсии, а также интервальную оценку для м.о. случайной величины.

Таблица 2.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №№задач | Пара-метры | Последние две цифры шифра студента |
| 00 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 |
| 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 |
| 1 | D, ммПосадка | 35 | 115 | 200 | 180 | 100 | 120 | 300 | 40 | 50 | 15 |
|  2  | Размер, мм | Рис.А1А2А3А4 | 1125320 | 23033-- | 39553050 | 488183530 | 5401515- | 69030999 | 760103910 | 8351302 | 920512010 | 1080203025 |
| Допуск | ТА1ТА2ТА3 ТА4 | *H*7*F*8*K*6*H*7 | *E*9*d*8-- | *H*8*G*7*H*8*n*7 | *H*7*D*9*N*8*h*6 | *H*9*E*9*e*8- | *H*8*r*6*K*7*f*8 | *G*7\**m*7\* | *E*9*h*8*H*8*e*8 | *F*7*H*9*g*6*f*7 | *H*9*N*8*E*8*d*9 |
| 3 | х1х2х3х4х5х6х7 | 1,11,11,21,21,11,21,1 | 1,51,41,41,41,61,3- | 103100102102102100101 | 1,71,81,81,71,61,71,6 | 913914914915915914915 | 7,17,17,27,17,27,17,1 | 8,38,38,48,48,48,3- | 212211211210209211209 | 5,15,05,05,15,15,35,2 | 111110111110112109110 |
| *Pq* | 0,8 | 0,9 | 0,8 | 0,8 | 0,995 | 0,995 | 0,8 | 0,9 | 0,995 | 0,955 |
| №№ контрольныхвопросов | 12651 | 22752 | 32853 | 42954 | 53055 | 63156 | 73257 | 83358 | 93459 | 103560 |

Продолжение табл. 2.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №№ задач | Пара-метры | Последние две цифры шифра студента |
| 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 |
| 1 | D, ммПосадка | 10 | 33 | 115 | 200 | 150 | 62 | 74 | 70 | 175 | 80 |
|  2  | Размер, ммРазмер, мм | Рис.А1А2А3А4 | 11609010- | 1230422 | 24043-- | 399194035 | 480103036 | 12802550 | 27072-- | 39973060 | 49672060 | 5661515- |
| Допуск | ТА1ТА2ТА3 ТА4 | *H*7*e*7*K*7- | *G*6*H*7*d*9*f*8 | *G*7*M*7-- | *H*9*D*8*s*7*E*8 | *E*9*h*8*f*8*M*8 | *K*7*H*8*g*6*r*6 | *H*9*f*9-- | *P*7*H*7*e*9*p*6 | *H*8*D*8*e*8*K*7 | *p*6*h*7*n*6- |
| 3 | х1х2х3х4х5х6х7 | 3,13,23,13,13,03,33,0 | 313311311311312313311 | 7,37,17,17,17,27,37,1 | 7,07,06,97,16,96,9- | 9,39,59,59,49,39,39,5 | 115114115115114115- | 8,08,18,18,28,08,18,0 | 112113113112114114- | 1,91,81,81,92,01,81,8 | 5,05,15,05,05,1-- |
| *Pq* | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 0,999 | 0,999 | 0,995 | 0,995 | 0,8 |
| №№ контрольныхвопросов | 113661 | 253762 | 123863 | 133964 | 144065 | 154164 | 164263 | 174362 | 184461 | 194560 |

Примечание к табл. 2.1 – 2.4: знак \* означает, что для ширины кольца подшипника (размеры А2 и А4) принять нижнее отклонение *ei* = – 120 мкм, а верхнее отклонение *es* = 0.

 А1 А4 А3 А2





 А2 А1

 Рис. 1 Рис.2

|  |
| --- |
| А3 |

|  |
| --- |
| А2 |

 А4  А3

|  |
| --- |
| А4 |

 А2

|  |
| --- |
| А1 |

 А1

 Рис. 3 А1  Рис. 4

 А3 А2

 Рис. 5

Таблица 2.2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №№ задач | Пара-метры | Последние две цифры шифра студента |
| 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 |
| 1 | D, ммПосадка | 85 | 190 | 92 | 194 | 96 | 97 | 48 | 199 | 9 | 16 |
|  2  | Размер, мм | Рис.А1А2А3А4 | 68535899 | 797127112 | 11307535- | 1079402010 | 915033614045 | 8641,5601,5 | 795107410 | 12641050 | 21922-- | 33931011 |
| Допуск | ТА1ТА2ТА3 ТА4 | *F*8*h*8*G*7*H*8 | *F*8*\***js*7*\** | *N*7*h*6*js*6- | *Js*8*h*8*G*7*d*8 | *f*8*H*9*R*7*h*9 | *N*7*F*7*n*6*k*7 | *Js*8*\***N*8\* | *P*7*H*7*M*8*js*6 | *E*8*m*6-- | *h*8*K*7*p*6*H*8 |
| 3 | х1х2х3х4х5х6х7 | 7,67,57,57,67,67,67.4 | 0,10,10,20,20,20,20,1 | 3,03,03,13,03,33,13,2 | 211213214213211212210 | 6,16,36,26,26,26,16,2 | 10101111141211 | 15141513131415 | 3,53,63,53,43,63,63,5 | 20222120202119 | 117118118117117118117 |
| *Pq* | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 0,9 | 0,995 | 0,995 | 0,8 | 0,9 | 0,999 | 0,999 |
| №№ контрольныхвопросов | 204659 | 214758 | 224860 | 234961 | 245062 | 252663 | 242764 | 232865 | 222966 | 213060 |

 А2 А1

 А1

 А3 А4 А3 А2 А3 А4

|  |
| --- |
| А4 |



 Рис. 6 . Рис. 7

|  |
| --- |
| А1 |

|  |
| --- |
| А3 |

|  |
| --- |
| А2 |

 Рис. 8

 Таблица 2.3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №№ задач | Пара-метры | Последние две цифры шифра студента |
| 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 |
| 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 |
| 1 | D, ммПосадка | 10 | 18 | 30 | 18 | 12 | 20 | 30 | 35 | 240 | 50 |
|  2  | Размер, мм | Рис.А1А2А3А4 | 49551520 | 8502452 | 914029914018 | 49551520 | 5924050- | 65050588 | 767183018 | 8483403 | 915030010048 | 108554010 |
| ДопускДопуск | ТА1ТА2ТА3ТА4 | *H*9*R*7*h*8*r6* | *H*7*G*6*m*7*P7* | *F*7*H*8*s*7*H*7 | *H*9*R*7*h*8*js*6 | *P7**s*6*g*6- | *H*9*R*7*h*7*H*7 | *H*8*\***d*8\* | *P*7*H*7*js*7*h*8 | *H*8*Js*8*h*8*g*6 | *G*7*K*7*h*8*H*8 |
| 3 | х1х2х3х4х5х6х7 | 1,51,41,31,31,51,31,2 | 8,08,18,18,48,08,28,5 | 112113113110112112110 | 1,51,41,31,41,51,61,3 | 315315314315310314313 | 6,16,26,36,36,26,16,1 | 17181817171615 | 10111011101110 | 212212212211210212211 | 33333434343335 |
| *Pq* | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 0,999 |
| №№ контрольныхвопросов | 203161 | 193262 | 183363 | 173464 | 163365 | 153264 | 143163 | 133062 | 122961 | 112860 |

 А2  А1

 А1 А3 А4 А2

А4

 А3

|  |
| --- |
| А3 |

 Рис. 9 Рис. 10

|  |
| --- |
| А2 |

|  |
| --- |
| А1 |

 Рис. 11

Таблица 2.4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №№задач | Пара-метры | Последние две цифры шифра студента |
| 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 |
| 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 |
| 1 | D, ммПосадка | 80 | 75 | 360 | 65 | 50 | 19 | 25 | 30 | 32 | 55 |
|  2  | Размер, мм | Рис.А1А2А3А4 | 11257525- | 1095105015 | 920050025048 | 8592,5502,5 | 789185018 | 3332158 | 430583 | 5442010- | 65050980 | 781204020 |
| Допуск | ТА1ТА2ТА3 ТА4 | *K*7*H*8*f*8- | *K*7*H*8*p*6*f*8 | *H*7*Js*8*e*8*h*8 | *H*8*N*7*M*7*e*7 | *N*7*\***f*7*\** | *H*7*R*7*f*8*P*6 | *D*9*H*9*G*7*h*6 | *P*7*H*7*m*6- | *Js*8*H*8*n*7*f*6 | *P*7\**G*7\* |
| 3 | х1х2х3х4х5х6х7 | 9,29,19,29,39,29,19,3 | 902903903900903901900 | 81818280838283 | 25262527262524 | 75747470717372 | 1,51,51,41,31,41,61,5 | 50535250535450 | 18192021222223 | 73757074737072 | 5,15,55,25,45,35,25,3 |
| *Pq* | 0,999 | 0,9 | 0,995 | 0,995 | 0,9 | 0,8 | 0,999 | 0,999 | 0,995 | 0,995 |
| №№ контрольныхвопросов | 102759 | 92658 | 82757 | 72856 | 13166 | 52762 | 42863 | 32964 | 23065 | 13166 |

1. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Охарактеризуйте значение стандартизации в обеспечении высокого качества изделий?

2. Что представляет собой Государственная система стандартизации?

3. Какие основные цели и задачи стандартизации?

4. Что такое опережающая стандартизация?

5. Дайте определение и приведите примеры комплексной стандартизации?

6. Что такое унификация? Приведите примеры её применения в машиностроении.

7. Какие существуют категория стандартов и кем они утверждаются? Приведите примеры.

8. В чем заключается система управления качеством продукции?

9. Какие установлены стадия разработки стандарта? Краткое содержание этих стадий разработки.

10. Как построены рады предпочтительных чисел?

11. Поясните принцип обеспечения функциональной взаимозаменяемости стандартизируемых изделий.

12. Что такое основные и производные ряды предпочтительных чисел?

13. В чем сущность систем ЕСКД и ЕСТД? Какое значение имеет стандартизация технической документации при внедрении стандартов?

14. Что такое аттестация промышленной продукции и как она проводится?

15. Какие установлены категория качества промышленной продукции?

16. Что такое взаимозаменяемость? Дайте определение функциональной взаимозаменяемости и приведите примеры.

17. Что такое групповая взаимозаменяемость? Приведите примеры её применения.

18. Что называется погрешностью? Дайте определение случайных и систематических погрешностей. Приведите примеры.

19. Какие основные проблемы решает метрология?

20. Что такое средства измерений и как их классифицируют? Приведите примеры из области линейно-угловых измерений.

21. Что такое поверочная схема, где и как она применяется?

22. Дайте определение и приведите примеры прямых и косвенных измерений.

23. Какие задачи возложены на Государственную систему обеспечения единства измерений?

24. В каких случаях применяются для измерений вертикальные оптиметры? Изобразите оптическую схему трубки оптиметра.

25. Назовите рычажно-механические приборы для внутренних измерений. Как настраиваются перед измерением индикаторные нутромеры?

26. Выберите средства измерений валов 25*h*6 и 25*h*11.

27. Выберите средства измерений отверстий 25*Н*6 и 25*Н*11.

28. Приведите примеры применения автоматических средств контроля размеров в машиностроении.

29. Что такое измерительный преобразователь и как они подразделяются по принципу действия?

30. Как устроен и где применяется индикатор часового типа?

31. Назовите приборы для измерения параметров шероховатости. Напишите формулы для определения этих параметров.

32. Что такое дифференциальный и комплексный контроль? Приведите примеры.

33. Изобразите поля допусков гладких калибров для контроля вала *75r6*.

34. Изобразите поля допусков гладких калибров для контроля отверстия 75 *G*7.

35. Перечислите калибры для контроля деталей резьбового соединения М10 .

36. Перечислить факторы, учитываемые при выборе форм контроля и средств измерения.

37. Что такое гистограмма и эмпирическая кривая распределения? Приведите примеры.

38. Напишите выражения для определения суммарной погрешности измерения.

39. Как применяется закон нормального распределения случайных погрешностей при обработке результатов измерений. Что характеризуют математическое ожидание и дисперсия?

40. Систематические погрешности измерения и способы их обнаружения и исключения.

41. Приведите определение единицы длины - метра. Изобразите поверочную схему передачи этой единицы от эталона до изделия.

42. Что такое допуск размера и допуск посадки? Вычислите эти допуски для соединения 50.

43. Вычислить предельные размеры вала и отверстия соединения 100.

44. Наименьший зазор в соединении 95  равен 72 мкм, определить предельные отклонения вала и отверстия.

45. Определите в какой системе (системе вала или отверстия) и по какому квалитету выполнены размеры вала и отверстия в соединении 80 и 50.

46. Изобразите схемы расположения полей допусков валов и отверстий в системе вала и в системе отверстия.

47. Дайте определение основного отклонения вала (отверстия). Напишите формулы для определения предельных отклонений вала и отверстия по известному значению основного отклонения.

48. Изобразите поля допусков валов и отверстий: 25*р*6; 25*р*7; 25*Р*7; *50f*8; 50*F*8; 50*F*9. Определите допуски на изготовление этих деталей.

49. Какие посадки выбираются для подшипников качения 6 класса точности при местном нагружении колец подшипника? Вычертите поля допусков посадок с натягом, назначаемых для внутреннего кольца подшипника качения 6 класса точности при его циркуляционном нагружении.

50. Определите предельные отклонения размера втулки, допуск на расточку и квалитет точности, если действительные размеры втулки должны лежать в пределах от 95 до 95,022 мм при номинальном размере 95 мм. Как обозначаются эти размеры на чертеже?

51. Вычертите схему расположения гладких предельных калибров для контроля отверстия 50*Р*7 и вала 50*h*6. Как отличить по внешнему виду гладкие ПР и НЕ калибры?

52. Изобразите профилограмму и напишите формулы для определения параметров шероховатости. Приведите примеры обозначения этих параметров на рабочих чертежах деталей.

53. Изобразите на эскизах и поясните отклонения формы. Напишите формулы для подсчета овальности и конусообразности.

54. Что такое полное радиальное и торцевое биения? Как измерить биение? Поясните методику измерения биения.

55. Расшифруйте обозначенные на чертежах соединения

*d* – 8×36×40×7; *b* – 8×36×40 ×7; 50×2 ГОСТ 6033-80\* .

56. Перечислите виды центрирования шлицевых соединений с прямым и эвольвентным профилем зуба. Приведите области и примеры применения в машиностроении различных видов центрирования этих соединений.

57. Изобразите эскиз призматической шпонки, обозначенной на чертеже “Шпонка 18 × 11 × 100 ГОСТ 23360-78\*”, проставьте назначенные Вами допуски на каждый из размеров (*b, h, l*) шпонки.

58. Напишите развернутое выражение для суммарного допуска среднего диаметра резьбы болта и гайки. Вычертите схему расположения полей допусков болтов М 10 – 7 *g* и М 10 – 7*h*.

59. Какие установлены степени точности резьбы и как они выбираются? Изобразите схему расположения полей допусков резьбового соединения M 10 – 7*H*/8*g* и М 10 – 7*G*/8*h*.

60. Перечислите комплексные показатели точности передачи (колеса) по норме кинематической точности, обозначьте на чертеже точность силовой передачи и выберите комплекс параметров точности для её контроля.

61. Перечислите комплексные показатели точности передачи (колеса) по норме плавности работы. Выберите и обозначьте на чертёже точность скоростной передачи.

62. Перечислите комплексы контроля по нормам кинематической точности и плавности работы передачи. Назовите измерительные средства для контроля передачи.

63. Охарактеризуй норму бокового зазора передачи. Поясните, что такое наименьшее смещение исходного контура и допуск на его смещение.

64. Проанализируйте достоинства и недостатки и области применения двух методов (полной и неполной взаимозаменяемости) решения задач размерных цепей.

65. Сформулируйте прямую и обратную задачи размерных цепей и изложите последовательность их решения методом полной взаимозаменяемости. Приведите используемые при этом формулы.

 66. В чем суть метода регулирования, используемого при решении задач размерных цепей. Приведите примеры. Дайте оценку этого метода.

4. УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ РАБОТЫ

Контрольные работы должны выполняться в отдельной тетради, где правой стороны каждого листа следует оставлять чистую полосу шириной 4 см – для замечаний преподавателя.

В целях экономии времени и сокращения объема письменной работы - не рекомендуется переписывать в тетрадь условия задач.

Однако обязательно следует указывать номер каждой задачи и её наименование.

Прежде чем приступить к решению задач, следует хорошо усвоить учебный материал согласно программе курса и иметь стандарты и справочные материалы.

Графическая часть работы должна выполняться в строгом соответствии с требованиями ЕСКД. Расположение полей допусков отверстия и вала на схеме изображается на миллиметровой бумаге в масштабе М 1000:1, т.е. 1 мм на эскизе должен соответствовать отклонению от номинального размера в 1 мкм.

Результаты решения задач представляются в виде итоговых таблиц, образцы которых приведены ниже.

Ответы на контрольные вопросы после изучения учебного материала следует давать обоснованно, кратко и четко, не допуская переписывания учебников. Объем ответа на один вопрос не должен превышать 2-х страниц.

Работа должна выполняться аккуратно, чернилами, без исправлений результатов. Без выполнения этих указаний контрольная работа проверяться не будет.

5. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Димов Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебник для вузов. 3-е изд. – СПб.: Питер, 2010. – 464 с.

2. Анухин В. И. Допуски и посадки. Учебное пособие. 4-е изд. – СПб.: Питер, 2007. – 207 с.

3. Якушев А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М.: Машиностроение, 1979. – 344 с.

4. Дунин-Барковский И. В. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М.: Издательство стандартов, 1985 (1986).

5. Аристов А. И. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 384 с.

**Дополнительная литература**

6. Никифоров А. Д. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 2000. – 510 с.

7. Пухальский В. А., Стеценко А. В. Как читать чертежи и технологические документы. М.: Машиностроение, 2005. – 144 с.

8. Белкин И.М. Справочник по допускам и посадкам дал рабочего-машиностроителя. М.: Машиностроение, 1985. – 320 с.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

6.1. **Последовательность решения задачи 1**

Материал по решению задачи изложен в /5.1 / , /5.3/ (стр. 35-42; 151-180), /5.2 /, /5.8/ .

Пример: Из табл. 1.1. выписано соединение 145.

Эта запись означает соединение отверстия 145 *G*7 с валом 145 *h*6 номинального размера 145 мм, согласно ГОСТ 25346-82 в интервале номинальных размеров св. 120 до 180 мм. Определяем допуск отверстия 7-го квалитета и допуск вала 6-го квалитета по формуле *IТq = а****∙****i* , где *q* – номер квалитета; а – число единиц допуска, выбираемое в зависимо от квалитета по табл. 6.1 (для отверстия 7-го квалитета *а* = 16; для вала 6-го квалитета *а* = 10); *i* – единица допуска подсчитываемая по формуле:

*i* = 0,45

где *Dc* – среднее геометрическое граничных значений *D*min и *D*max интервала номинальных размеров.

*Dc* ===150 мм

где – *D*min и *D*max наименьшее и наибольшее граничные значения интервала номинальных размеров (для заданного примера *D*min = 120 мм;  *D*max = 80 мм).

Таблица 6.1.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *q* – квалитет | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| *а* | 7 | 10 | 16 | 25 | 40 |

*i* = 0,45 + 0,001 ***∙*** 150 = 2,52 мкм

Допуск отверстия *IТ7* = *а****∙****i* = 16 ***∙*** 2, 52 = 40,4 мкм.

Допуск вала *IТ6* = *а****∙****i* = 10 ***∙*** 2,52 = 25,3 мкм.

Полученные значения допуска сравниваем со значением допуска, приведенного в табл. 6.2.

Таблица 6.2

|  |  |
| --- | --- |
| Интервалы номинальныхразмеров, *мм* свыше до до | Квалитеты |
| 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|  1 3 3 6 6 10 10 18 18 30 30 50 50 80 80 120 120 180 180 250 250 315 315 400 400 500 | 456891113151820232527 | 68911131619222529323640 | 10121518212530354046525763 | 14182227333946546372818997 | 2530364352627487100115130140155 | 4048587084100120140160185210230250 | 607590110130160190220250290320360400 | 100120150180210250300350400460520570620 | 140180220270330390460540630720810890970 | 25030036043052062074087010001150130014001550 |

Вывод: рассчитанные допуска совпадают с табличными (с округлением дробных значений допуска).

Определение предельных отклонений отверстия 147 *G*7 и вала I45 *h*6. Отверстие 7-го квалитета с основным отклонением *G* является посадочным отверстием в системе вала, поэтому верхнее *ЕS* и нижнее *EI* отклонения со знаком “плюс”. Ближайшее к нулевой линии – нижнее отклонение *ЕI* является основным. Его значение находим по табл. 6.3 - 6.5.

Из табл. 6.3 выписываем основное отклонение для отверстия *ЕI*(*G*) = + 14 мкм. Тогда верхнее отклонение отверстия *ЕS* согласно рис. 12

*ЕS* = *ЕI* + *IТ*7 = +14 +40 = +54 мкм.

Таблица 6.3

Основные отклонения размеров отверстий и валов, предназначенных для посадок с зазором (все квалитеты)

|  |  |
| --- | --- |
| Интервалыноминальныхразмеров, ммсвыше до | Верхнее отклонение валов со знаком – («минус») |
| *a* | *b* | *c* | *cd* | *d* | *e* | *ef* | *f* | *fg* | *g* | *h* |
| Нижнее отклонение отверстий со знаком + («плюс») |
| *A* | *B* | *C* | *CD* | *D* | *E* | *EF* | *F* | *FG* | *G* | *H* |
|  1 3 | 270 | 140 | 60 | 34 | 20 | 14 | 10 | 6 | 4 | 2 | 0 |
|  3 6 | 270 | 140 | 70 | 46 | 30 | 20 | 14 | 10 | 6 | 4 | 0 |
|  6 10 | 280 | 150 | 80 | 56 | 40 | 25 | 18 | 13 | 8 | 5 | 0 |
| 10 14 | 290 | 150 | 95 | - | 50 | 32 | - | 16 | - | 6 | 0 |
| 14 18 |
| 18 24 | 300 | 160 | 110 | - | 65 | 40 | - | 20 | - | 7 | 0 |
| 24 30 |
| 30 40 | 310 | 170 | 120 | - | 80 | 50 | - | 25 | - | 9 | 0 |
| 40 50 | 320 | 180 | 130 |
| 50 65 | 340 | 190 | 140 | - | 100 | 60 | - | 30 | - | 10 | 0 |
| 65 80 | 360 | 200 | 150 |
| 80 100 | 380 | 200 | 170 | - | 120 | 72 | - | 36 | - | 12 | 0 |
| 100 120 | 410 | 240 | 180 |
| 120 140 | 460 | 260 | 200 | - | 145 | 85 | - | 43 | - | 14 | 0 |
| 140 160 | 520 | 280 | 210 |
| 160 180 | 580 | 310 | 230 | - | -- | - | - | - | - | - | - |
| 180 200 | 660 | 340 | 240 | - | 170 | 100 | - | 50 | - | 15 | 0 |
| 200 225 | 740 | 380 | 260 |
| 225 250 | 820 | 420 | 280 |
| 250 280 | 920 | 480 | 300 | - | 190 | 110 | - | 56 | - | 17 | 0 |
| 280 315 | 1050 | 540 | 330 |
| 315 350 | 1200 | 600 | 360 | - | 210 | 125 | - | 62 | - | 18 | 0 |
| 350 400 | 1360 | 680 | 400 |
| 400 450 | 1500 | 760 | 440 | - | 230 | 135 | - | 68 | - | 20 | 0 |
| 450 500 | 1650 | 840 | 480 |

Таблица 6.4

Основные отклонения размеров отверстий и валов,

 предназначенных для переходных посадок

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Интервалыномин.размеров, *мм* св. до  | Нижнее отклон.валов *ei* | Верхнее отклонение отверстий *ES* |
| *j* | *k* | *m* | *n* | *J* | *K* | *M* | *N* |
| Квалитеты |
| 5-6 | 7 | 4-7 | все | все | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 | 6 | 7 | 8 |
| 1 3 | –2 | –4 | 0 | +2 | +4 | +2 | +4 | +6 | 0 | 0 | 0 | –2 | –2 | –2 | –4 | –4 | –4 |
| 3 6 | –2 | –4 | +1 | +4 | +8 | +5 | +6 | +10 | +2 | +3 | +5 | –1 | 0 | +2 | –5 | –4 | –2 |
| 6 10 | –2 | –5 | +1 | +6 | +10 | +5 | +8 | +12 | +2 | +5 | +6 | –3 | 0 | +1 | –7 | –4 | –3 |
| 10 18 | –3 | –6 | +1 | +7 | +12 | +6 | +10 | +15 | +2 | +6 | +8 | –4 | 0 | +2 | –9 | –5 | –3 |
| 18 30 | –4 | –8 | +2 | +8 | +15 | +8 | +12 | +20 | +2 | +6 | +10 | –4 | 0 | +4 | –11 | –7 | –3 |
| 30 50 | –5 | –10 | +2 | +9 | +17 | +10 | +14 | +24 | +3 | +7 | +12 | –4 | 0 | +5 | –12 | –8 | –3 |
| 50 80 | –7 | –12 | +2 | +11 | +20 | +13 | +18 | +28 | +4 | +9 | +14 | –5 | 0 | +5 | –14 | –9 | –4 |
| 80 120 | –9 | –15 | +3 | +13 | +23 | +16 | +22 | +34 | +4 | +10 | +16 | –6 | 0 | +6 | –16 | –10 | –4 |
| 120 180 | –11 | –18 | +3 | +15 | +27 | +18 | +26 | +41 | +4 | +12 | +20 | –8 | 0 | +8 | –20 | –12 | –4 |
| 180 250 | –13 | –21 | +4 | +17 | +31 | +22 | +30 | +47 | +5 | +13 | +22 | –8 | 0 | +9 | –22 | –14 | –5 |
| 250 315 | –16 | –26 | +4 | +20 | +34 | +25 | +36 | +55 | +5 | +16 | +25 | –9 | 0 | +9 | –25 | –14 | –5 |
| 315 400 | –18 | –28 | +4 | +21 | +37 | +29 | +39 | +60 | +7 | +17 | +28 | –10 | 0 | +11 | –26 | –16 | –5 |
| 400 500 | –20 | –32 | +5 | +23 | +40 | +33 | +43 | +66 | +8 | +18 | +29 | –10 | 0 | +11 | –27 | –17 | –6 |

Примечание: для полей допусков *js* и *Js* предельные отклонения равны .

Для поля допуска вала “*k*” в квалитетах до 3-го и свыше 7-го основное отклонение *ei* (*EI*) = 0.

Таблица 6.5

Основные отклонения размеров отверстий и валов,

предназначенных для посадок с натягом

|  |  |
| --- | --- |
| Интервалыноминальныхразмеров, *мм*свыше до | Нижнее отклонение валов *ei* со знаком + («плюс») |
| *p* | *r* | *s* | *t* | *u* | *v* | *x* | *y* | *z* | *za* | *zb* | *zc* |
| Верхнее отклонение отверстий *ES* со знаком – («минус») |
| *P* | *R* | *S* | *T* | *U* | *V* | *X* | *Y* | *Z* | *ZA* | *ZB* | *ZC* |
|  1 3 | 6 | 10 | 14 | - | 18 | - | 20 | - | 26 | 32 | 40 | 60 |
|  3 6 | 12 | 15 | 19 | - | 23 | - | 28 | - | 35 | 42 | 50 | 80 |
|  6 10 | 15 | 19 | 23 | - | 28 | - | 34 | - | 42 | 52 | 67 | 97 |
|  10 14 14 18 | -18 | 223 | 228 | -- | 333 | -39 | 4045 | -- | 5060 | 6477 | 90108 | 130150 |
|  18 24 24 30 | -22 | 228 | 235 | -41 | 4148 | 4755 | 5464 | 6375 | 7388 | 98118 | 136160 | 188218 |
|  30 40 40 50 | -26 | 234 | 243 | 4854 | 6070 | 6881 | 8097 | 94114 | 112136 | 148180 | 200242 | 274325 |
|  50 65 65 80 | -32 | 4143 | 5359 | 6675 | 87102 | 102120 | 122146 | 144174 | 172210 | 226274 | 300360 | 405480 |
|  50 65 65 80 | -32 | 4143 | 5359 | 6675 | 87102 | 102120 | 122146 | 144174 | 172210 | 226274 | 300360 | 405480 |
|  80 100 100 120 | -37 | 5154 | 7179 | 91104 | 124144 | 146172 | 178210 | 214254 | 258310 | 335400 | 445525 | 585690 |
|  120 140 140 160 160 180 | -43 | 636568 | 92100108 | 122134146 | 170190210 | 202228252 | 248280310 | 300340380 | 365415465 | 470535600 | 620700780 | 8009001000 |
|  180 200 200 225 225 250 | -50 | 778084 | 122130140 | 166180196 | 236258284 | 284310340 | 350385425 | 425470520 | 520575640 | 670740820 | 8809601050 | 115012501350 |
|  250 280 280 315 | -56 | 9498 | 158170 | 218240 | 315350 | 385425 | 475525 | 580650 | 710790 | 9201000 | 12001300 | 15501700 |
|  315 355 355 400 | -62 | 108114 | 190208 | 268294 | 390435 | 475530 | 590660 | 730820 | 9001000 | 11501300 | 15001650 | 19002100 |
|  400 450 450 500 | -68 | 126132 | 232252 | 330360 | 490540 | 595660 | 740820 | 9201000 | 11001250 | 14501600 | 18502100 | 24002600 |

Дополнение к таблице 6.5

Верхние отклонения *ES* отверстий со знаком «–» (минус)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Интервалыноминальныхразмеров, ммсвыше до | *P*6 | *P*7 | *R*6 | *R*7 | *S*6 | *S*7 | *T*6 | *T*7 |
|  1 3 | 6 | 10 | 14 | - | 18 | - | 20 | - |
|  3 6 | 12 | 15 | 19 | - | 23 | - | 28 | - |
|  6 10 | 15 | 19 | 23 | - | 28 | - | 34 | - |
|  10 14 14 18 | 18 | 23 | 28 |  - | 33 | -39 | 4045 | -- |
|  18 24 24 30 | 22 | 28 | 35 | -41 | 4148 | 4755 | 5464 | 6375 |
|  30 40 40 50 | 26 | 34 | 43 | 4854 | 6070 | 6881 | 8097 | 94114 |
|  50 65 65 80 | 32 | 4143 | 5359 | 6675 | 87102 | 102120 | 122146 | 144174 |
|  50 65 65 80 | 32 | 4143 | 5359 | 6675 | 87102 | 102120 | 122146 | 144174 |
|  80 100 100 120 | 37 | 5154 | 7179 | 91104 | 124144 | 146172 | 178210 | 214254 |
|  120 140 140 160 160 180 | 43 | 636568 | 92100108 | 122134146 | 170190210 | 202228252 | 248280310 | 300340380 |
|  180 200 200 225 225 250 | 50 | 778084 | 122130140 | 166180196 | 236258284 | 284310340 | 350385425 | 425470520 |
|  250 280 280 315 | 56 | 9498 | 158170 | 218240 | 315350 | 385425 | 475525 | 580650 |
|  315 355 355 400 | 62 | 108114 | 190208 | 268294 | 390435 | 475530 | 590660 | 730820 |
|  400 450 450 500 | 68 | 126132 | 232252 | 330360 | 490540 | 595660 | 740820 | 9201000 |

Аналогично, находим предельные отклонения для вала 145 *h*6. Этот вал является основным валом, для которого основное отклонение (верхнее отклонение) *ЕI* = 0. Тогда, нижнее отклонение вала, согласно рис. 12

*ei* = *es* – *IT*6 = 0 – 25 = –25 мкм.

Полученные расчетом предельные отклонения отверстия и вала сравниваем с табличными (см. /5.2/, /5.3/ или /5.8/).

Параметры посадки с зазором:

наибольший *S*max , наименьший *S*min зазоры и допуск посадки с зазором находим по формулам:

*S*max= *ES* – *ei* = +54 –(–25) = 79 мкм, *S*min = *EI* – *es* =+14 – 0 = 14 мкм,

*TS* = *S*max – *S*min = 79 – 14 = 65 мкм или  *TS* = *IT*7 + *IT*6 = 40 + 25 = 65 мкм.

Схема расположения полей допусков отверстий и вала и их эскизы с проставленными размерами приведены на рис. 12, а итоговые данные сведены в табл. 6.6.

Таблица 6.6

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Отклонения, мкм | Допуски, мкм | Зазоры, натяги, мкм |
| *ES* | *EI* | *es* | *ei* |  *IT*7(*TD*) |  *IT*6(*Td*) | *TS* | *S*max |  *S*min |  *N*max | *N*min |
| +54 | +14 | 0 | – 25  | 40 | 25 | 65 | 79 | 14 | - | - |



Рис. 12

ВЫВОД: заданная посадка является посадкой с зазором в системе вала. Данная посадка является посадкой предпочтительного применения.

6.2. **Последовательность решения задачи 2**

Дано: *А*1 = 150 *Н*7; *А*2 = 18 *G*7 и *А*3 = 90 *n*6 (рис. 5).

Найти: *A*Δ, *TA*Δ, *Ec*(*A*Δ), *Ei*(*A*Δ) и *Es*(*A*Δ) – соответственно номинальный размер замыкающего звена, его допуск, координаты середины поля допуска и предельные отклонения замыкающего звена.

Решение:

 На основе рис. 5 нужно построить размерную цепь и по ней составить уравнение размерной цепи, которое в общем случае имеет следующий вид:

 (6.1)

где *q* – число составляющих звеньев, *р* – число увеличивающих звеньев.

  (6.2)

 (при *t* = 3, *λj* =, *j* = 1, …, *q*)

  (6.3)

 (6.4)

 (6.5)

 , (6.6)

где *Aj* , *TAj* , *Ec*(*Aj*), *j* = 1,…, *q* – номинальные размеры, величины допусков и отклонения середины полей допусков составляющих звеньев. *Es*(*A*Δ) и *Ei*(*A*Δ) – соответственно верхнее и нижнее предельные отклонения замыкающего звена.

Размерная цепь, соответствующая рис. 5 изображена на рис. 13.

 *A*1 = 150

 *A*3 = 90  *A*Δ *A*2 = 18

Рис. 13

Для неё имеем *р* = 1, *q* = 3.

По формуле (4.1) находим

*A*Δ = *A*1 – (*A*2 + *A*3) = 150 – (18 + 90) = 42 мм.

Далее, используя один из источников / 5.2, 5.3, 5.8 / и выражение 6.6 находим *TAj* , *Ec*(*Aj*), *j* = 1, 2, 3 и оформляем таблицу 6.7.

Таблица 6.7

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Звено А | Размер звена, *мм* | Отклонение звеньев, *мкм* | Допуск звеньев, *мкм* | Координата середины поля допуска, *мкм Ec*(*Aj*)  |
| *Es*(*Aj*)  | *Ei*(*Aj*)  | *TAj* | (*TAj*)2 |
| *A*2*A*3 | 1890 | Уменьшающие звенья | 324484 | + 15+ 34 |
| + 24+ 45 | + 6+ 23 | 1822 |
| *A*1 | 150 | Увеличивающее звено | 1600 | + 20 |
| + 40  | 0 | 40 |

По формуле (6.3) будем иметь:

*Ec*(*A*Δ) = *Ec*(*A*1) – (*Ec*(*A*2) + *Ec*(*A*3)) = 20 – (15 + 34) = – 29 мкм.

4.2.1. Определение поля допуска замыкающего звена методом полной взаимозаменяемости

 По выражению (6.2) получим:

*TA*Δ = *TA*1 + *TA*2 + *TA*3 = 40 + 18 + 22 = 80 мкм.

Предельные отклонения определяются на основе (6.4) и (6.5)

*Es*(*A*Δ) = – 29 +  = + 11 мкм

*Ei*(*A*Δ) = – 29 –  = – 69 мкм.

В результате размер замыкающего звена равен .

 Проверяем правильность решения задачи по формулам

 = 40 – (+29) = + 11 мкм

 = 0 – (+69) = – 69 мкм.

Сопоставляя полученные результаты, заключаем, что задача решена верно.

4.2.2. Определение поля допуска замыкающего звена вероятностным методом.

 По выражению (6.2) получим:

*TA*Δ =  =  = 49 мкм.

Предельные отклонения замыкающего звена, рассчитанные по формулам (6.4) и (6.5) равны

 = – 29 + 24,5 = – 4,5 мкм

 = – 29 – 24,5 = – 53,5 мкм

 Проверяем правильность вычислений

*TA*Δ = *Es*(*A*Δ) – *Ei*(*A*Δ) = – 4,5 – (– 53,5) = 49 мкм.

Расчеты верны. Размер замыкающего звена равен .

ВЫВОД: При теоретико-вероятностном методе при незначительном риске Р = 0,27 % поля допусков составляющих звеньев могут быть расширены почти в два раза по сравнению с допусками, полученными при решении задачи методом полной взаимозаменяемости. Следовательно, стоимость изготовления изделия при теоретико-вероятностном методе резко снижается.

6.3. **Последовательность решения задачи 3**

Дано: *xi* = 1.14, 1.10, 1.13, 1.12, 1.09, 1.14 – выборка случайной величины *Х* с числовыми характеристиками *mx*, *σx*, которые неизвестны. *Pq* = 0,999 – доверительная вероятность.

Найти:

 *mx\** – точечную оценку математического ожидания случайной величины,

 *S x\** – точечную оценку дисперсии оценки математического ожидания

 случайной величины *x* ,

 Δ*x* – величину доверительного интервала,

 *mx\* * – предельные значения доверительного интервала.

Решение.

Выборка случайной величины *Х* обрабатывается по следующим формулам

*mx\** =  (6.7)

*S x\** =  (6.8)

 Δ*x* = 2*tp S x\** (6.9)

 *mx\** =  , (6.10)

где *n* – число элементов выборки, *tp* – коэффициент Стьюдента (таблица 6.8).

Таблица 6.8

|  |  |
| --- | --- |
| Числоизмерений | Значение *tp*  при доверительной вероятности |
| 0,8 | 0,9 | 0,95 | 0.98 | 0,99 | 0,995 | 0,999 |
| 2345678910 | 3,081,891,641,531,481,441,421,401,38 | 6,312,922,352,132,021,941,901,861,83 | 12,714,303,182,782,572,452,372,312,26 | 31,826,974,543,753,373,143,002,902,82 | 63,669,935,844,604,033,713,503,363,25 | 126,3214,097,455,604,774,324,033,833.69 | 336,6231,6012,948,616,865,965,415.044,78 |

Для удобства расчетов составим таблицу 6.9.

Таблица 6.9

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *xi* | *mx\** | *xi* – *mx\** | (*xi* – *mx\**)2 | *S x\** |
| *x*1 | 1,14 | 1,12 | + 0,02 | 0,0004 | 0,0086 |
| *x*2 | 1,10 | – 0,02 | 0,0004 |
| *x*3 | 1,13 | + 0,01 | 0,0001 |
| *x*4 | 1,12 | 0 | 0 |
| *x*5 | 1,09 | – 0,03 | 0,0009 |
| *x*6 | 1,14 | + 0,02 | 0,0004 |
| Сумма | 6,72 | 0 | 0,0022 |

 Найдем:

*mx\** =  = 1,12

*S x\** = = 0,0086

Для заданных условий (*n* = 6, *Pq* = 0,999) из таблицы 6.8 найдем *tp* = 6,86. После чего определим величину доверительного интервала и его предельные значения.

Δ*x* = 2*ε* = 2*tp S x\** = 2 **∙** 6,86 **∙** 0,0086 = 0,118

 *mx\** +  = 1,12 + 0,059 = 1,179

*mx\** –  = 1,12 – 0,059 = 1,061

ВЫВОД: Доверительный интервал с пределами (1.061, 1.179) заключает истинное значение *mx*  с вероятностью 0,999.