Всероссийская олимпиада студентов «Я – профессионал»
Задание заключительного этапа

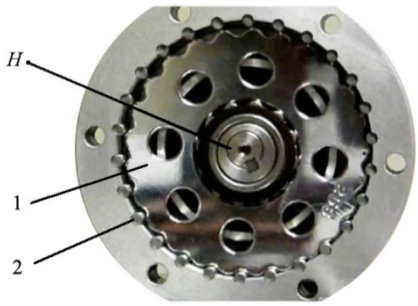
по направлению «Машиностроение»

Категория участия: **«Бакалавриат»**

(для поступающих в магистратуру)

Вариант 1

Задача №1

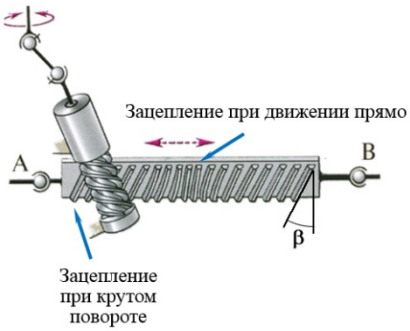


Одна из разновидностей планетарных передач – планетарно-цевочный редуктор – отличается высокой нагрузочной способностью (вследствие большого коэффициента перекрытия), надежностью, компактностью, высоким КПД и широким диапазоном передаточных отношений одной ступени.

Рассмотрим кинематику одноступенчатого планетарно-цевочного редуктора. Входной эксцентриковый вал (водило H) вращается и передает движение сателлиту 1, который, обкатываясь по цевкам (цилиндрам) неподвижного звена 2, совершает планетарное движение вокруг оси входного вала.

Определить передаточное отношение от водила H к сателлиту $i_{H1} = \frac{\omega_H}{\omega_1}$, если число зубьев (выступов) сателлита $z_1 = 25$, а число цевок $z_2 = 26$.

Задача 2.

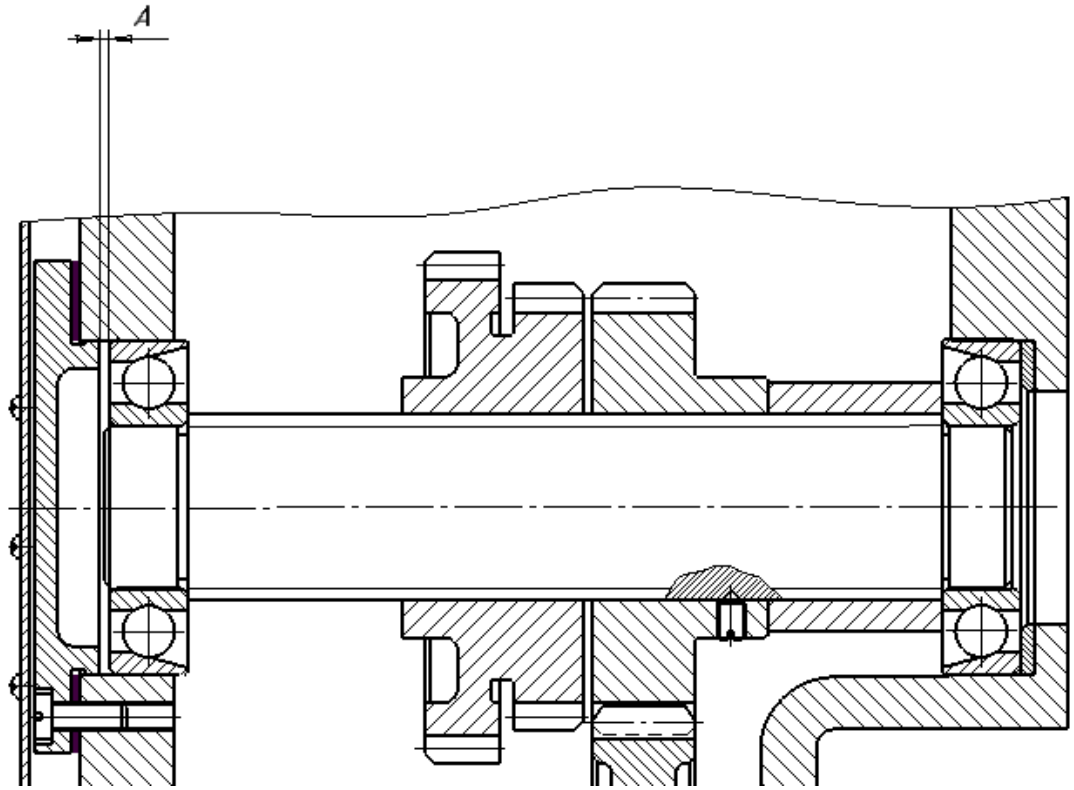


При использовании зубчато-реечной передачи в рулевой системе автомобиля для удобства водителя на рейке нарезают зубья с разными углами β наклона линии зубьев в центральной и в периферийных частях рейки, тем самым делая разными значения передаточного отношения. При езде прямо червяк зацепляется с центральной частью рейки, и передаточное отношение большое (повороту руля на большой угол соответствует малый угол поворота колес автомобиля). При крутых поворотах червяк зацепляется с периферийной частью рейки, и передаточное отношение меньше (меньшему углу поворота руля соответствует больший угол поворота колёс автомобиля).

Определите, во сколько раз уменьшается передаточное отношение, если угол β наклона линии зуба в центральной части рейки равен 5 градусам, а в периферийной части – 40 градусам

Задача №3

Построить размерную цепь, проставить увеличивающие и уменьшающие звенья.



Задача №4

Определить процент годных деталей, процент исправимого и неисправимого брака.

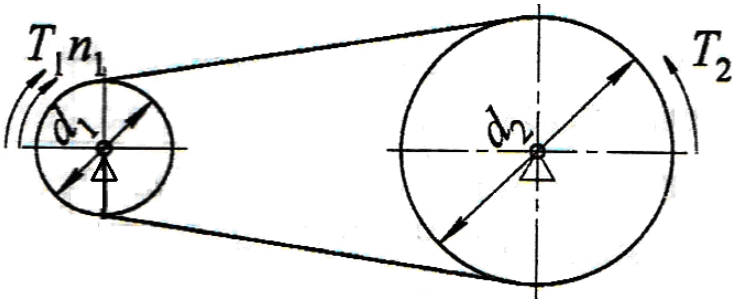
Исходные данные: Деталь – Втулка; ES = +0,056 мм; EI = +0,021 мм; x среднее = 0,031 мм; математическое ожидание величины x σ = 0,009 мм.

Значения интеграла $\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \int_0^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz^*$

z	Φ(z)	z	Φ(z)	z	Φ(z)	z	Φ(z)
0,00	0,0000	0,36	0,1406	0,72	0,2642	1,08	0,3599
0,01	0,0040	0,37	0,1443	0,73	0,2673	1,09	0,3621
0,02	0,0080	0,38	0,1480	0,74	0,2703	1,10	0,3643
0,03	0,0120	0,39	0,1517	0,75	0,2734	1,11	0,3665
0,04	0,0160	0,40	0,1554	0,76	0,2764	1,12	0,3686
0,05	0,0199	0,41	0,1591	0,77	0,2794	1,13	0,3708
0,06	0,0239	0,42	0,1628	0,78	0,2823	1,14	0,3729
0,07	0,0279	0,43	0,1664	0,79	0,2852	1,15	0,3750
0,08	0,0319	0,44	0,1700	0,80	0,2881	1,16	0,3770
0,09	0,0359	0,45	0,1736	0,81	0,2910	1,17	0,3790
0,10	0,0398	0,46	0,1772	0,82	0,2939	1,18	0,3810
0,11	0,0438	0,47	0,1808	0,83	0,2967	1,19	0,3830
0,12	0,0478	0,48	0,1844	0,84	0,2995	1,20	0,3849

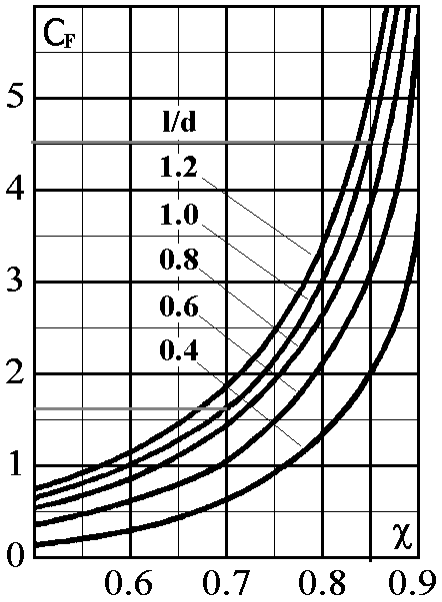
z	Φ(z)	z	Φ(z)	z	Φ(z)	z	Φ(z)
0,13	0,0517	0,49	0,1879	0,85	0,3023	1,21	0,3869
0,14	0,0557	0,50	0,1915	0,86	0,3051	1,22	0,3888
0,15	0,0596	0,51	0,1950	0,87	0,3078	1,23	0,3907
0,16	0,0636	0,52	0,1985	0,88	0,3106	1,24	0,3925
0,17	0,0675	0,53	0,2019	0,89	0,3133	1,25	0,3944
0,18	0,0714	0,54	0,2054	0,90	0,3159	1.26	0,3962
0,19	0,0753	0,55	0,2088	0,91	0,3186	1.27	0,3980
0,20	0,0793	0,56	0,2123	0,92	0,3212	1,28	0,3997
0,21	0,0832	0,57	0,2157	0,93	0,3238	1,29	0,4015
0,22	0,0871	0,58	0,2190	0,94	0,3264	1,30	0,4032
0,23	0,0910	0,59	0,2224	0,95	0,3289	1,31	0,4049
0,24	0,0948	0,60	0,2257	0,96	0,3315	1,32	0,4066
0,25	0,0987	0,61	0,2291	0,97	0,3340	1,33	0,4082
0,26	0,1026	0,62	0,2324	0,98	0,3365	1,34	0,4099
0,27	0,1064	0,63	0,2357	0,99	0,3389	1,35	0,4115
0,28	0,1103	0,64	0,2389	1,00	0,3413	1,36	0,4131
0,29	0,1141	0,65	0,2422	1,01	0,3438	1,37	0,4147
0,30	0,1179	0,66	0,2454	1,02	0,3461	1,38	0,4162
0,31	0,1217	0,67	0,2486	1,03	0,3485	1,39	0,4177
0,32	0,1255	0,68	0,2517	1,04	0,3508	1,40	0,4192
0,33	0,1293	0,69	0,2549	1,05	0,3531	1,41	0,4207
0,34	0,1331	0,70	0,2580	1,06	0,3554	1,42	0,4222
0,35	0,1368	0,71	0,2611	1,07	0,3577	1,43	0,4236
1,44	0,4251	1,73	0,4582	2,04	0,4793	2,62	0,4956
1,45	0,4265	1,74	0,4591	2,06	0,4803	2,64	0,4959
1,46	0,4279	1,75	0,4599	2,08	0,4812	2,66	0,4961
1,47	0,4292	1,76	0,4608	2,10	0,4821	2,68	0,4963
1,48	0,4306	1,77	0,4616	2,12	0,4830	2,70	0,4965
1,49	0,4319	1,78	0,4625	2,14	0,4838	2,72	0,4967
1,50	0,4332	1,79	0,4633	2,16	0,4846	2,74	0,4969
1,51	0,4345	1,80	0,4641	2,18	0,4854	2,76	0,4971
1,52	0,4357	1,81	0,4649	2,20	0,4861	2,78	0,4973
1,53	0,4370	1,82	0,4656	2,22	0,4868	2,80	0,4974
1,54	0,4382	1,83	0,4664	2,24	0,4875	2,82	0,4976
1,55	0,4394	1,84	0,4671	2,26	0,4881	2,84	0,4977
1,56	0,4406	1,85	0,4678	2,28	0,4887	2,86	0,4979
1,57	0,4418	1,86	0,4686	2,30	0,4893	2,88	0,4980
1,58	0,4429	1,87	0,4693	2,32	0,4898	2,90	0,4981
1,59	0,4441	1,88	0,4699	2,34	0,4904	2,92	0,4982
1,60	0,4452	1,89	0,4706	2,36	0,4909	2,94	0,4984
1,61	0,4463	1,90	0,4713	2,38	0,4913	2,96	0,4985
1,62	0,4474	1,91	0,4719	2,40	0,4918	2,98	0,4986
1,63	0,4484	1,92	0,4726	2,42	0,4922	3,00	0,49865
1,64	0,4495	1,93	0,4732	2,44	0,4927	3,20	0,49931
1,65	0,4505	1,94	0,4738	2,46	0,4931	3,40	0,49966
1,66	0,4515	1,95	0,4744	2,48	0,4934	3,60	0,499841
1,67	0,4525	1,96	0,4750	2,50	0,4938	3,80	0,499928
1,68	0,4535	1,97	0,4756	2,52	0,4941	4,00	0,499968
1,69	0,4545	1,98	0,4761	2,54	0,4945	4,50	0,499997
1,70	0,4554	1,99	0,4767	2,56	0,4948	5,00	0,499997
1,71	0,4561	2,00	0,4772	2,58	0,4951		
1,72	0,4573	2,02	0,4783	2,60	0,4953		

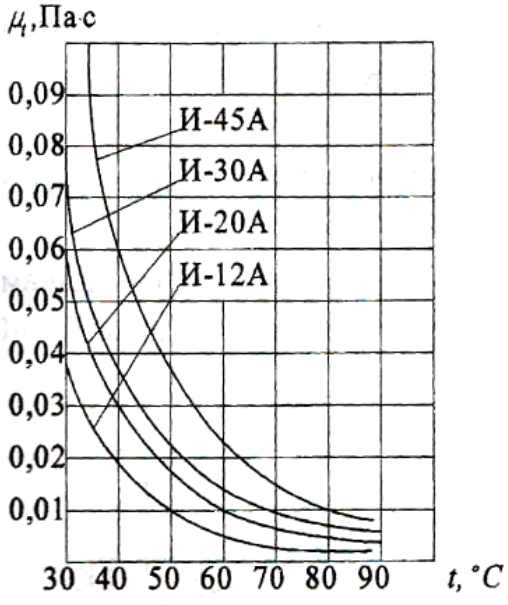
Задача №5



Определите максимальное значение напряжений, действующих в ремне плоскоременной передачи. d1 = 100 мм, d2 = 250 мм, ширина ремня b = 80 мм, толщина δ = 2 мм, модуль упругости E = 300 МПа, T1 = 10 Нм. Передача работает при коэффициенте тяги ψ = 0,4. Влиянием на ремень центробежных сил пренебречь.

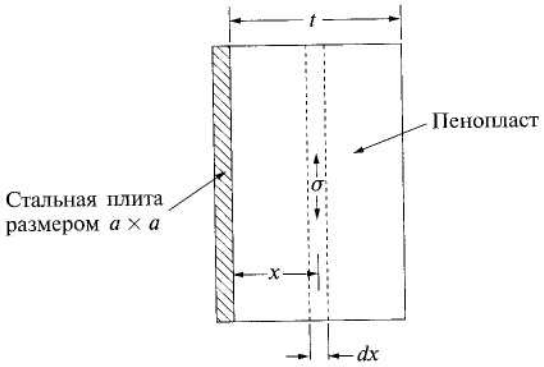
Задача №6





Радиальный подшипник скольжения с l/d = 1.0, шероховатостью поверхности цапфы и вкладыша RZ1 = RZ2 = 3.2 мкм и диаметральным зазором Δ=85 мкм, смазываемый индустриальным маслом И-20А, переходит в режим смешанного трения при увеличении радиальной нагрузки до 10 кН. Определите радиальную нагрузку при работе подшипника в режиме жидкостного трения, если применить масло И-45А. Требуемый коэффициент запаса по толщине масляного слоя Sh=2. Рабочая температура подшипника 60ºС. Используйте графики и уравнение равновесия $F_r = \frac{\mu\omega}{\psi^2} dlC_F$.

Задача №7



Пенопласт является частью системы теплоизоляции резервуара с жидким метаном системы сжиженного газа. На рисунке показан слой хрупкого пенополиуретана, который наклеен на стальную плиту. При эксплуатации распределение температуры в пенопласте имеет линейный характер:

$$\mathrm{T(°C)} = -100\frac{x}{t}.$$

Предположив, что стальная плита имеет бесконечную жесткость, выведите зависимость растягивающего напряжения в пенопласте от x. Полагая, что модуль упругости и коэффициент теплового расширения пенопласта равны соответственно 34 МПа и 10^{-4}/°C, определите максимальную величину растягивающего напряжения. В каком месте напряжение максимально?

Задача №8

Серебряную копию листа остролиста (рождественское украшение) предстоит изготовить методом литья. Для этого натуральный лист покрывают жидким керамическим раствором, который затем высушивают и обжигают. При обжиге лист сгорает, оставляя после себя полость, служащую формой для отливки. Толщина листа составляет 0,4 мм. Определите высоту столба жидкого серебра, необходимого для заполнения формы. Предполагается, что расплавленное серебро не смачивает стенки формы. Давление, необходимое для заполнения жидкостью полости с параллельными сторонами, имеющей толщину t, определяется по формуле

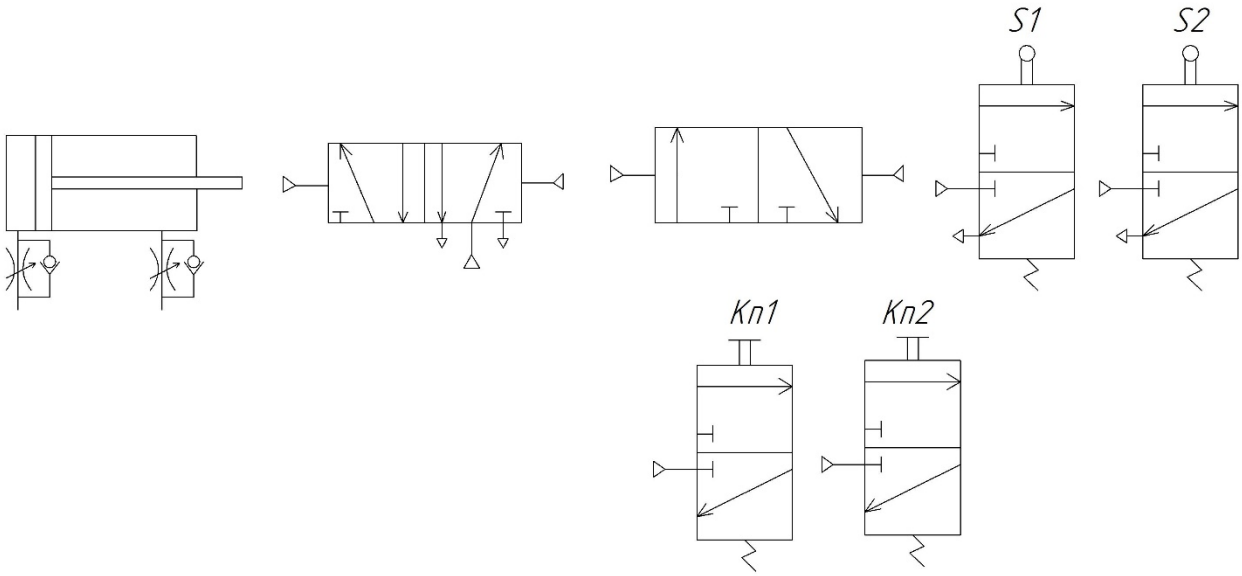
$$p = \frac{T}{t/2}$$

где T — поверхностное натяжение жидкости. Плотность и поверхностное натяжение расплавленного серебра равны 9,4 кг/м^3 и 0,90 Н/м соответственно.

Задача №9

На районном молочном комбинате организован автоматизированный процесс розлива молока по пакетам. Необходимо представить пневматическую схему дозатора молока. Элементы, которые используются в схеме, представлены на рисунке.

Описание работы. При нажатии на кнопку Kn1 шток цилиндра начинает перемещаться «вперед-назад» между датчиками S1 и S2. При нажатии на кнопку Kn2 шток цилиндра останавливается по втянутом положении.



Задача №10

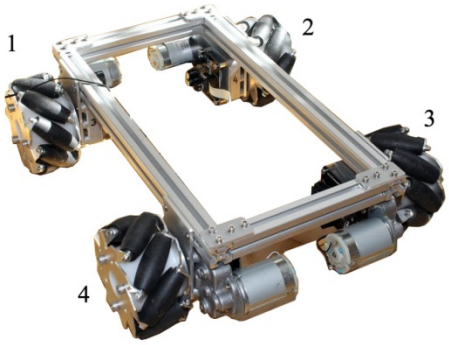
На некотором автоматизированном производстве установили новые производственные автоматы для более эффективного производства продукта.

Коэффициент производительности одного такого автомата составляет 0,8. Время холостых ходов 1с.

Определить цикловую производительность машины.

Вариант 2

Задача №1



В 1973 г. шведский инженер Бенгт Илон разработал роликонесущее колесо: по всей окружности колеса он установил ролики под углом 45 градусов к оси колеса.

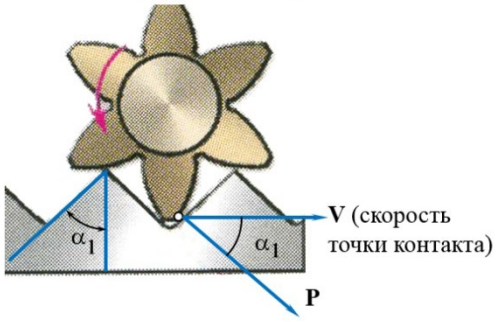
При размещении колес Илона (или омни-колес) на транспортном средстве обычно каждому колесу устанавливают свой привод. Благодаря этому можно получить необычайную мобильность транспортного средства, которая особенно важна при движении в ограниченном пространстве: на складе, в цехе, между цехами, на авианосце и т.д. Помимо движения вперед-назад можно двигаться влево-вправо, по диагонали, вращаться на месте вокруг своей оси и т.д. Очевидно, что при движении вперед-назад по прямой скорости всех колес должны быть равны.

Определите соотношение скоростей колес 1, 2, 3, 4 при движении транспортного средства влево-вправо и при вращении на месте:

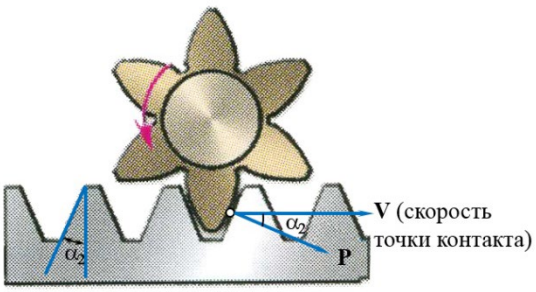
Задача №2

При использовании зубчато-реечной передачи в рулевой системе автомобиля изменяют также форму зуба рейки. В центральной части рейки, соответствующей езде по прямой дороге, профиль зуба треугольный. При этом угол давления α_1 большой и, соответственно, большое усилие надо приложить к рулю при повороте. В периферийной части рейки, соответствующей движению на крутом повороте, профиль зуба трапециевидный, угол давления α_2 меньше и, следовательно, меньше прилагаемое усилие.

Зацепление в центральной части рейки



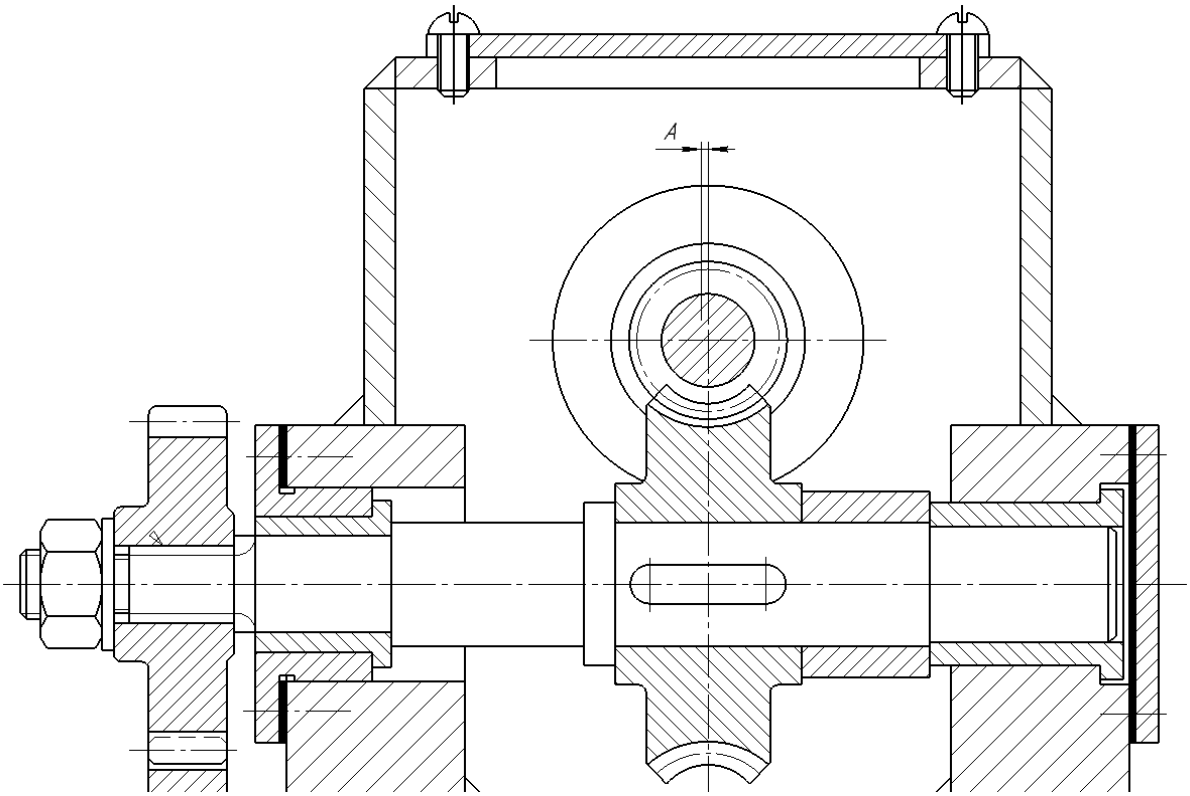
Зацепление в периферийной части рейки



Определите, во сколько раз изменяется прикладываемое усилие из-за разницы углов давления в центральной и периферийной части рейки, если $\alpha_{1 = 45}$ град., $\alpha_{2 = 15}$ град.

Задача №3

Построить размерную цепь, проставить увеличивающие и уменьшающие звенья.



Задание №4

Определить процент годных деталей, процент исправимого и неисправимого брака.

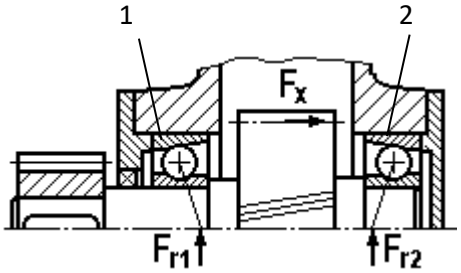
Исходные данные: Деталь – Втулка; ES = +0,056 мм; EI = +0,021 мм; x среднее = 0,031 мм; математическое ожидание величины x σ = 0,009 мм.

Значения интеграла $\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \int_0^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz^*$

z	Φ(z)	z	Φ(z)	z	Φ(z)	z	Φ(z)
0,00	0,0000	0,36	0,1406	0,72	0,2642	1,08	0,3599
0,01	0,0040	0,37	0,1443	0,73	0,2673	1,09	0,3621
0,02	0,0080	0,38	0,1480	0,74	0,2703	1,10	0,3643
0,03	0,0120	0,39	0,1517	0,75	0,2734	1,11	0,3665
0,04	0,0160	0,40	0,1554	0,76	0,2764	1,12	0,3686
0,05	0,0199	0,41	0,1591	0,77	0,2794	1,13	0,3708
0,06	0,0239	0,42	0,1628	0,78	0,2823	1,14	0,3729
0,07	0,0279	0,43	0,1664	0,79	0,2852	1,15	0,3750
0,08	0,0319	0,44	0,1700	0,80	0,2881	1,16	0,3770
0,09	0,0359	0,45	0,1736	0,81	0,2910	1,17	0,3790

z	Φ(z)	z	Φ(z)	z	Φ(z)	z	Φ(z)
0,10	0,0398	0,46	0,1772	0,82	0,2939	1,18	0,3810
0,11	0,0438	0,47	0,1808	0,83	0,2967	1,19	0,3830
0,12	0,0478	0,48	0,1844	0,84	0,2995	1,20	0,3849
0,13	0,0517	0,49	0,1879	0,85	0,3023	1,21	0,3869
0,14	0,0557	0,50	0,1915	0,86	0,3051	1,22	0,3888
0,15	0,0596	0,51	0,1950	0,87	0,3078	1,23	0,3907
0,16	0,0636	0,52	0,1985	0,88	0,3106	1,24	0,3925
0,17	0,0675	0,53	0,2019	0,89	0,3133	1,25	0,3944
0,18	0,0714	0,54	0,2054	0,90	0,3159	1.26	0,3962
0,19	0,0753	0,55	0,2088	0,91	0,3186	1.27	0,3980
0,20	0,0793	0,56	0,2123	0,92	0,3212	1,28	0,3997
0,21	0,0832	0,57	0,2157	0,93	0,3238	1,29	0,4015
0,22	0,0871	0,58	0,2190	0,94	0,3264	1,30	0,4032
0,23	0,0910	0,59	0,2224	0,95	0,3289	1,31	0,4049
0,24	0,0948	0,60	0,2257	0,96	0,3315	1,32	0,4066
0,25	0,0987	0,61	0,2291	0,97	0,3340	1,33	0,4082
0,26	0,1026	0,62	0,2324	0,98	0,3365	1,34	0,4099
0,27	0,1064	0,63	0,2357	0,99	0,3389	1,35	0,4115
0,28	0,1103	0,64	0,2389	1,00	0,3413	1,36	0,4131
0,29	0,1141	0,65	0,2422	1,01	0,3438	1,37	0,4147
0,30	0,1179	0,66	0,2454	1,02	0,3461	1,38	0,4162
0,31	0,1217	0,67	0,2486	1,03	0,3485	1,39	0,4177
0,32	0,1255	0,68	0,2517	1,04	0,3508	1,40	0,4192
0,33	0,1293	0,69	0,2549	1,05	0,3531	1,41	0,4207
0,34	0,1331	0,70	0,2580	1,06	0,3554	1,42	0,4222
0,35	0,1368	0,71	0,2611	1,07	0,3577	1,43	0,4236
1,44	0,4251	1,73	0,4582	2,04	0,4793	2,62	0,4956
1,45	0,4265	1,74	0,4591	2,06	0,4803	2,64	0,4959
1,46	0,4279	1,75	0,4599	2,08	0,4812	2,66	0,4961
1,47	0,4292	1,76	0,4608	2,10	0,4821	2,68	0,4963
1,48	0,4306	1,77	0,4616	2,12	0,4830	2,70	0,4965
1,49	0,4319	1,78	0,4625	2,14	0,4838	2,72	0,4967
1,50	0,4332	1,79	0,4633	2,16	0,4846	2,74	0,4969
1,51	0,4345	1,80	0,4641	2,18	0,4854	2,76	0,4971
1,52	0,4357	1,81	0,4649	2,20	0,4861	2,78	0,4973
1,53	0,4370	1,82	0,4656	2,22	0,4868	2,80	0,4974
1,54	0,4382	1,83	0,4664	2,24	0,4875	2,82	0,4976
1,55	0,4394	1,84	0,4671	2,26	0,4881	2,84	0,4977
1,56	0,4406	1,85	0,4678	2,28	0,4887	2,86	0,4979
1,57	0,4418	1,86	0,4686	2,30	0,4893	2,88	0,4980
1,58	0,4429	1,87	0,4693	2,32	0,4898	2,90	0,4981
1,59	0,4441	1,88	0,4699	2,34	0,4904	2,92	0,4982
1,60	0,4452	1,89	0,4706	2,36	0,4909	2,94	0,4984
1,61	0,4463	1,90	0,4713	2,38	0,4913	2,96	0,4985
1,62	0,4474	1,91	0,4719	2,40	0,4918	2,98	0,4986
1,63	0,4484	1,92	0,4726	2,42	0,4922	3,00	0,49865
1,64	0,4495	1,93	0,4732	2,44	0,4927	3,20	0,49931
1,65	0,4505	1,94	0,4738	2,46	0,4931	3,40	0,49966
1,66	0,4515	1,95	0,4744	2,48	0,4934	3,60	0,499841
1,67	0,4525	1,96	0,4750	2,50	0,4938	3,80	0,499928
1,68	0,4535	1,97	0,4756	2,52	0,4941	4,00	0,499968
1,69	0,4545	1,98	0,4761	2,54	0,4945	4,50	0,499997
1,70	0,4554	1,99	0,4767	2,56	0,4948	5,00	0,499997
1,71	0,4561	2,00	0,4772	2,58	0,4951		
1,72	0,4573	2,02	0,4783	2,60	0,4953		

Задача №5

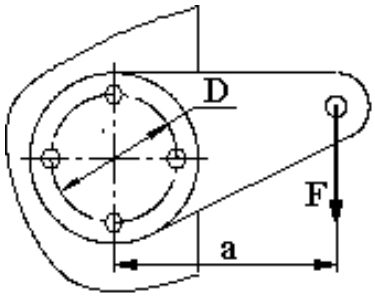


В опорах выходного вала редуктора применены радиально-упорные шарикоподшипники 46307 ГОСТ 831-75. Динамическая грузоподъемность подшипников C = 42.6 кН. Параметр осевого нагружения e=0,68.

Проверьте работоспособность подшипника 1 по динамической грузоподъемности, если радиальные нагрузки F_{r1} = 8 кН, F_{r2} = 3 кН, осевая сила в передаче F_x = 1 кН. Частота вращения вала n= 10 об/мин. Требуемый ресурс t = 5000 ч. Требуемая надежность подшипника P=0.9.

При расчете считать, что температурный коэффициент K_T = 1, коэффициент безопасности $K_Б$ = 1.5, коэффициент, корректирующий ресурс в зависимости от особых свойств и условий работы подшипника a_{23} = 0.8

Задача №6



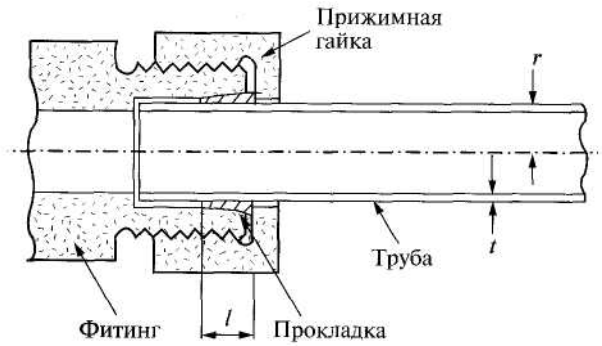
Кронштейн крепится к стенке четырьмя болтами, установленными с зазором.

Обоснуйте возможность применения болтов M12x60.68, для обеспечения в соединении коэффициента запаса по сцеплению K = 1.6, если внешняя нагрузка F =3 кН, D = 250 мм, a = 200 мм, коэффициент трения f = 0.2, требуемый коэффициент запаса прочности болтов S = 1.8. Внутренний диаметр резьбы M12 d_1 =10.1 мм.

Задача №7

В процессе литья под давлением порции расплавленного цинка весом 0,1 кг при температуре 410°C инжектируют в форму со скоростью 120 порций в час. Удельная теплоемкость жидкого металла равна 500 Дж/(кг К), а температура твердения 400°C. Скрытая теплота плавления равна 2000 Дж/кг. Как только отливка затвердевает, ее вынимают из формы. Форму охлаждают водой со скоростью C(T_d — T_o), где Td — температура формы, T_o = 20°C (температура окружающей среды), а C = 1 Дж/(м К). Оцените среднюю температуру формы после долгого периода непрерывной работы.

Задача №8



На схеме изображено винтовое соединение медной трубы и водопроводных фитингов. При сборке прижимная гайка сначала отводится назад вдоль трубы, после чего на трубу надевают круглую прокладку из мягкой меди. Затем гайку навинчивают на фитинг, и зазор оказывается заполненным. Наконец, гайку заворачивают, и прокладка плотно прижимается к поверхности трубы. При этом создаются сжимающие напряжения, достаточные для возникновения текучести металла при сжатии отрезка трубы, соприкасающегося с прокладкой. Давление воды, необходимое для выталкивания трубы из фитинга, определяется формулой

$$p_w = 2\mu\sigma_y \frac{t}{r}\frac{l}{r},$$

где μ — коэффициент трения между прокладкой и внешней поверхностью трубы.

Определите p_w, если t = 0,65 мм, l = 7,5 мм, r = 7,5 мм, μ = 0,15, σ_y = 120 МПа. Как соотносится полученное значение с гидростатическим давлением в типичных системах водоснабжения.

Осевая нагрузка на винтовое соединение равна $p_w\pi r^2$, а радиальное давление P прокладки на внешнюю поверхность трубы равно $\sigma_y t/r$.

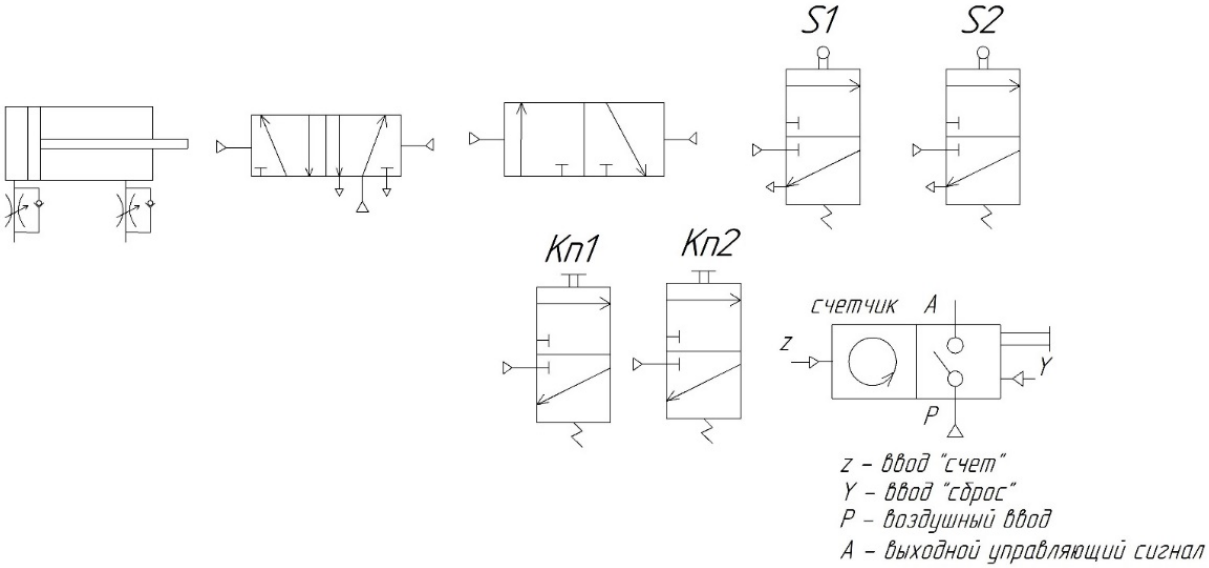
Задача №9

На некотором автоматизированном производстве установили новые производственные автоматы для более эффективного производства продукта.

Коэффициент производительности одного такого автомата составляет 0,3. Время холостых ходов 7с.

Определить цикловую производительность машины.

Задача №9

На районном молочном комбинате организован автоматизированный процесс розлива молока по пакетам. Необходимо представить пневматическую схему дозатора молока с отслеживанием количества наполненных пакетов с молоком. Элементы, которые используются в схеме, представлены на рисунке.

Описание работы. При нажатии на кнопку Kn1 шток цилиндра начинает перемещаться «вперед-назад» между датчиками S1 и S2. При нажатии на кнопку Kn2 шток цилиндра останавливается по втянутом положении. Счетчик отсчитывает количество наполненных пакетов.