

Министерство образования и науки Российской Федерации Федеральное  
государственное автономное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
Политехнический институт  
Факультет «Автотранспортный»  
Кафедра «Автомобильный транспорт»

Задача № 1

КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ ПОДШИПНИКОВ КОЛЕНЧАТОГО  
ВАЛА ДВС

Проверил:

\_\_\_\_\_ /Задорожная Е.А./

\_\_\_\_\_ 2023 г.

Автор работы:

студент группы П-416

\_\_\_\_\_ /Ганиев Э.В. /

\_\_\_\_\_ 2023 г.

Исходные данные:

Вариант.....Kn43244

Диаметр опоры..... $D = 74,5$  мм

Диаметральный установочный зазор..... $\Delta = 0,092$  мм

Относительный эксцентриситет..... $\chi = 0,8$

Число оборотов коленчатого вала ДВС..... $n =$

1100,1500,1900,2500,3200 об/мин

Коэффициент динамической вязкости масла ..... $\mu = 0,0061$  Па · с

Безразмерная скорость поступательного движения

шипа в подшипнике..... $d\chi/dt = 0,2$

.....  $B = 25,7$  мм

Система координат показана на рис.1.

Основная цель расчетов. Восстановить внешнюю силу, действующую на шип для двух случаев нагружения: статического и динамического. Определить влияние оборотов коленчатого вала на расчетные характеристики.

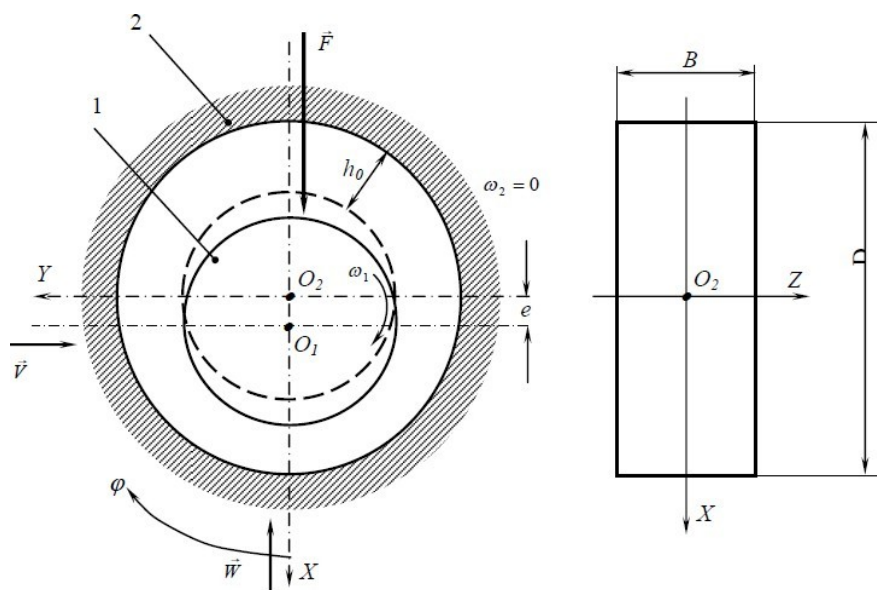


Рисунок 1 – Модель короткой опоры: В – ширина опоры, D – диаметр подшипника 2 ; 1 – шип,  $O_1O_2$  – линия центров, e – эксцентриситет, W, V – проекции главного вектора сил гидродинамического давления слоя смазки на шип,  $O_2XYZ$  – система координат,  $\phi$  – угловая координата,  $h_0$  – радиальный зазор

Порядок расчета:

1. Расчет безразмерных входных параметров методики

Относительная длина опоры:

$$\alpha = B/(2D) = 25,7/(2 \cdot 74,5) = 0,1724$$

Угловая скорость:

$$\omega(1) = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 1100}{30} = 115,191 \text{ рад/с}$$

Относительная величина зазора:

$$\psi_0 = \frac{h_0}{D/2} = \frac{0,092}{74,5/2} = 0,00246$$

Масштаб угловой скорости:

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 3200}{30} = 335,103 \text{ рад/с},$$

где n берется при режиме максимальной мощности Nmax, (n=3200 об/мин)

Безразмерная угловая скорость:

$$\omega_1(1) = \frac{\omega(1)}{\omega_0} = \frac{115,191}{335,103} = 0,343$$

Безразмерная величина динамической вязкости:

$$\mu_1 = \frac{\mu}{\mu_0} = \frac{0,0061}{0,0069} = 0,884$$

где  $\mu_0$  – вязкость масла при 100 С°;

Скоростные параметры при  $\delta = 0$ :

$$G1 = \omega1(1) = 0,343;$$

$$E = 2 \cdot d\chi/dt = 2 \cdot 0,2 = 0,4;$$

Относительный эксцентриситет:

$$\chi = \frac{e}{h_0}$$

Масштаб для давления:

$$p^i = \frac{\omega_0 \cdot \mu_0}{\psi_0^2} = \frac{335,103 \cdot 0,0069}{0,00246^2} = 379057,06 \text{ Па}$$

2. Расчет гидродинамических характеристик смазочного слоя проводится при варьировании  $n = 1100; 1500; 1900; 2500; 3200$  для случая статического нагружения  $E = 0$  и для случая динамического нагружения при  $E=0,4$

А. Установить границы несущей области смазочного слоя (в градусах):

Для  $E = 0$ ,  $\varphi_n$  и  $\varphi_k$  рассчитываются по формулам:

$$\varphi_H = \arctg\left(\frac{E}{\chi \cdot G}\right) + \pi = 3.141592, \quad \varphi_H = 180^\circ, \quad \varphi_K = \varphi_H + \pi = 2\pi, \quad \varphi_K = 360^\circ;$$

Для  $E = 0,4$ :

$$\varphi_n(1) = \arctg\left(\frac{0,4}{0,8 \cdot 0,343}\right) + 3,14 = 235,49 \text{ град}$$

$$\varphi_k(1) = \varphi_n(1) + \pi = 235,49 + 180 = 415,49 \text{ град}$$

Б. Рассчитать распределение давлений по угловой координате  $\varphi$  в центральном сечении опоры  $z = 0$ :

$$П(\varphi) = -3a^2 \mu_1 \frac{G\chi \sin \varphi - E \cos \varphi}{(1 - \chi \cos \varphi)^3},$$

Изменяя  $\varphi_n < \varphi < \varphi_k$  с шагом  $10^\circ$ . Расчетные значения заносим в таблицу 1 и

2.



Таблица 1 – Результаты расчетов, при E=0

n=1100			n=1500			n=1900			n=2500			n=3200		
φ, град	φ,рад	Π	φ, град	φ,рад	Π	φ, град	φ,рад	Π	φ, град	φ,рад	Π	φ, град	φ,рад	Π
180	3,1415 93	-4,55827E- 19	180	3,1415 93	-6,21582E- 19	180	3,1415 93	-7,87337E- 19	180	3,14159 3	-1,03597E- 18	180	3,14159 3	-1,32604E- 18
190	3,3161 26	0,0006593 38	190	3,3161 26	0,0008990 97	190	3,3161 26	0,0011388 57	190	3,31612 6	0,0014984 96	190	3,31612 6	0,0019180 74
200	3,4906 59	0,0013805 77	200	3,4906 59	0,0018826 05	200	3,4906 59	0,0023846 33	200	3,49065 9	0,0031376 75	200	3,49065 9	0,0040162 24
210	3,6651 91	0,0022364 84	210	3,6651 91	0,0030497 51	210	3,6651 91	0,0038630 18	210	3,66519 1	0,0050829 18	210	3,66519 1	0,0065061 36
220	3,8397 24	0,0033244 95	220	3,8397 24	0,0045334 02	220	3,8397 24	0,0057423 09	220	3,83972 4	0,0075556 7	220	3,83972 4	0,0096712 57
230	4,0142 57	0,0047874 78	230	4,0142 57	0,0065283 79	230	4,0142 57	0,0082692 79	230	4,01425 7	0,0108806 31	230	4,01425 7	0,0139272 08
240	4,1887 9	0,0068481 76	240	4,1887 9	0,0093384 22	240	4,1887 9	0,0118286 68	240	4,18879 4	0,0155640 37	240	4,18879 4	0,0199219 67
250	4,3633 23	0,0098695 78	250	4,3633 23	0,0134585 15	250	4,3633 23	0,0170474 53	250	4,36332 3	0,0224308 59	250	4,36332 3	0,0287115
260	4,5378 56	0,0144644 48	260	4,5378 56	0,0197242 48	260	4,5378 56	0,0249840 47	260	4,53785 6	0,0328737 46	260	4,53785 6	0,0420783 95
270	4,7123 89	0,0216984 35	270	4,7123 89	0,0295887 74	270	4,7123 89	0,0374791 14	270	4,71238 9	0,0493146 24	270	4,71238 9	0,0631227 19
280	4,8869 22	0,0334693 4	280	4,8869 22	0,0456400 09	280	4,8869 22	0,0578106 78	280	4,88692 2	0,0760666 82	280	4,88692 2	0,0973653 53
290	5,0614	0,0532004	290	5,0614	0,0725461	290	5,0614	0,0918917	290	5,06145	0,1209102	290	5,06145	0,1547650

	55	88		55	2		55	52		5			5	56
300	5,2359 88	0,0869972 02	300	5,2359 88	0,1186325 48	300	5,2359 88	0,1502678 94	300	5,23598 8	0,1977209 13	300	5,23598 8	0,2530827 68
310	5,4105 21	0,1450075 23	310	5,4105 21	0,1977375 31	310	5,4105 21	0,2504675 4	310	5,41052 1	0,3295625 52	310	5,41052 1	0,4218400 67
320	5,5850 54	0,2403308 35	320	5,5850 54	0,3277238 66	320	5,5850 54	0,4151168 97	320	5,58505 4	0,5462064 44	320	5,58505 4	0,6991442 48
330	5,7595 87	0,3743009 84	330	5,7595 87	0,5104104 33	330	5,7595 87	0,6465198 82	330	5,75958 7	0,8506840 55	330	5,75958 7	1,0888755 9
340	5,9341 19	0,4851028 39	340	5,9341 19	0,6615038 71	340	5,9341 19	0,8379049 04	340	5,93411 9	1,1025064 52	340	5,93411 9	1,4112082 59
350	6,1086 52	0,3945901 16	350	6,1086 52	0,5380774 31	350	6,1086 52	0,6815647 46	350	6,10865 2	0,8967957 18	350	6,10865 2	1,1478985 19
360	6,2831 85	6,64595E- 16	360	6,2831 85	9,06266E- 16	360	6,2831 85	1,14794E- 15	360	6,28318 5	1,51044E- 15	360	6,28318 5	1,93337E- 15

Таблица 2– Результаты расчетов, при E=0,4

n=1100			n=1500			n=1900			n=2500			n=3200		
φ, град	φ,рад	Π	φ, град	φ,рад	Π	φ, град	φ,рад	Π	φ, град	φ,рад	Π	φ, град	φ,рад	Π
235,491 5	4,110 1	2,141E-18	226,847 6	3,959 2	0,000000 0	220,100 9	3,841 5	0,000000 0	212,619 2	3,710 9	0,000000 0	206,565 1	3,6052	0,00000 0
245,491 5	4,284 6	2,815E-03	236,847 6	4,133 8	0,002529 1	230,100 9	4,016 0	0,002455 9	222,619 2	3,885 4	0,002535 5	216,565 1	3,7798	0,00276 5
255,491 5	4,459 2	7,573E-03	246,847 6	4,308 3	0,006513 8	240,100 9	4,190 6	0,006123 3	232,619 2	4,060 0	0,006106 5	226,565 1	3,9543	0,00648 2
265,491 5	4,633 7	1,595E-02	256,847 6	4,482 8	0,013097 5	250,100 9	4,365 1	0,011895 7	242,619 2	4,234 5	0,011437 0	236,565 1	4,1288	0,01179 8



275,491 5	4,808 2	3,126E-02	266,847 6	4,657 4	0,024438 9	260,100 9	4,539 6	0,021397 2	252,619 2	4,409 0	0,019788 0	246,565 1	4,3034	0,01980 6
285,491 5	4,982 8	6,035E-02	276,847 6	4,831 9	0,044768 1	270,100 9	4,714 2	0,037693 7	262,619 2	4,583 6	0,033444 4	256,565 1	4,4779	0,03241 8
295,491 5	5,157 3	1,177E-01	286,847 6	5,006 4	0,082664 8	280,100 9	4,888 7	0,066784 7	272,619 2	4,758 1	0,056699 4	266,565 1	4,6524	0,05310 9
305,491 5	5,331 8	2,343E-01	296,847 6	5,181 0	0,156024 8	290,100 9	5,063 2	0,120793 0	282,619 2	4,932 6	0,097902 8	276,565 1	4,8270	0,08843 0
315,491 5	5,506 4	4,761E-01	306,847 6	5,355 5	0,302570 1	300,100 9	5,237 7	0,224764 1	292,619 2	5,107 2	0,173765 1	286,565 1	5,0015	0,15110 6
325,491 5	5,680 9	9,679E-01	316,847 6	5,530 0	0,599334 4	310,100 9	5,412 3	0,430310 9	302,619 2	5,281 7	0,318231 6	296,565 1	5,1760	0,26642 2
335,491 5	5,855 4	1,873E+00	326,847 6	5,704 6	1,183125 3	320,100 9	5,586 8	0,837319 9	312,619 2	5,456 2	0,598992 5	306,565 1	5,3506	0,48468 7
345,491 5	6,030 0	3,138E+00	336,847 6	5,879 1	2,198676 8	330,100 9	5,761 3	1,599460 4	322,619 2	5,630 8	1,137924 8	316,565 1	5,5251	0,90105 1
355,491 5	6,204 5	3,996E+00	346,847 6	6,053 6	3,471750 1	340,100 9	5,935 9	2,789896 5	332,619 2	5,805 3	2,087133 8	326,565 1	5,6996	1,66427 7
365,491 5	6,379 0	3,473E+00	356,847 6	6,228 2	4,068271 6	350,100 9	6,110 4	3,944352 3	342,619 2	5,979 8	3,389480 1	336,565 1	5,8742	2,87274 8
375,491 5	6,553 6	2,048E+00	366,847 6	6,402 7	3,194708 3	360,100 9	6,284 9	3,936839 7	352,619 2	6,154 4	4,265996 0	346,565 1	6,0487	4,15221 8
385,491 5	6,728 1	8,925E-01	376,847 6	6,577 2	1,680957 6	370,100 9	6,459 5	2,556741 0	362,619 2	6,328 9	3,613852 6	356,565 1	6,2232	4,31709 4
395,491 5	6,902 6	3,091E-01	386,847 6	6,751 8	0,630969 7	380,100 9	6,634 0	1,089057 9	372,619 2	6,503 4	1,898058 0	366,565 1	6,3978	2,79170 3
405,491 5	7,077 2	7,851E-02	396,847 6	6,926 3	0,161267 5	390,100 9	6,808 5	0,291529 2	382,619 2	6,678 0	0,568334 3	376,565 1	6,5723	0,96629 6
415,491 5	7,251 7	-2,412E-16	406,847 6	7,100 8	0,000000 0	400,100 9	6,983 1	0,000000 0	392,619 2	6,852 5	0,000000 0	386,565 1	6,74683 3	0,00000 0



В. Построить графические зависимости  $\Pi(\varphi)$  для каждого из наборов величин  $(n, E)$ , используя результаты расчетов, приведенные в таблицах 1 и 2. Графические зависимости представлены на рисунке 2 и 3.

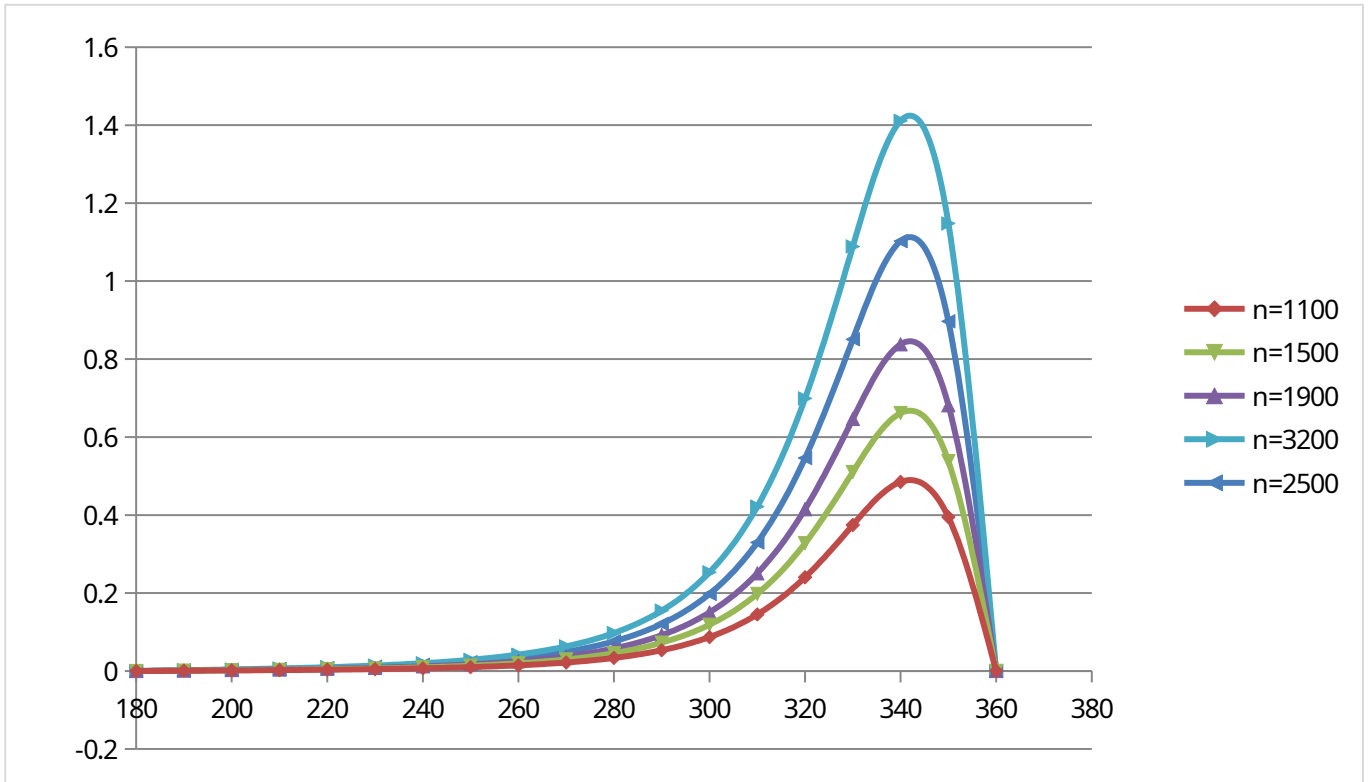


Рисунок 2 – Эпюры ГДД для статического нагружения ( $E=0$ )

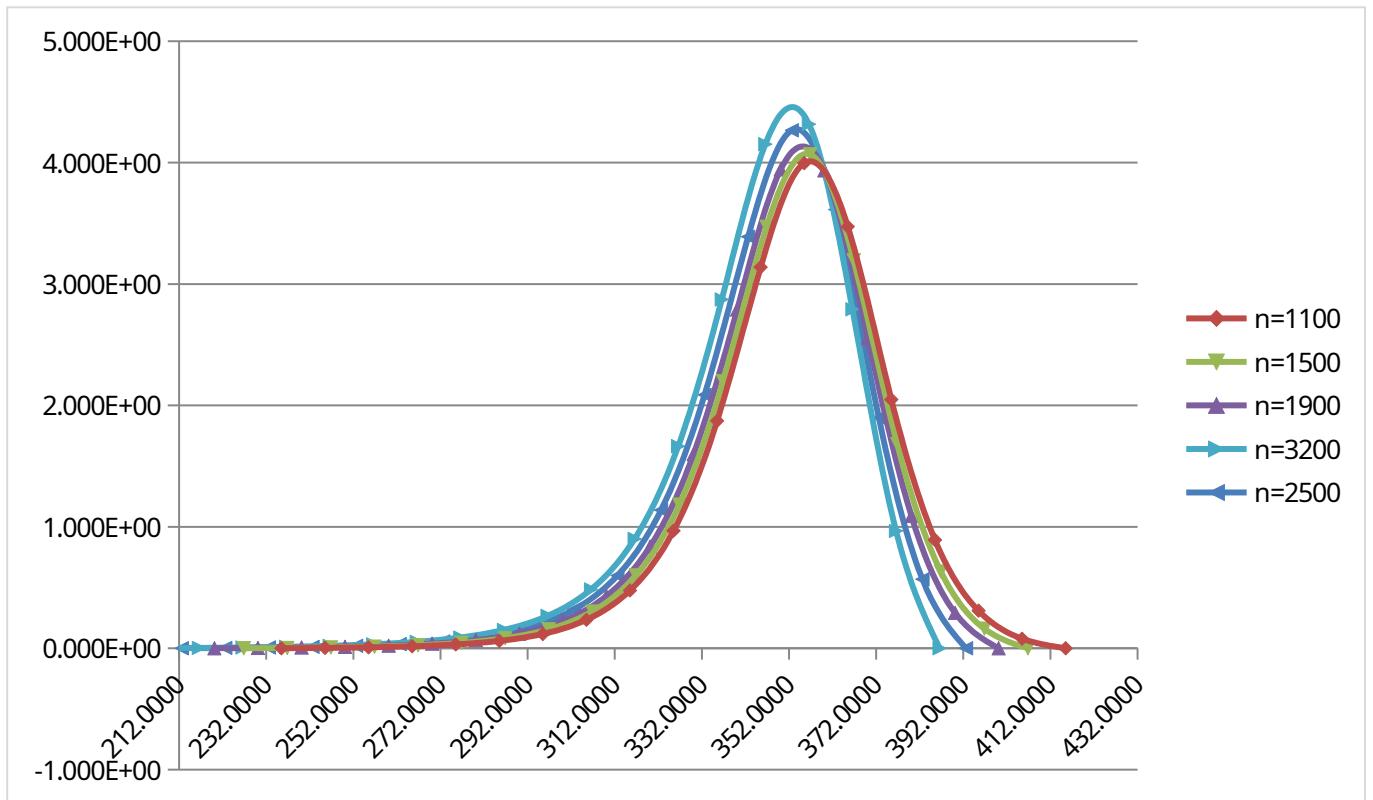


Рисунок 3 – Эпюры ГДД для динамического нагружения ( $E=0,4$ )

Г. Используя табл. 1 и 2 совместно с рис. 2 и 3 определяем максимум  $\Pi(\varphi)$  для каждого из заданных ( $n, E$ ) и координату  $\varphi_{\max}$ . Рассчитать размерную величину давлений по формуле:

$$p = p^* \cdot \Pi$$

Результаты расчета по формуле представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Максимальные значения гидродинамических давлений

Е	n	max П(n)	φmax, град	max P, Па
0	1100	0,48510 3	340	183881,7
	1500	0,66150 4	340	250747,7
	1900	0,83790 5	340	317613,8
	2500	1,10250 6	340	417912,9
	3200	1,41120 8	340	534928,4
0,4	1100	3,99594 7	358,9705	1514691, 9
	1500	4,06827 2	358,9705	1542107, 1
	1900	3,94435 2	348,9705	1495134, 6
	2500	4,26599 6	348,9705	1617055, 9
	3200	4,31709 4	348,9705	1636425, 0

Графические зависимости  $\max \Pi(n)$  для  $E=0$ ;  $E=0,4$  представлены на рисунках 4 и 5.

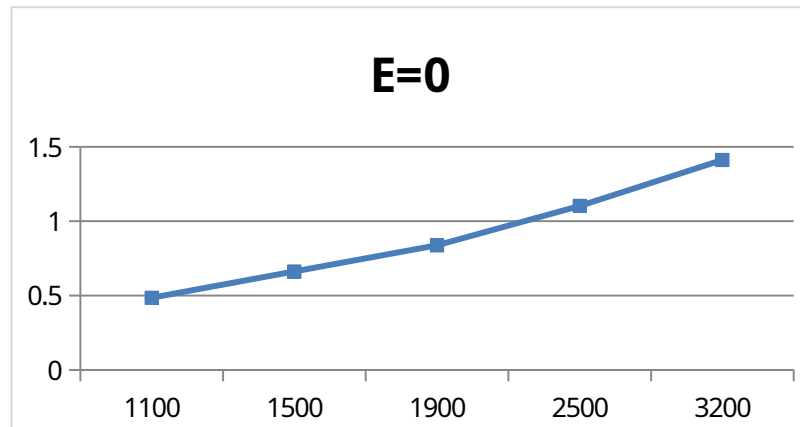


Рисунок 4 – Зависимость максимальных давлений от  $n$ , при  $E=0$

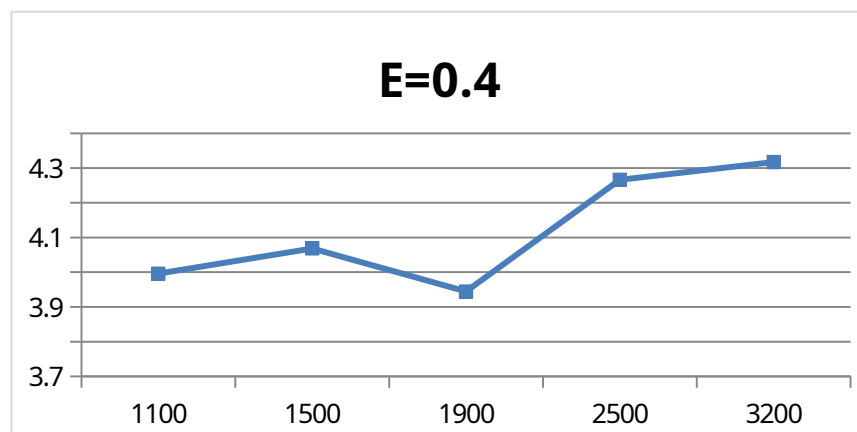


Рисунок 5 – Зависимость максимальных давлений от  $n$ , при  $E=0,4$

Д. Рассчитываем распределение гидродинамических давлений по осевой координате в середине несущей области  $\varphi_c = \frac{1}{2}(\varphi_n + \varphi_k)$  по формуле:

$$\Pi(z) = 3a^2 \mu_1 \frac{G\chi \sin\varphi_* - E \cos\varphi_*}{(1 - \chi \cos\varphi_*)^3} \left[ \left( \frac{z}{a} \right)^2 - 1 \right]$$

где  $\alpha$  – безразмерная координата изменяется с шагом  $\alpha/8$ , в пределах  $-\alpha \leq z \leq \alpha$ .

Расчетные значения  $\Pi(z)$  сводятся в таблицу 4

Таблица 4 – Распределение гидродинамических давлений в смазочном слое опоры по осевой координате в середине несущей области при  $E=0$  и при  $E=0,4$

$\varphi^*$	E=0					E=0,4				
	270	270	270	270	270	325,49147 7	316,8476103	310,1009 1	302,619 2	296,5650512
z	1100	1500	1900	2500	3200	1100	1500	1900	2500	3200
-0,17248	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0,15092	0,00508 6	0,00693 5	0,00878 4	0,011558115	0,014794387	0,2268543 7	0,253330741	0,279807 1	0,31952 2	0,365855321
-0,12936	0,00949 3	0,01294 5	0,01639 7	0,021575148	0,027616189	0,4234614 9	0,472884049	0,522306 6	0,59644	0,682929933
-0,1078	0,01322 2	0,01803 1	0,02283 9	0,030051099	0,038465407	0,5898213 6	0,658659926	0,727498 5	0,83075 6	0,951223836
-0,08624	0,01627 4	0,02219 2	0,02810 9	0,036985968	0,047342039	0,7259339 8	0,81065837	0,895382 8	1,02246 9	1,170737028
-0,06468	0,01864 7	0,02542 8	0,03220 9	0,042379755	0,054246086	0,8317993 5	0,928879382	1,025959 4	1,17157 9	1,341469512
-0,04312	0,02034 2	0,02773 9	0,03513 7	0,04623246	0,059177549	0,9074174 7	1,013322962	1,119228 5	1,27808 7	1,463421285
-0,02156	0,02135 9	0,02912 6	0,03689 4	0,048544083	0,062136426	0,9527883 5	1,063989111	1,175189 9	1,34199 1	1,53659235
0	0,02169 8	0,02958 9	0,03747 9	0,049314624	0,063122719	0,9679119 7	1,080877827	1,193843 7	1,36329 2	1,560982705
$\varphi^*$ рад	4,71238 9	4,71238 9	4,71238 9	4,71238898	4,71238898	5,6808979 6	5,530034026	5,412281 9	5,28170 2	5,176036589

Графики  $p(z)$  для каждого набора  $(n, E)$  представлены на рисунках 6 и 7:

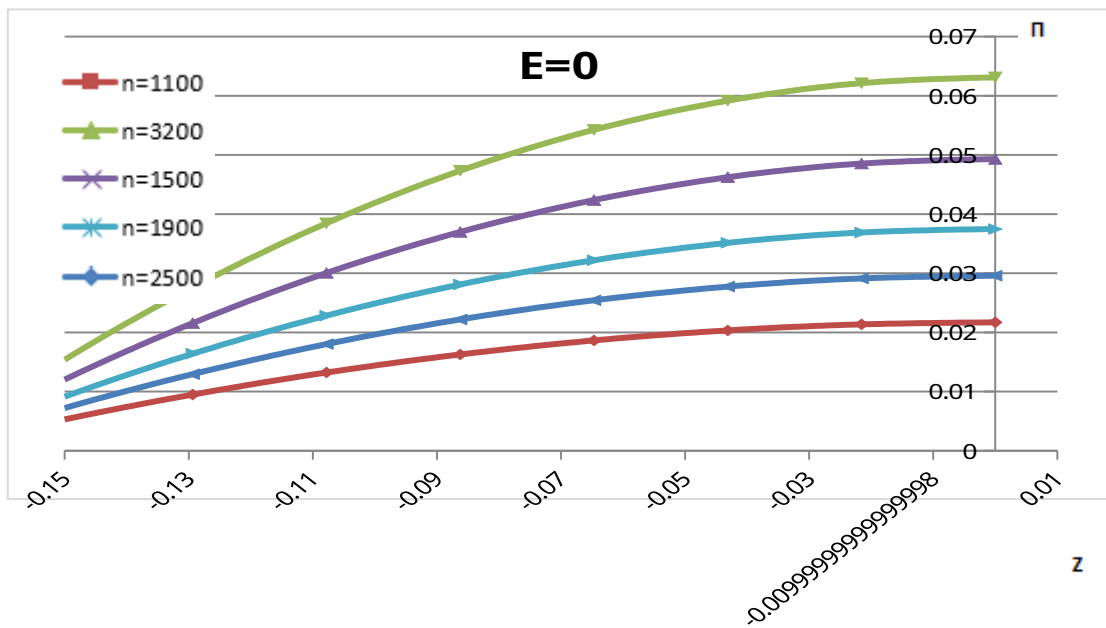


Рисунок 6 – Распределение гидродинамических давлений по ширине опоры  
( $E=0$ )



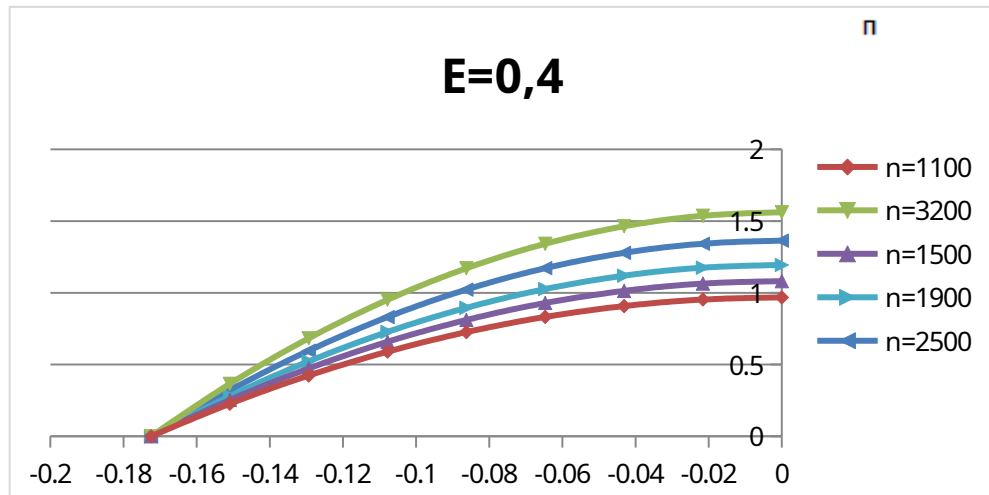


Рисунок 7 – Распределение гидродинамических давлений по ширине опоры (E=0,4)

Е. Рассчитать составляющие главного вектора сил гидродинамического давления в слое R(V , W) по формулам:

$$W = -\chi a^2 \mu_1 \left( A_3^{11} G - \frac{E}{\chi} A_3^{02} \right);$$

$$V = -\chi a^2 \mu_1 \left( A_3^{20} G - \frac{E}{\chi} A_3^{11} \right),$$

где значения интегральных функций:

$$A_k^{mn}(\chi) = \int_{\varphi_H}^{\varphi_K} \frac{\sin^m \varphi \cdot \cos^n \varphi}{(1 - \chi^2 \cos^2 \varphi_H)^k} \cdot d\varphi$$

а для величин индексов k = 3; m = 0, 1, 2; n = 0, 1, 2; интегралы могут быть рассчитаны по следующим формулам:

$$A_3^{11} = 2\chi \cos^3 \varphi_H \frac{1}{(1 - \chi^2 \cos^2 \varphi_H)^2}$$

$$A_3^{20} = A_3^{00} - A_3^{02},$$

$$A_3^{00} = \frac{1}{2(1 - \chi^2)} \left[ 3A_2^{00} - A_1^{00} - \frac{2\chi \sin \varphi_H \cdot (1 + \chi^2 \cos^2 \varphi_H)}{(1 - \chi^2 \cos^2 \varphi_H)^2} \right],$$

$$A_3^{02} = \frac{1}{\chi^2} [A_1^{00} - 2A_2^{00} + A_3^{00}],$$

$$A_1^{00} = \frac{2}{\sqrt{1 - \chi^2}} \left[ \frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} \left( \frac{\chi \sin \varphi_H}{\sqrt{1 - \chi^2}} \right) \right],$$

$$A_2^{00} = \frac{1}{1 - \chi^2} \left[ A_1^{00} + \frac{2\chi \sin \varphi_H}{1 - \chi^2 \cos^2 \varphi_H} \right].$$

Таблица 6 – Значения интегралов и составляющих главного вектора сил гидродинамического давления

E	n	A <sub>3</sub> <sup>11</sup>	A <sub>1</sub> <sup>00</sup>	A <sub>2</sub> <sup>00</sup>	A <sub>3</sub> <sup>00</sup>	A <sub>3</sub> <sup>02</sup>	A <sub>3</sub> <sup>20</sup>	V	W
0	110 0	- 12,345 7	5,23598 8	14,544410 43	53,329504 92	46,05729 97	7,2722052 17	- 0,05259 8	0,08929 4
	150 0							- 0,07172 5	0,12176 5
	190 0							- 0,09085 2	0,15423 5
	250 0							- 0,11954 2	0,20294 1
	320 0							- 0,15301 4	0,25976 4
0,4	110 0	- 0,4607 9	8,01066 4	17,642657 57	65,163133 58	59,20075 38	5,9623797 52	- 0,04797 2	0,62615 2
	150 0	- 1,0428 1	7,80788 3	17,060704 45	63,248651 95	57,71113 41	5,5375178 5	- 0,06558 7	0,61743 2
	190 0	- 1,8299 5	7,60134 8	16,538311 73	61,497336 15	56,28447 06	5,2128656 01	- 0,08437 6	0,615
	250 0	- 3,2072 9	7,31329 3	15,926564 27	59,393574 57	54,45896 73	4,9346072 63	- 0,11485 8	0,62565 5
	320 0	- 4,8074 6	7,02826 5	15,449975 51	57,692593 99	52,84516 91	4,8474248 65	- 0,15257 1	0,65710 8

Ж. Рассчитать коэффициент нагруженности опоры (число Зоммерфельда):

$$S_o = \sqrt{W^2 + V^2}$$

Определить значение характеристики режима работы опоры:

$$S_1 = \frac{S_0}{\psi_0^2} = \frac{0,103}{0,00246^2} = 16989,45$$

Рассчитать коэффициент перегрузки опоры:

$$k\Pi = \frac{\max \Pi}{S_0}$$

Оценить средние величины гидродинамических давлений в слое (Па) и несущей способности (Н):

$$P_{cp}(B) = \mu_0 \cdot \omega_0 \cdot S_1 = 0,0069 \cdot 335,1 \cdot 16989,45 = 39283,214 \text{ Па,}$$

$$R_{cp}(B) = P_{cp}(B)BD_2.$$

Восстановим модуль и направление внешней силы  $F$ , действующей на шип опоры. Для тяжело нагруженных опор коленчатого вала уравнение движения центра шипа записывается в виде уравнения баланса сил, так как инерционными силами, ввиду их малости по сравнению с внешними, пренебрегаем:

$$R(B)+F=0$$

Тогда:

$$F=-R(V+B)$$

Величину угла  $\theta$ , определяющего положение линии центров относительно линии действия нагрузки, определяют по формуле:

$$\theta = -\arctg\left(\frac{V}{W}\right) + \frac{\pi}{2} \left(1 - \frac{W}{|W|}\right).$$

Результаты расчетов по приведенным формулам представлены в таблице 7

Таблица 7 – Результаты расчета основных силовых параметров опоры

E	n	So	S1	Рср, Па	R, Н	θ, рад	кП	θ, град
0	1100	0,1036 3	16989,4 5	39283,214	75,21361	0,53233	4,680922	30,500 2
	1500	0,1413 2	23167,4 3	53568,019	102,56401	0,53233	4,680922	30,500 2
	1900	0,1790 0	29345,4 1	67852,824	129,91441	0,53233	4,680922	30,500 2
	2500	0,2355 3	38612,3 9	89280,032	170,94001	0,53233	4,680922	30,500 2
	3200	0,3014 8	49423,8 6	114278,44 0	218,80322	0,53233	4,680922	30,500 2
0,4	1100	0,6279 9	102950, 2	238042,73 7	455,76853	0,07647	6,363109	4,3811
	1500	0,6209 1	101789, 5	235358,87 6	450,62987	0,10583	6,552152	6,0635
	1900	0,6207 6	101765, 7	235303,79 1	450,52440	0,13635	6,354061	7,8121
	2500	0,6361 1	104282	241122,20 3	461,66463	0,18156	6,706375	10,402 6
	3200	0,6745 9	110589, 9	255707,42 0	489,59021	0,22814	6,399599	13,071 6

Построим графические зависимости кП(n) (рис.8), So(n) (рис.9) и θ(n) (рис.10) для заданных значений.

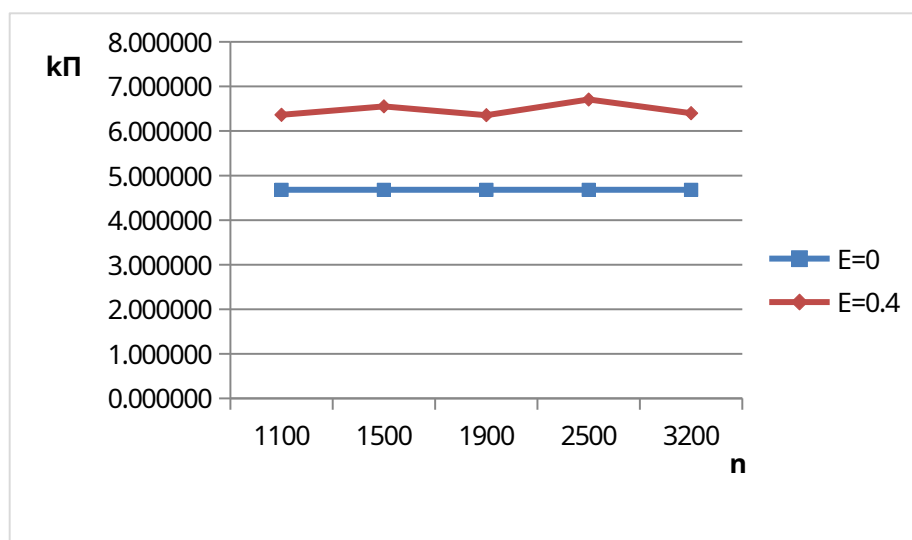


Рисунок 8 – Коэффициент перегрузки опоры

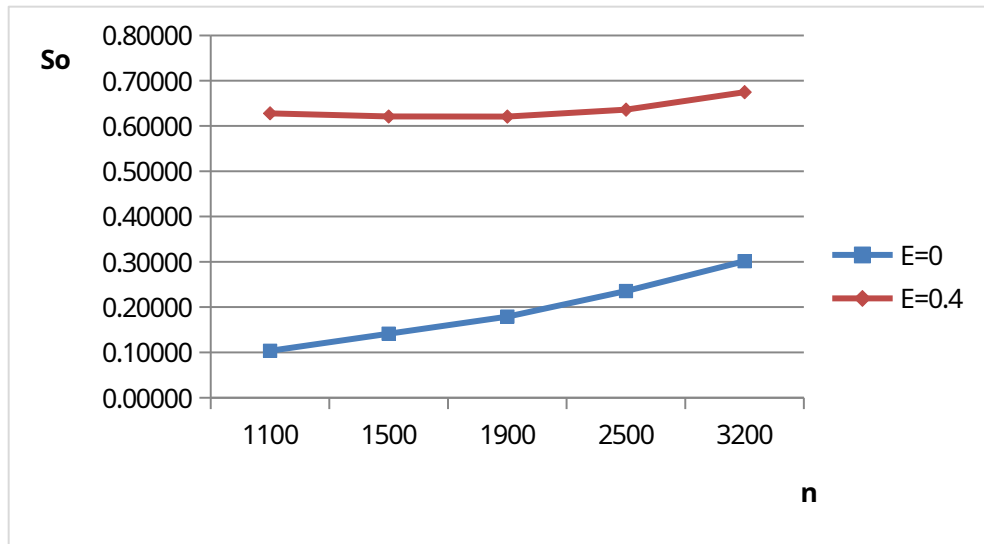


Рисунок 9 – Коэффициент нагруженности опоры

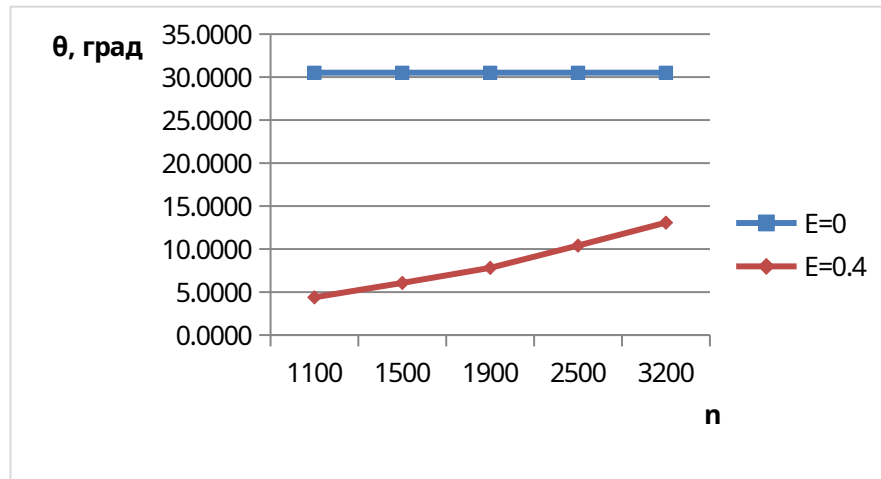


Рисунок 10 – Угол  $\theta$ , определяющий положение линии центров относительно линии действия нагрузки

На рисунке 11 показаны линии действия внешней силы для заданных режимов нагружения  $E = 0$  и на рисунке 12  $E > 0$ .

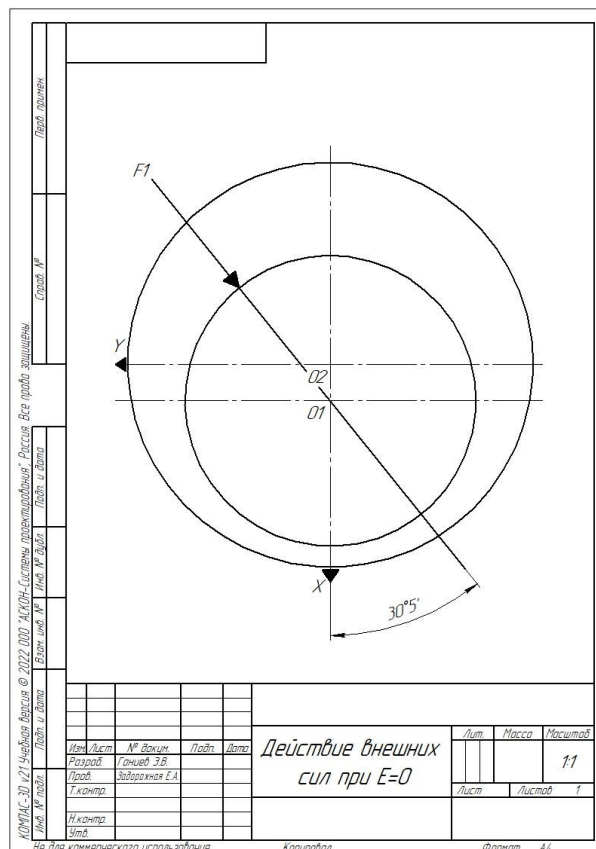


Рисунок 11 – Действие внешних сил на шип при статическом (при  $E=0$ )



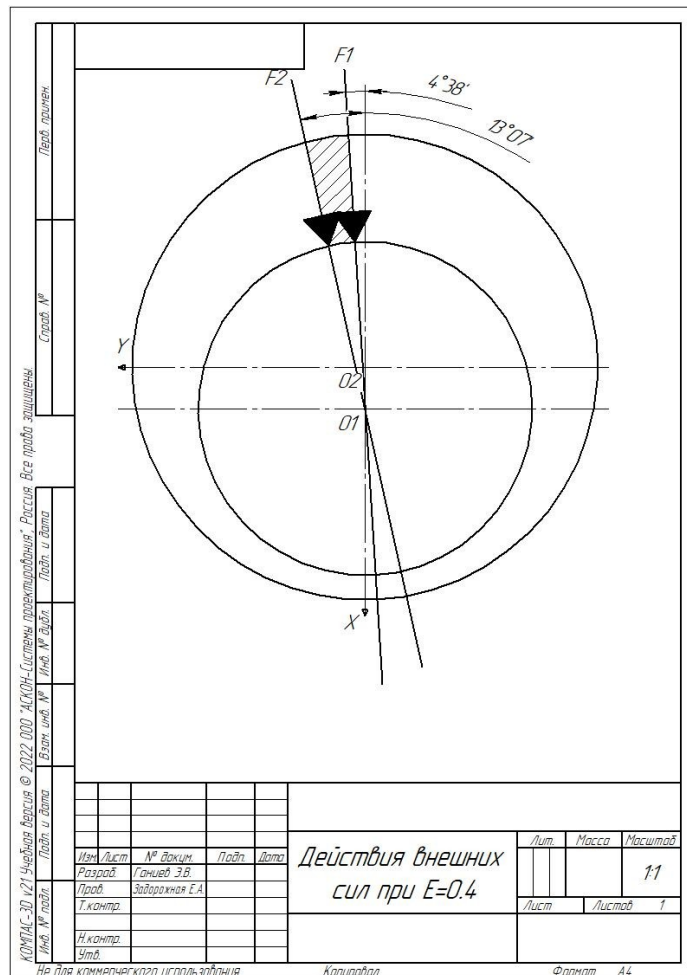


Рисунок 12 – Действие внешних сил на шип при динамическом (при E=0,4)

3. Рассчитаем торцевой расход смазки и мощности потерь в опоре, коэффициенты торцевого расхода смазки  $q_x$  и мощности рассеяния энергии в смазочном слое  $kN$  по следующим формулам:

$$q = -\frac{1}{8}G \frac{\chi}{\cos \varphi_H}, \quad kN = kN_1 + kN_2 + kN_3,$$

где  $kN_1$  – коэффициент потерь мощности на вязкое трение между слоями смазки,  $kN_2$ ,  $kN_3$  – коэффициент потерь мощности за счет сопротивления смазки касательному и нормальному направлениям движения шипа соответственно, рассчитываются по формулам:

$$kN_1 = \mu_1 \omega_1^2 \frac{\pi}{\sqrt{1-\chi^2}}, \quad kN_2 = -\frac{1}{2} \chi G V, \quad kN_3 = \frac{1}{2} E W.$$

Размерные величины расхода смазки  $Q$  (м<sup>3</sup>/с) на торцах опоры и мощности

рассеяния энергии N(Вт) определим по формулам:

$$Q_x = \frac{BD^2}{2} \psi_0 \omega_0 q_x, \quad N_x = \frac{BD^2}{2} \mu_0 \frac{\omega_0^2}{\psi_0} kN_x.$$

Результаты расчетов сводим в табл.8. Графики функций для двух случаев нагружения опоры представлены на рис.12, 13.

Таблица 8 – Коэффициенты расхода и потерь мощности, расход и потери мощности в опоре

E	n	q	kN1	kN2	kN3	kN	Q (м <sup>3</sup> *с)	N,Вт
0	1100	0,03437 5	0,54697 2	0,00723229 2	0	0,554203 9	2,02908E- 06	12,4002 37
	1500	0,04687 5	1,01709 6	0,01344847 7	0	1,030544 43	2,76692E- 06	23,0582 92
	1900	0,05937 5	1,63187 4	0,02157733 5	0	1,653451 29	3,50477E- 06	36,9957 48
	2500	0,07812 5	2,82526 7	0,03735688 2	0	2,862623 43	4,61154E- 06	64,0508 1
	3200	0,1 7	4,62891 7	0,06120551 5	0	4,690122 23	5,90277E- 06	104,940 85
0,4	1100	0,06067 7	0,54697 2	0,00659621 4	0,1252303 09	0,678798 13	3,5816E-06	15,1880 16
	1500	0,06853 7	1,01709 6	0,01229756	0,1234864 94	1,152880 01	4,04556E- 06	25,7955 34
	1900	0,07762 3	1,63187 4	0,02003939 8	0,1229999 49	1,774913 3	4,58193E- 06	39,7134 44
	2500	0,09275 5	2,82526 7	0,03589319 1	0,1251310 12	2,986290 75	5,47512E- 06	66,8178 5
	3200	0,11180 3	4,62891 7	0,06102833 1	0,1314216 71	4,821366 71	6,5995E-06	107,877 43

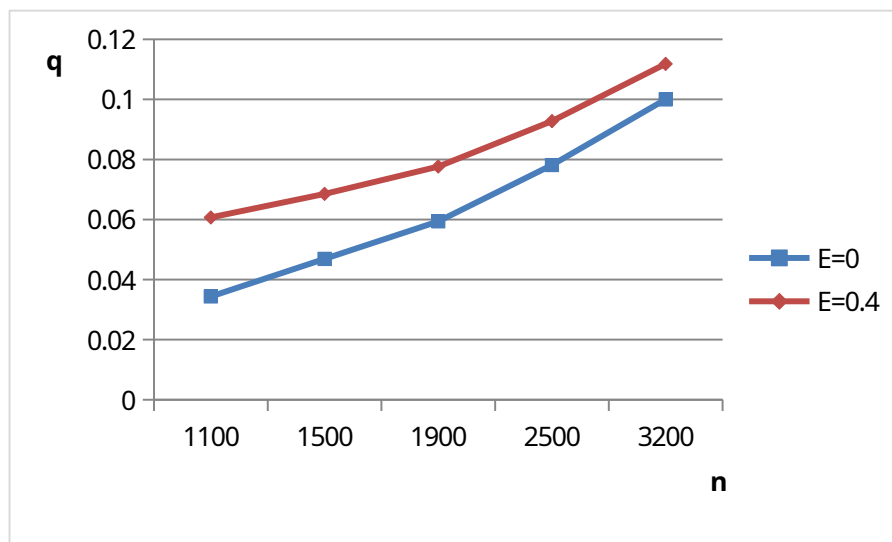


Рисунок 13 – Коэффициент торцового расхода смазки

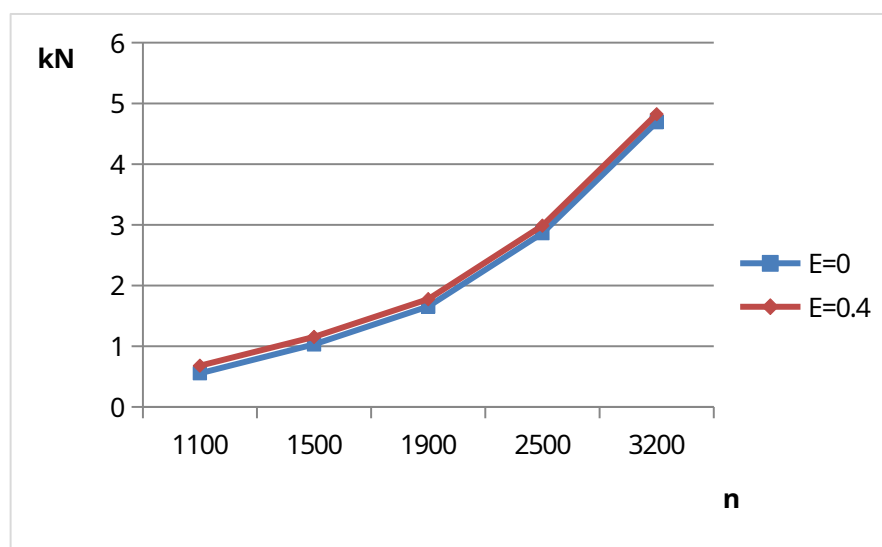


Рисунок 14 – Коэффициент мощности рассеяния энергии в смазочном слое

Вывод:

В результате проделанной теоретической работы я выявил, что при увеличении оборотов коленчатого вала увеличивается гидродинамическое давление по осевой и угловым координатам, а также коэффициенты нагруженности, а также перегрузки опоры тоже увеличиваются. Коэффициент потерь мощности увеличивается с увеличением оборотов коленчатого вала из-за его прямой зависимости от площади смазочного слоя.