НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
КАФЕДРА ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ

Розробка двигуна для всюдихода потужністю 25 кВт

Виконали: студент гр. ТМ-42ам Бекарюк О.М.
студент гр. ТМ-42ас Гончаров Ю.О.
студент гр. ТМ-42ам Альохін Д.С.
Керівник: доцент кафедри ДВЗ Осетров О.О.

Слайд 2

Обґрунтування вибору двигуна-прототипу

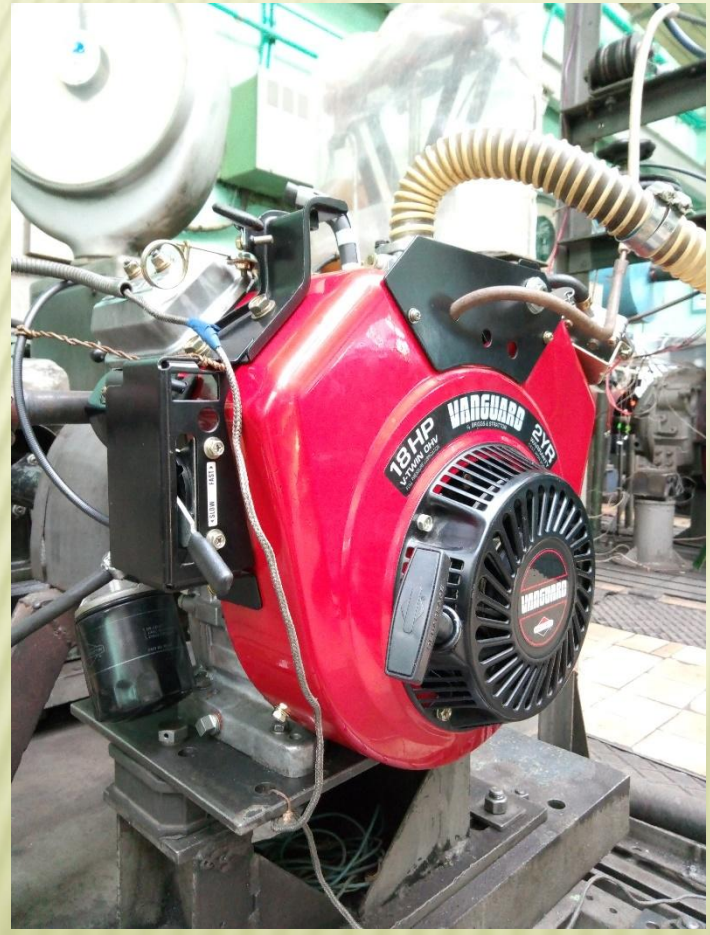
Аналіз параметрів сучасних двигунів

Марка двигуна	Потужність, к. с.	Об'єм	Число циліндрів	Система живлення	Тип двигуна	Система охолодження	Тип палива
Lifan 2V78F-2A	31	690	2	Карбюратор	4-тактный V-образный	Воздушное	бензиновый
Kohler Aegis LH 750	31	748	2	Карбюратор	4-тактный V-образный	Воздушное	бензиновый
Kohler CH980	35	1000	2	Карбюратор	4-тактный V-образный	Воздушное	бензиновый
Gator Tail Gtr 35L	35	750	2	Карбюратор	4-тактный рядный	Воздушное	бензиновый
Lifan	32	680	2	Карбюратор	4-тактный V-образный	Жидкостное	бензиновый
Chery SQR	35,4	600	2	Карбюратор	4-тактный V-образный	Жидкостное	бензиновый
Honda GX-680	32	680	2	Карбюратор	4-тактный рядный	Воздушное	бензиновый

Слайд 3

Обґрунтування вибору двигуна-прототипу

Загальний вид двигуна



Технічні характеристики двигуна-прототипу

Марка двигуна	Briggs&Stratton Vanguard 18 hp
Тип двигуна	Бензиновий, 4-тактний
Число циліндрів	2
Розташування циліндрів	V-подібний
Діаметр циліндрів, мм	72
Хід поршня, мм	70
Об`єм двигуна	570 $см^3$=0,57 л
Потужність	13,2 кВт / 3600 $хв^{-1}$
Кількість клапанів	4
Ступінь стиснення	8,2

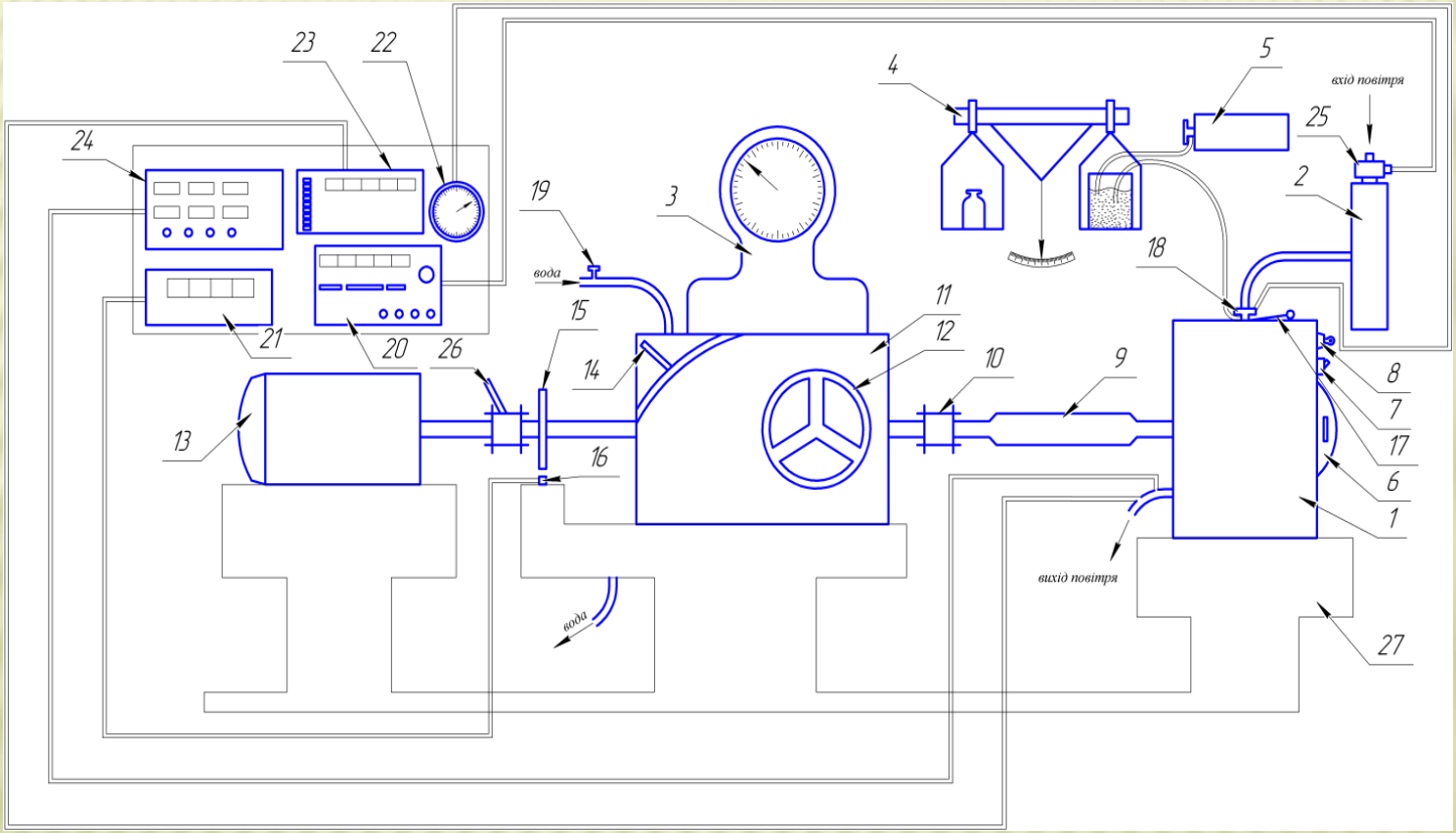
Слайд 4

Обґрунтування вибору двигуна-прототипу

Слайд 5

Експериментальне дослідження двигуна-прототипу

Схема експериментального моторного стенду з двигуном-прототипом



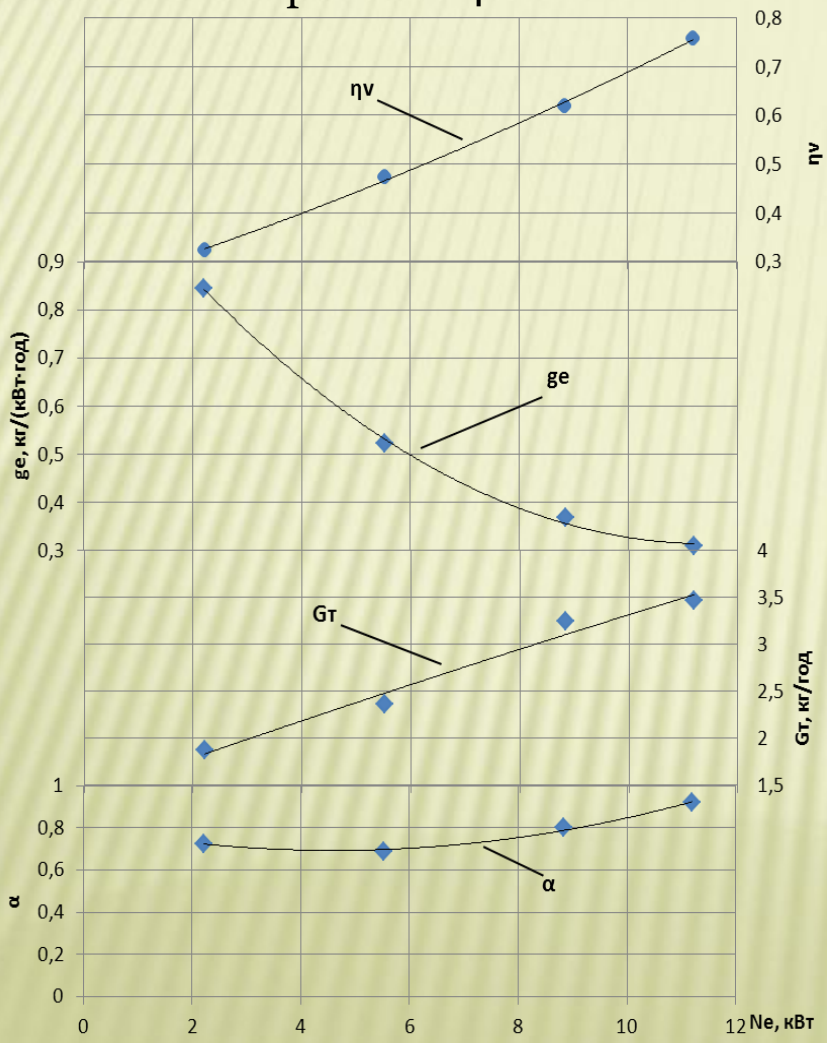
1 – двигун-прототип; 2 – повітряний ресивер; 3 – ваговий пристрій для визначення навантаження на плечі гальма; 4 – ваги для вимірювання витрати палива; 5 – паливний бак; 6 – ручний пусковий пристрій; 7 – важіль регулювання обертів колінчастого валу; 8 – вимикач стартера; 9 – вал; 10 – муфта; 11 – гальмівна установка; 12 – вентиль гідравлічного гальма; 13 – електричний двигун для запуску ДВЗ; 14 – важіль механічного гальма; 15 – шестерня; 16 – датчик числа обертів; 17 – орган управління повітряною заслінкою; 18 – карбюратор;

19 – вентиль для подачі рідини на гідравлічне гальмо; 20 – витратомір повітря; 21 – сумарний лічильник для визначення кількості обертів колінчастого валу; 22 – манометр для вимірювання розрідження за дросельною заслінкою; 23 – гальванометр для вимірювання температури відпрацьованих газів; 24 – газоаналізатор для визначення складу відпрацьованих газів; 25 – мірне сопло для вимірювання витрати повітря; 26 – муфта для з’єднання електродвигуна з ДВЗ; 27 – опора.

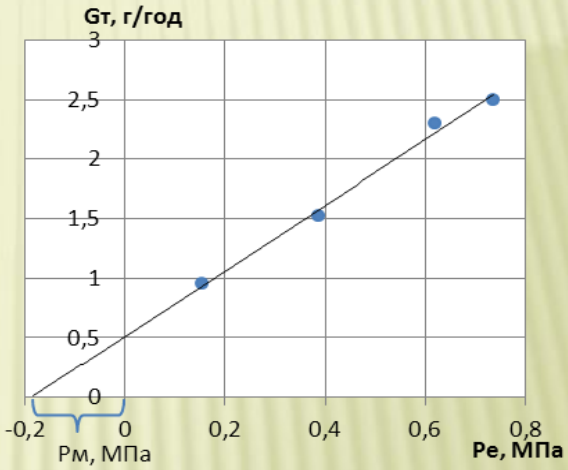
Слайд 6

Експериментальне дослідження двигуна-прототипу

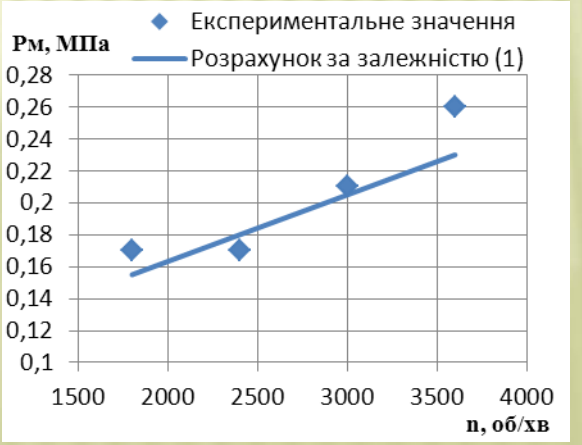
Приклад знятої навантажувальної характеристики на режимах з частотою обертання 2400 хв$^{-1}$



Приклад визначення механічних втрат на режимі 1800 хв$^{-1}$



Результати визначення загальних механічних втрат в двигуні Briggs&Stratton Vanguard



$$P_м = a + b\frac{n}{n_н}$$

де a, b – емпіричні коефіцієнти. Для двигунів із зовнішнім сумішоутворенням рекомендовано a=0,08; b=0,15 за $n_н$ = 3600 хв$^{-1}$.

Слайд 7

Експериментальне дослідження двигуна-прототипу

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

ВІСНИК

НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ХПІ»

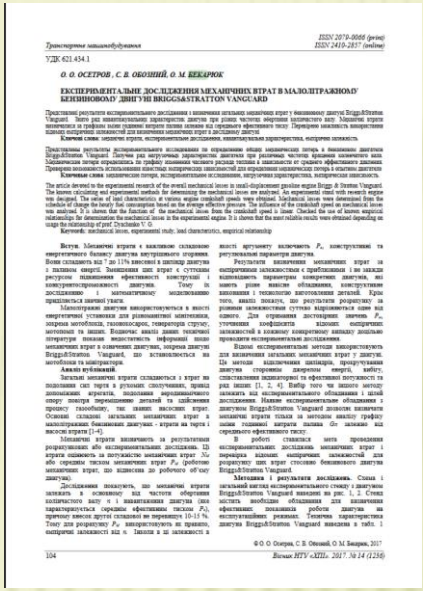
Серія: Транспортне машинобудування

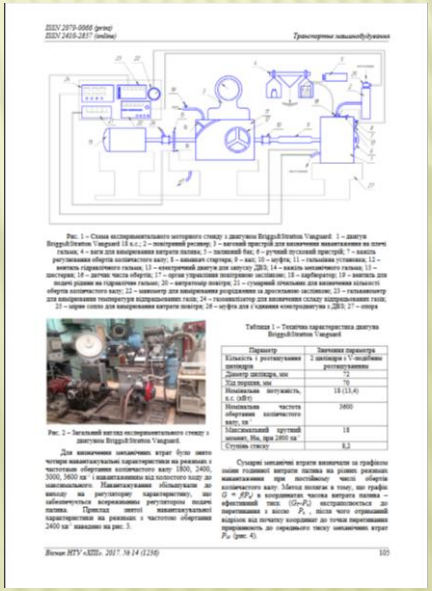
№ 14 (1236) 2017

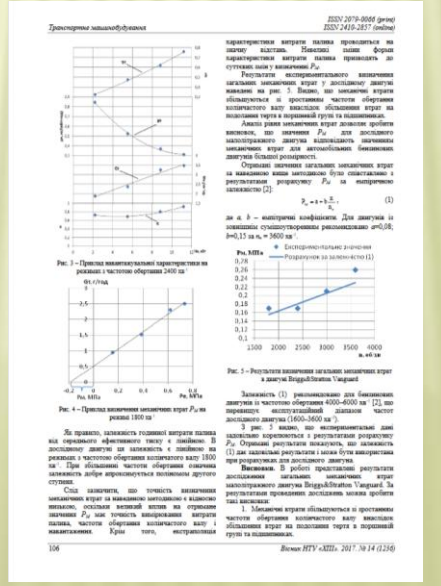
Збірник наукових праць

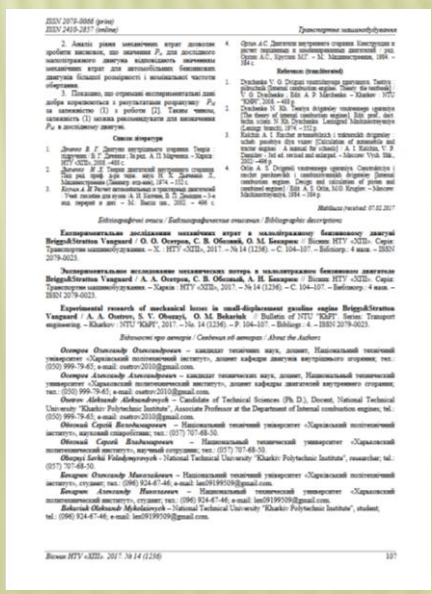
Видання засноване у 1961 р.

Харків
НТУ «ХПІ», 2017









Слайд 8

Результати розрахунку робочого процесу

Робоче вікно MATLAB з внесенеми даними для розрахунку

Editor - G:\Игровое проектирование\Рабочий процесс\Варианты\briggs_boost1.m

```
10 -          s=0.070;
11 -          e=9;            %9.8
12 -          z=2;
13 -          l=0.106;
14            %для рассчета прох. сеч. клапанов
15 -          dgt=0.026;        %диаметр горловины выпускного клапана
16 -          dsht=0.006;       %диаметр штока выпускного клапана
17 -          dgs=0.023;        %диаметр горловины впускного клапана
18 -          dshs=0.006;       %диаметр штока впускного клапана
19 -          fipt=90;          %продолжительность подъема/посадки выпускного клапана
20 -          fips=90;          %продолжительность подъема/посадки выпускного клапана
21 -          mus=0.5;  %!0.65
22 -          mut=0.8;
23      %2. Режимные параметры:
24 -          n=3800; %режим Мкр max n=3000; режим Мкр max n=3000; режим Ne n=5600;
25 -          nn=3600;
26 -          tst=400;
27 -          nei=40; %nei=52   !
28 -          alfai=0.89; %alfai=0.9; !
29 -          alfan=1.0;
30 -          fi1=331;
31      %       if n<=1000
32      %          fi1=350;
33      %      else fi1=355-0.005*n;
34      %      end;
35            %Доля рециркулируемых газов
36 -          gamr=0;
37 -          p0=101000;
38 -          t0=293;
39 -         dpvf=2000;              %потери во впускн. системе 1000-3000 Па
40
41            %ps=p0-dpvf;            %давление перед впускными клапанами
42 -          ps=175000;
```

Слайд 9

Експериментальне дослідження двигуна-прототипу

Вікна MATLAB з результатами розрахунку та графіками

MATLAB 7.9.0 (R2009b)

File Edit View Graphics Debug Parallel Desktop Window Help

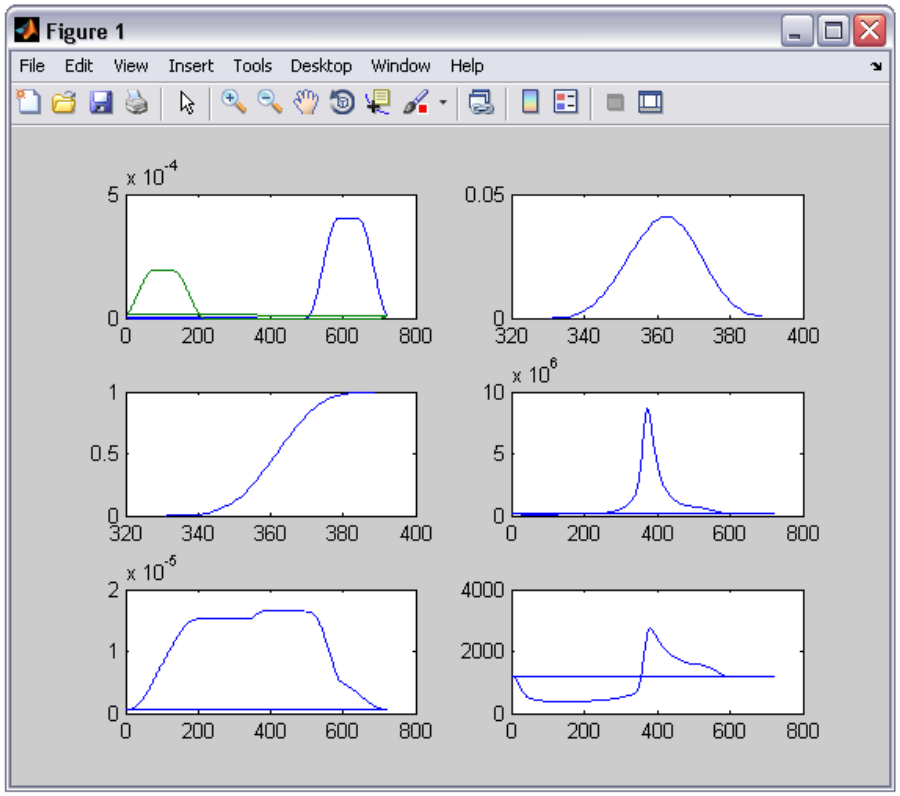
Current Folder: G:\Игровое проектирование\Рабочий процесс\Варианты

Shortcuts How to Add What's New

Workspace | Command Window

Stack: Base | Select data to plot

Name	Value	Min	Max
pd	1.9014e+05	1.901...	1.901...
pe	7.4770e+05	7.477...	7.477...
pin	1.7577e+06	1.757...	1.757...
pmd	159700	159700	159700
pme	1.4116e+06	1.411...	1.411...
pmk	1.0476e+05	1.047...	1.047...
pnx	-8.1721e+04	-8.17...	-8.17...
pogrne	-0.3630	-0.3630	-0.3630
pol	0.9990	0.9990	0.9990
poli	[0.9990,0.9200,0.920...	0	0.9990
polm	[0,0,0,0,0,0,0.9990]	0	0.9990
ps	175000	175000	175000
psg	<720x1 double>	0	2.633...
psicz	1	1	1
psr	7.5001e+05	7.500...	7.500...
pt	105000	105000	105000
ptop	[0,0,0,2,0,0,0]	0	2
ptsr	115000	115000	115000
pz	8.6405e+06	8.640...	8.640...
q1	<720x1 double>	-1.27...	1.1186
qn	4.4000e+04	4.400...	4.400...
qni	3.7730e+04	3.773...	3.773...
qno	[10780,12630,35000,...	0	223928
qnor	[0,0,0,0,0,0,223928]	0	223928
qnosgn	223928	223928	223928
qnsg	4.4000e+04	4.400...	4.400...
qnsg1	5.0160e+06	5.016...	5.016...
qw	<720x1 double>	0	0.1770
qw1	0.1261	0.1261	0.1261
qwotn	<720x1 double>	0	0.1470
r	295.5126	295.5...	295.5...
rab	<720x1 double>	-0.0463	0.5977
rco	0.0313	0.0313	0.0313



Start

Слайд 10

Вибір і обґрунтування конструкції та регулювання параметрів двигуна

Параметри варіювання

Xj	ε	n, хв⁻¹	Ps, Па	ϕ, град	α
-2	6	3200	150000	328	0,8
-1	7	3400	175000	331	0,83
0	8	3600	200000	334	0,86
+1	9	3800	225000	337	0,89
+2	10	4000	250000	340	0,92

Схема ротатабельного плану

№	Кодовані фактори					Присвоєні значення				
	X1	X2	X3	X4	X5	ε	n, хв⁻¹	Ps, Па	ϕ, град	α
1	-1	-1	-1	-1	+1	7	3400	175000	331	0,89
2	+1	-1	-1	-1	-1	9	3400	175000	331	0,83
3	-1	+1	-1	-1	-1	7	3800	175000	331	0,83
4	+1	+1	-1	-1	+1	9	3800	175000	331	0,89
5	-1	-1	+1	-1	-1	7	3400	225000	331	0,83
6	+1	-1	+1	-1	+1	9	3400	225000	331	0,89
7	-1	+1	+1	-1	+1	7	3800	225000	331	0,89
8	+1	+1	+1	-1	-1	9	3800	225000	331	0,83
9	-1	-1	-1	+1	-1	7	3400	175000	337	0,83
10	+1	-1	-1	+1	+1	9	3400	175000	337	0,89
11	-1	+1	-1	+1	+1	7	3800	175000	337	0,89
12	+1	+1	-1	+1	-1	9	3800	175000	337	0,83
13	-1	-1	+1	+1	+1	7	3400	225000	337	0,89
14	+1	-1	+1	+1	-1	9	3400	225000	337	0,83
15	-1	+1	+1	+1	-1	7	3800	225000	337	0,83
16	+1	+1	+1	+1	+1	9	3800	225000	337	0,89
17	-2	0	0	0	0	6	3600	200000	334	0,86
18	+2	0	0	0	0	10	3600	200000	334	0,86
19	0	-2	0	0	0	8	3200	200000	334	0,86
20	0	+2	0	0	0	8	4000	200000	334	0,86
21	0	0	-2	0	0	8	3600	150000	334	0,86
22	0	0	+2	0	0	8	3600	250000	334	0,86
23	0	0	0	-2	0	8	3600	200000	328	0,86
24	0	0	0	+2	0	8	3600	200000	340	0,86
25	0	0	0	0	-2	8	3600	200000	334	0,8
26	0	0	0	0	+2	8	3600	200000	334	0,92
27	0	0	0	0	0	8	3600	200000	334	0,86
28	0	0	0	0	0	8	3600	200000	334	0,86
29	0	0	0	0	0	8	3600	200000	334	0,86
30	0	0	0	0	0	8	3600	200000	334	0,86
31	0	0	0	0	0	8	3600	200000	334	0,86
32	0	0	0	0	0	8	3600	200000	334	0,86

Слайд 11

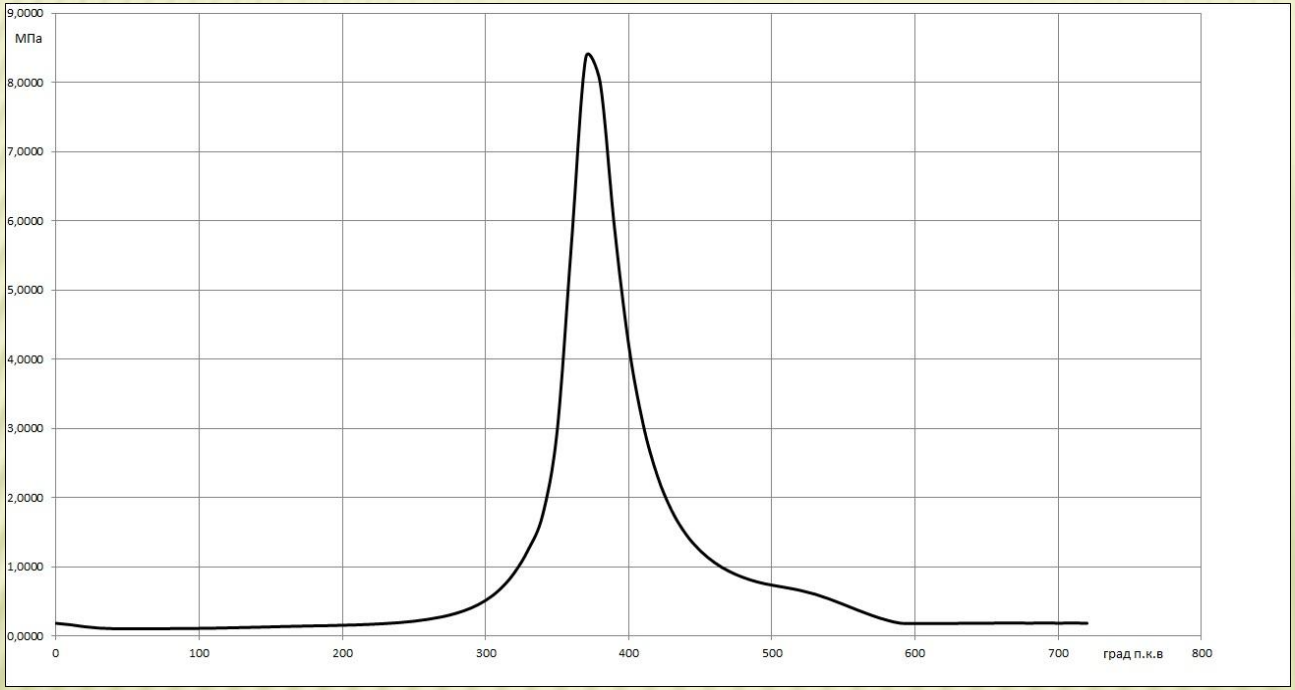
Результати розрахунку робочого процесу

Результати розрахунку робочого процесу з використанням ротатабельного плану

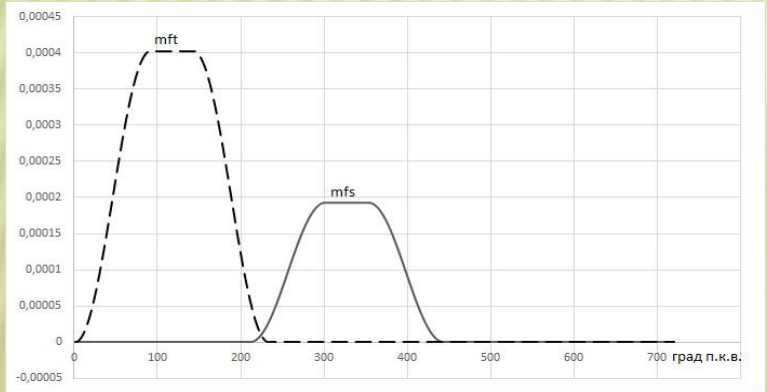
№	Кодовані фактори					Присвоєні значення					Результати розрахунку				Виконавець
	X1	X2	X3	X4	X5	e	n, хв⁻¹	Ps, Па	ϕ, град	α	ge, г/кВтч	Ne, кВт	Pe, МПа	Pz, МПа	
1	-1	-1	-1	-1	+1	7	3400	175000	331	0,89	0,306	22,377	1,386	7,123	Бекарюк О.М.
2	+1	-1	-1	-1	-1	9	3400	175000	331	0,83	0,307	23,989	1,485	9,481	
3	-1	+1	-1	-1	-1	7	3800	175000	331	0,83	0,341	22,743	1,260	6,965	
4	+1	+1	-1	-1	+1	9	3800	175000	331	0,89	0,286	25,479	1,412	8,641	
5	-1	-1	+1	-1	-1	7	3400	225000	331	0,83	0,322	30,639	1,897	9,758	
6	+1	-1	+1	-1	+1	9	3400	225000	331	0,89	0,271	33,777	2,091	11,998	
7	-1	+1	+1	-1	+1	7	3800	225000	331	0,89	0,301	32,137	1,780	8,913	
8	+1	+1	+1	-1	-1	9	3800	225000	331	0,83	0,300	34,354	1,903	11,799	
9	-1	-1	-1	+1	-1	7	3400	175000	337	0,83	0,332	22,102	1,369	6,550	
10	+1	-1	-1	+1	+1	9	3400	175000	337	0,89	0,281	24,510	1,518	7,859	Гончаров Ю.О.
11	-1	+1	-1	+1	+1	7	3800	175000	337	0,89	0,314	23,032	1,276	5,972	
12	+1	+1	-1	+1	-1	9	3800	175000	337	0,83	0,309	25,187	1,395	7,832	
13	-1	-1	+1	+1	+1	7	3400	225000	337	0,89	0,248	31,015	1,920	8,371	
14	+1	-1	+1	+1	-1	9	3400	225000	337	0,83	0,293	33,426	2,070	10,867	
15	-1	+1	+1	+1	-1	7	3800	225000	337	0,83	0,327	31,716	1,757	8,191	
16	+1	+1	+1	+1	+1	9	3800	225000	337	0,89	0,276	34,954	1,937	9,776	
17	-2	0	0	0	0	6	3600	200000	334	0,86	0,341	24,718	1,446	6,570	
18	+2	0	0	0	0	10	3600	200000	334	0,86	0,277	31,114	1,820	10,804	
19	0	-2	0	0	0	8	3200	200000	334	0,86	0,291	27,994	1,842	9,306	
20	0	+2	0	0	0	8	4000	200000	334	0,86	0,308	28,688	1,510	8,209	Альохін Д.С.
21	0	0	-2	0	0	8	3600	150000	334	0,86	0,305	20,508	1,199	6,457	
22	0	0	+2	0	0	8	3600	250000	334	0,86	0,296	36,785	2,151	11,079	
23	0	0	0	-2	0	8	3600	200000	328	0,86	0,307	27,570	1,612	9,822	
24	0	0	0	+2	0	8	3600	200000	340	0,86	0,300	28,875	1,689	7,674	
25	0	0	0	0	-2	8	3600	200000	334	0,8	0,331	28,111	1,644	9,873	
26	0	0	0	0	+2	8	3600	200000	334	0,92	0,275	29,535	1,727	8,558	
27	0	0	0	0	0	8	3600	200000	334	0,86	0,303	27,933	1,634	8,699	
28	0	0	0	0	0	8	3600	200000	334	0,86	0,303	27,933	1,634	8,699	
29	0	0	0	0	0	8	3600	200000	334	0,86	0,303	27,933	1,634	8,699	
30	0	0	0	0	0	8	3600	200000	334	0,86	0,303	27,933	1,634	8,699	
31	0	0	0	0	0	8	3600	200000	334	0,86	0,303	27,933	1,634	8,699	
32	0	0	0	0	0	8	3600	200000	334	0,86	0,303	27,933	1,634	8,699	
Обраний варіант						**9**	**3800**	**175000**	**331**	**0,89**	**0,286**	**25,479**	**1,412**	**8,641**	

Слайд 12

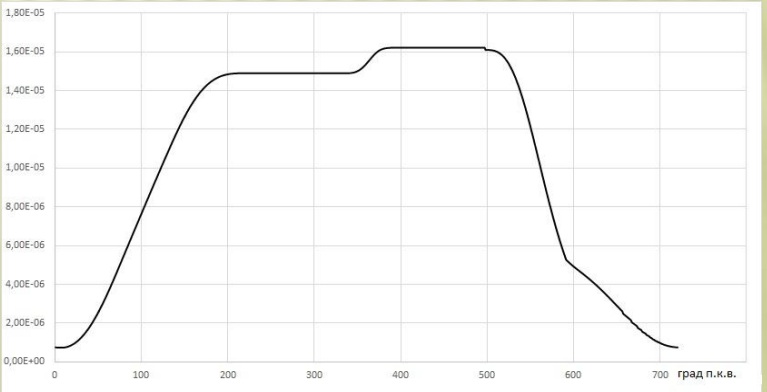
Результати розрахунку робочого процесу



Індикаторна діаграма



Прохідні перетини клапанів



Кількість робочого тіла у циліндрі

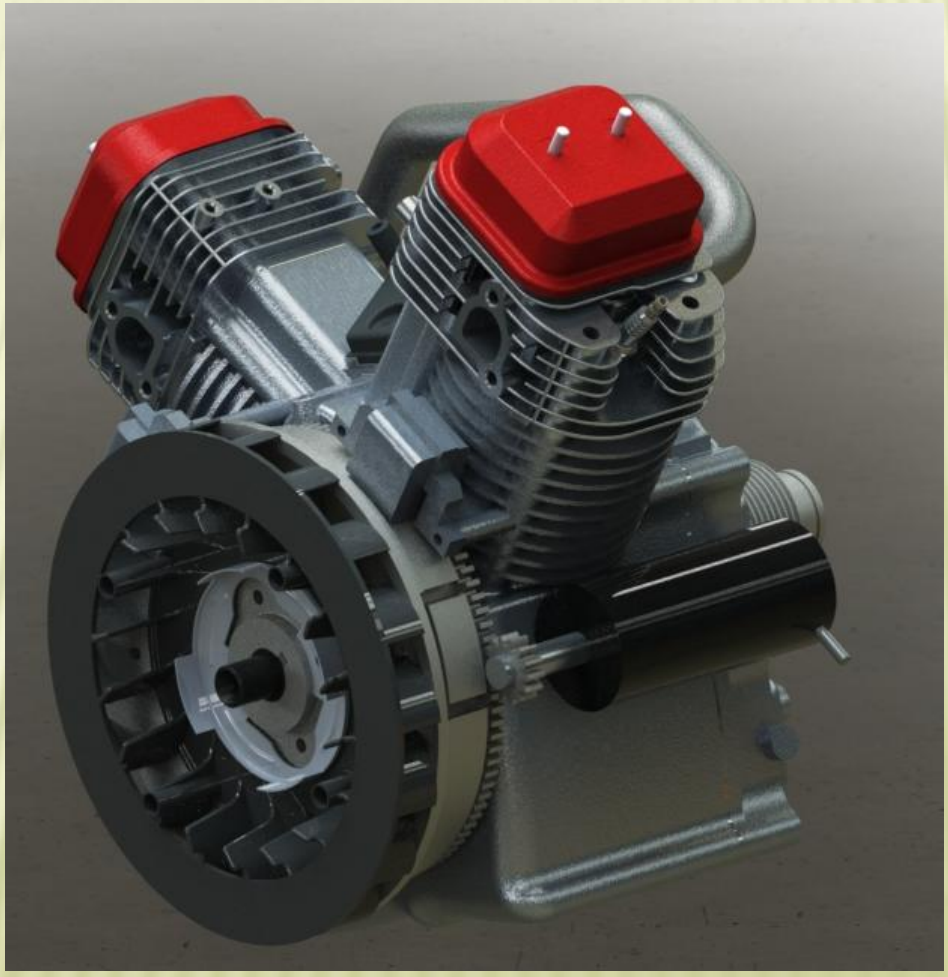
Слайд 13

Розробка конструкції та систем двигуна

Загальний вид двигуна

Розробка конструкції та систем двигуна

Загальний вид двигуна

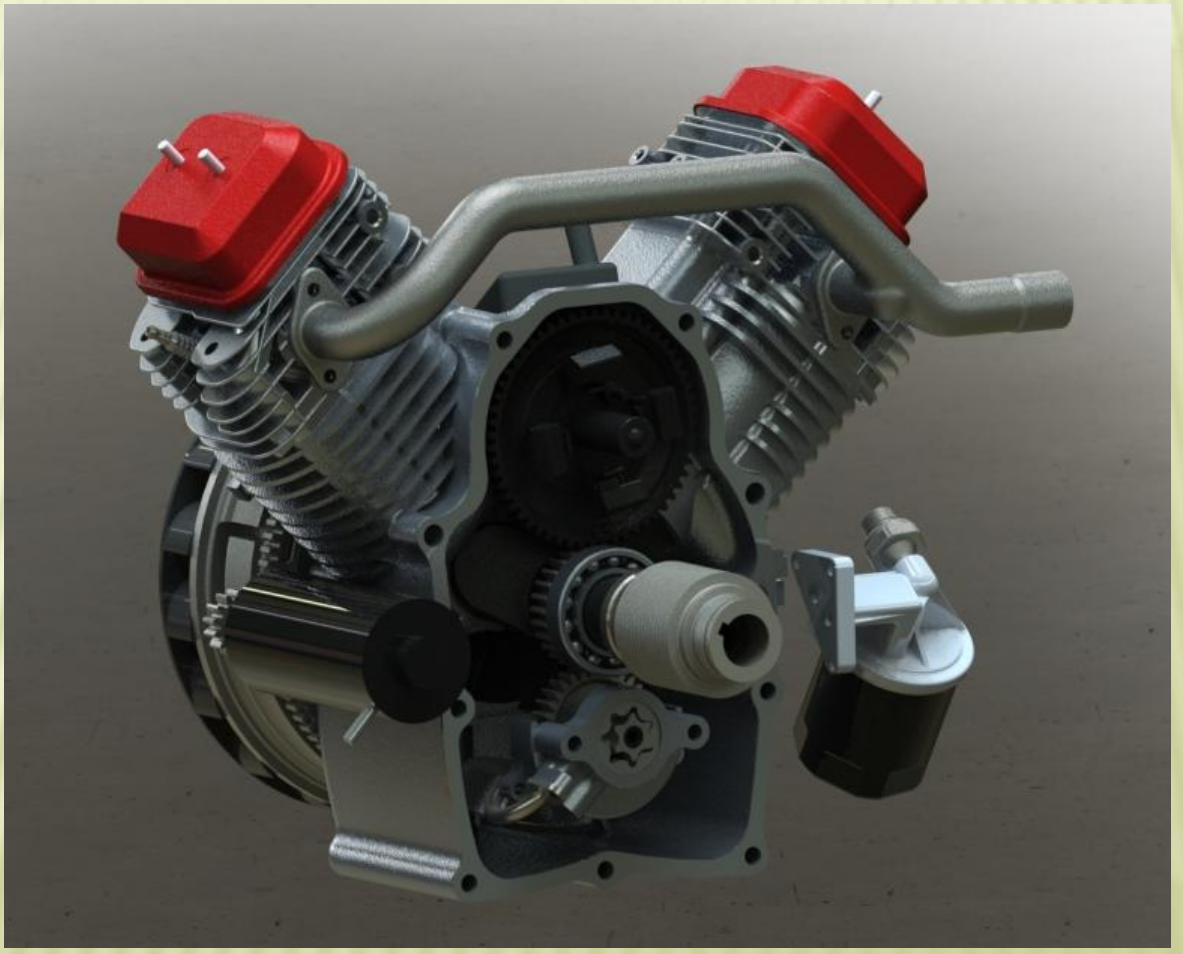


Розробка конструкції та систем двигуна

Загальний вид двигуна

Розробка конструкції та систем двигуна

Загальний вид двигуна



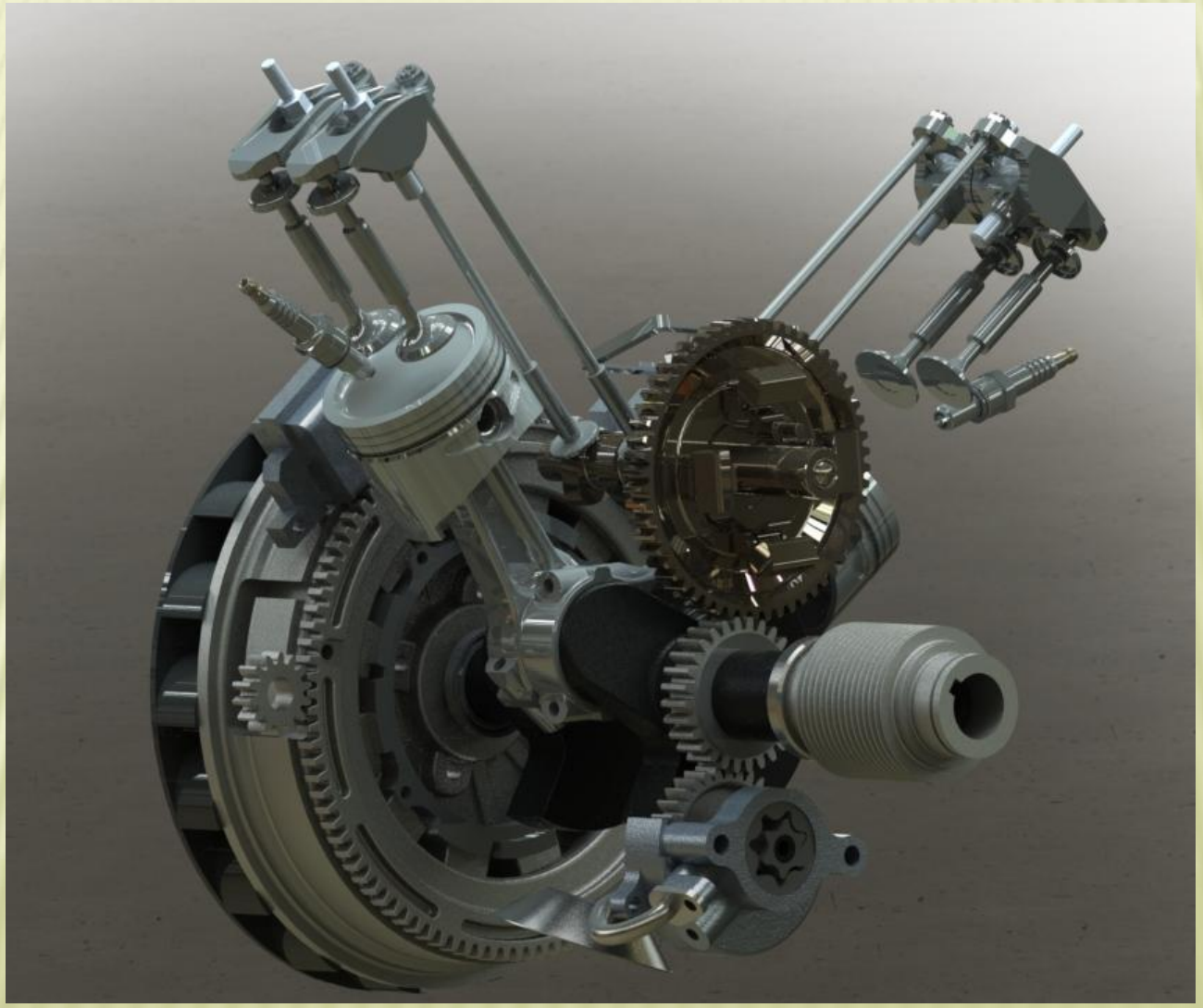
Розробка конструкції та систем двигуна

Загальний вид двигуна

Слайд 18

Розробка конструкції та систем двигуна

Загальний вид механізмів двигуна



Розробка конструкції та систем двигуна

Тримірна модель КШМ

Слайд 20

Розробка конструкції та систем двигуна

Слайд 21

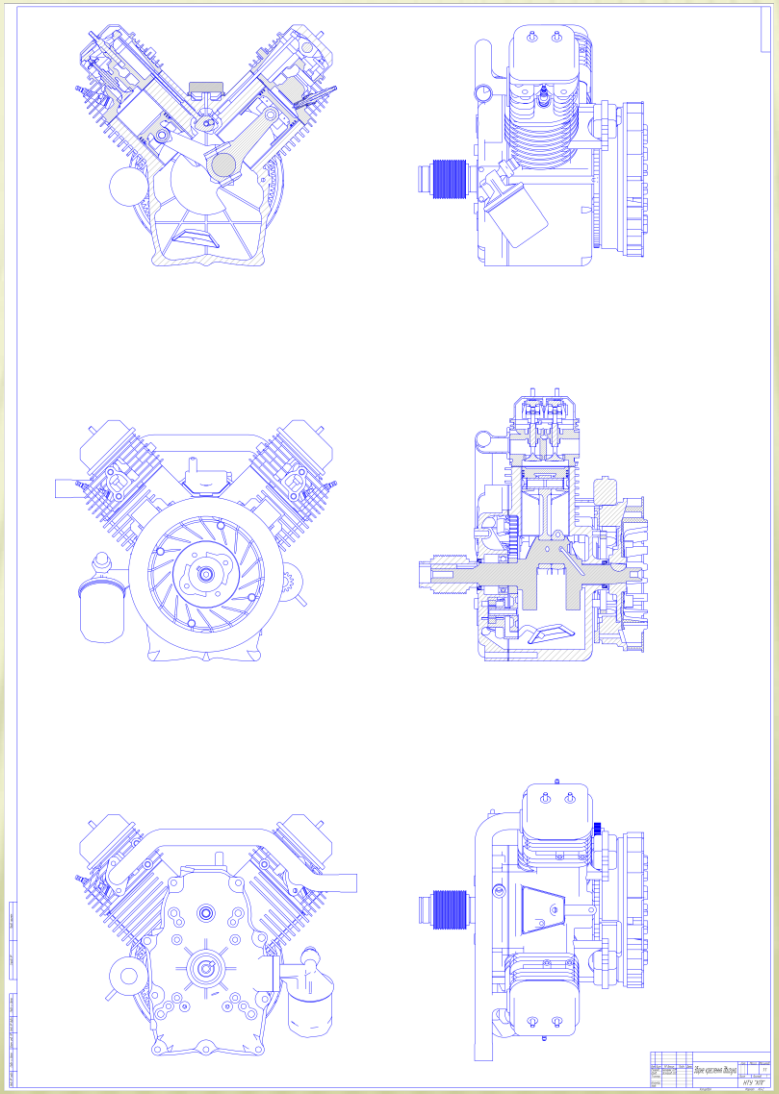
Розробка конструкції та систем двигуна

Слайд 22

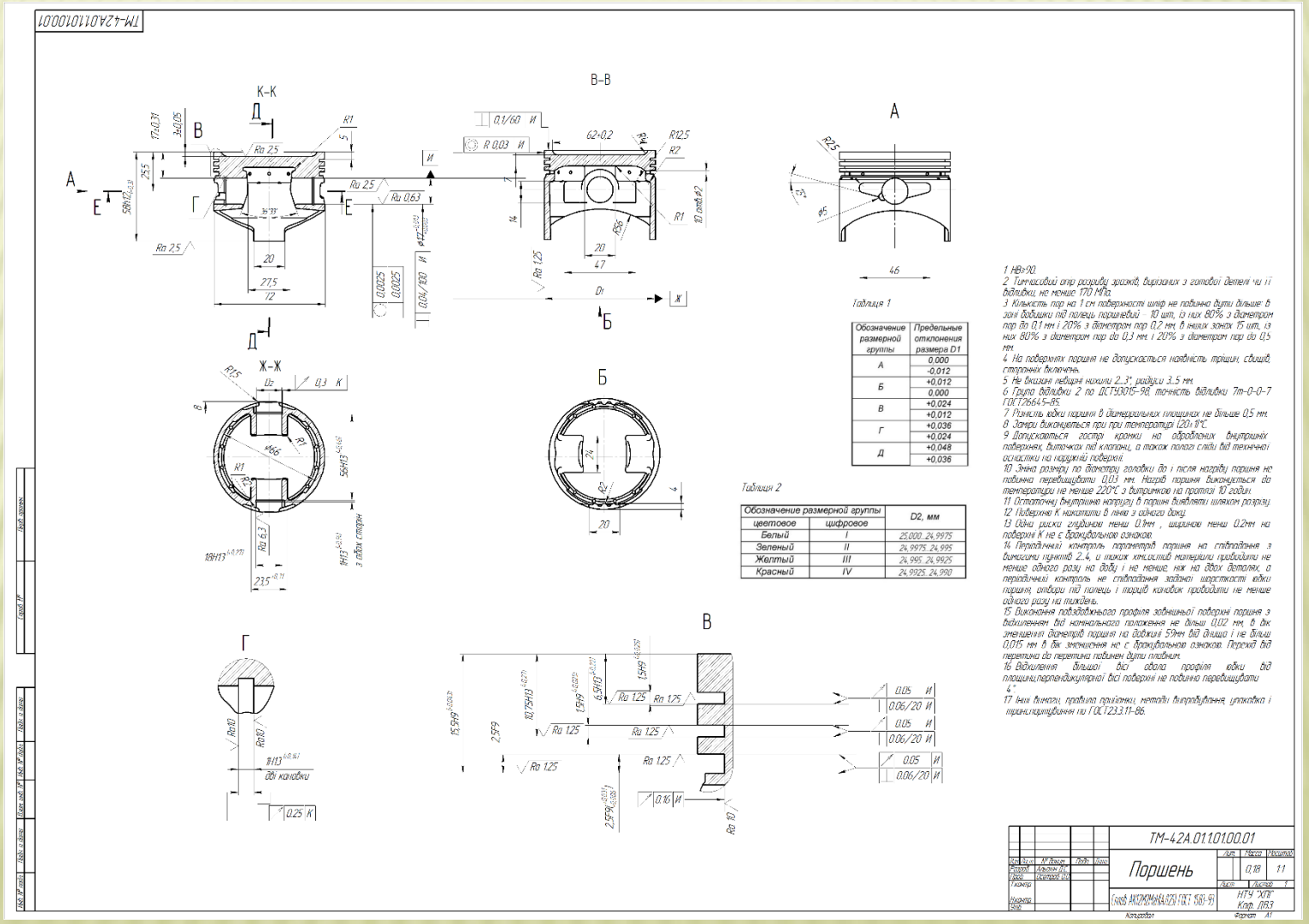
Розробка конструкції та систем двигуна

Слайд 23

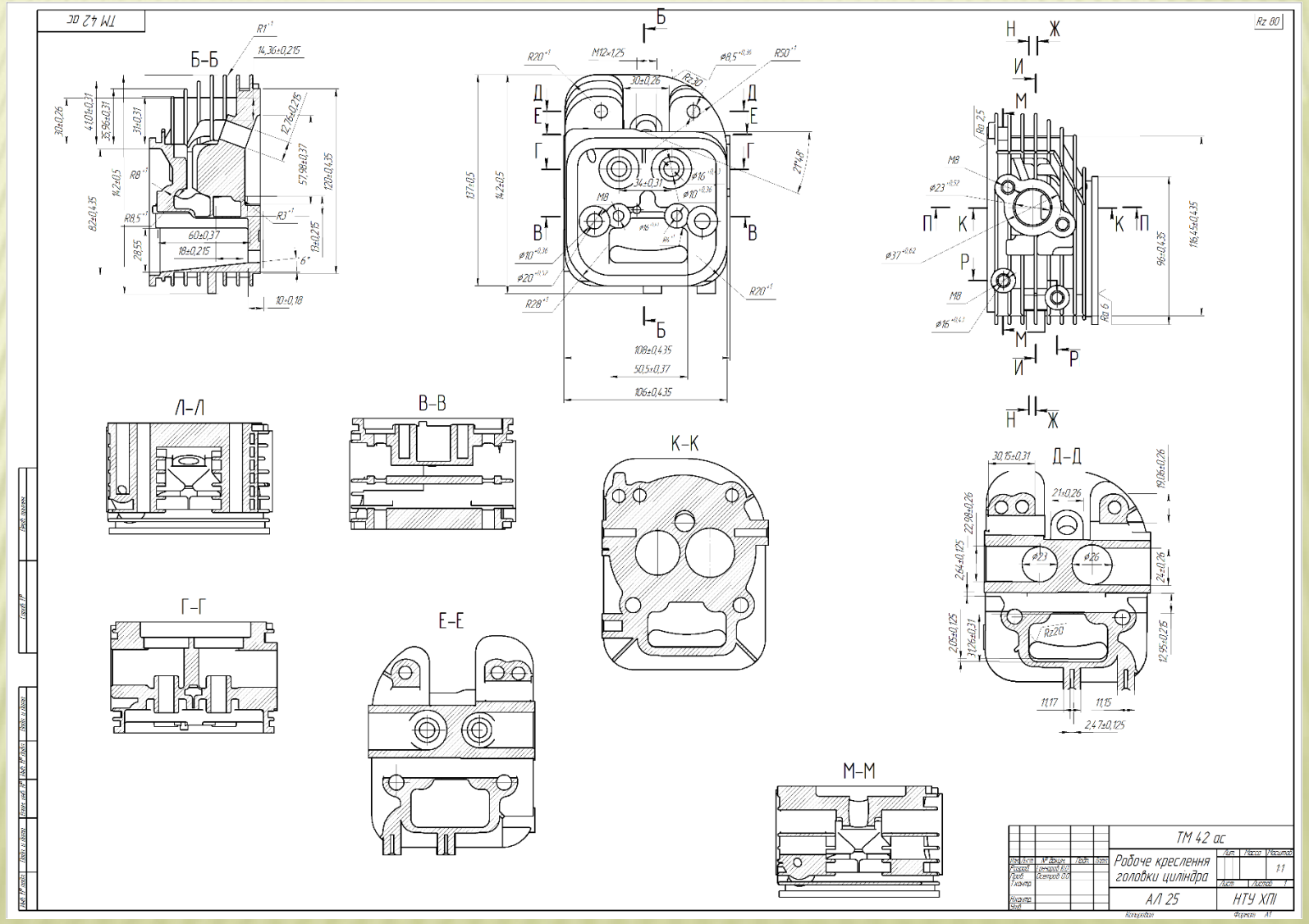
Розробка конструкції та систем двигуна



Слайд 24 Розробка конструкції та систем двигуна



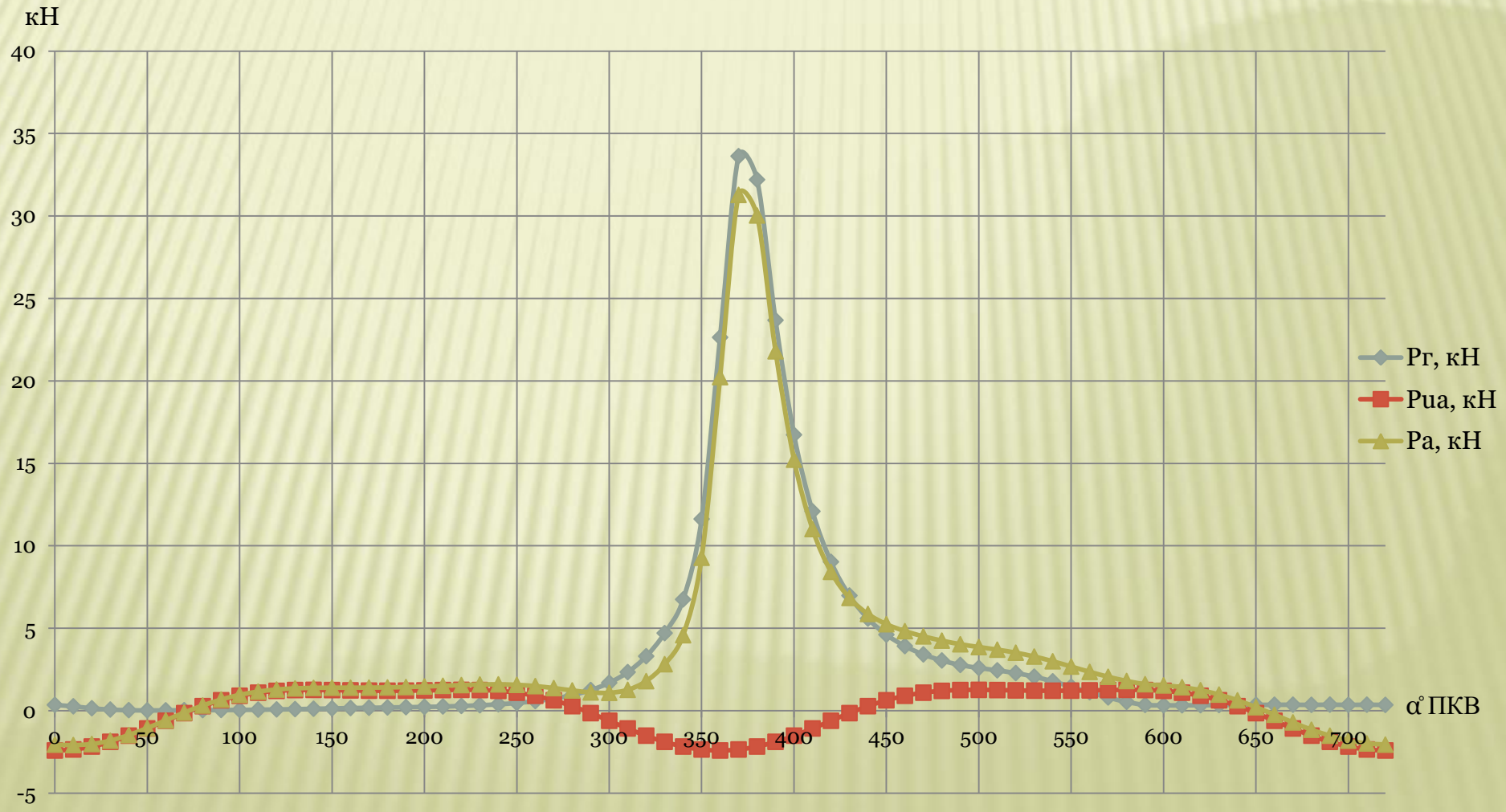
Слайд 25 Розробка конструкції та систем двигуна



Слайд 26

Результати динамічного розрахунку

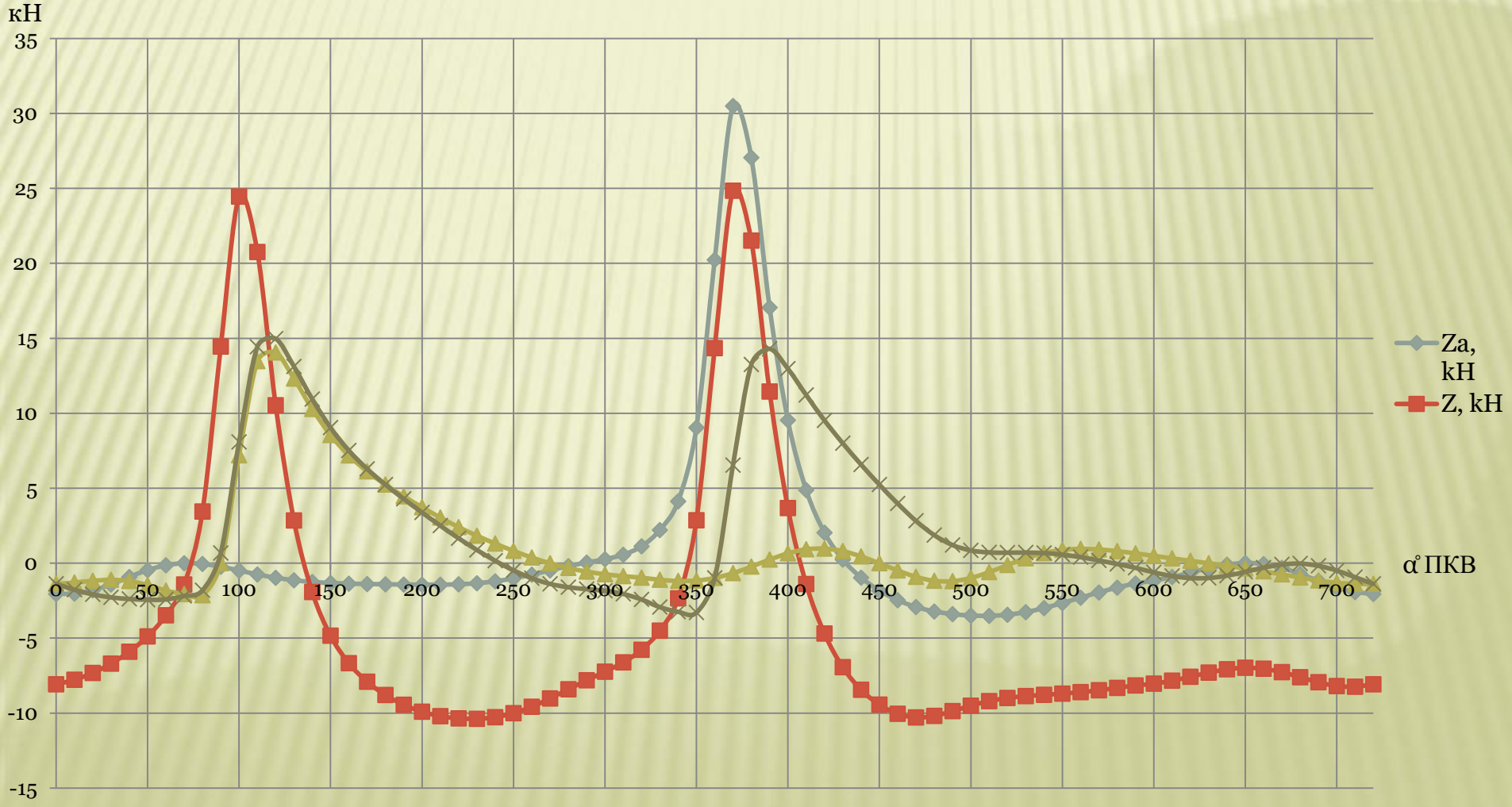
Сили Рг , Риа , Ра, що діють у відсіку двигуна



Слайд 27

Результати динамічного розрахунку

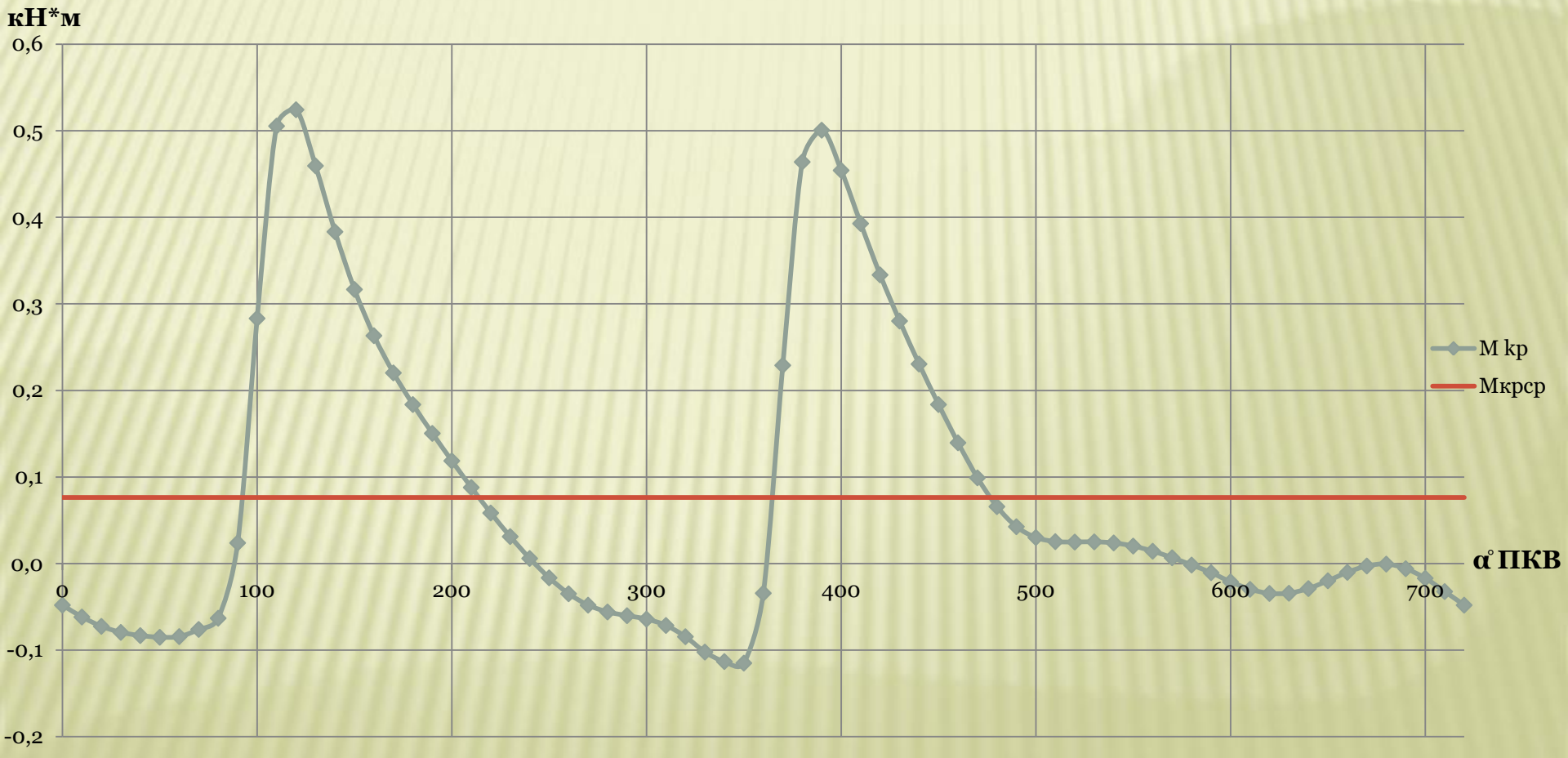
Сили Za, Z, Ta, T, що діють у відсіку двигуна



Слайд 28

Результати динамічного розрахунку

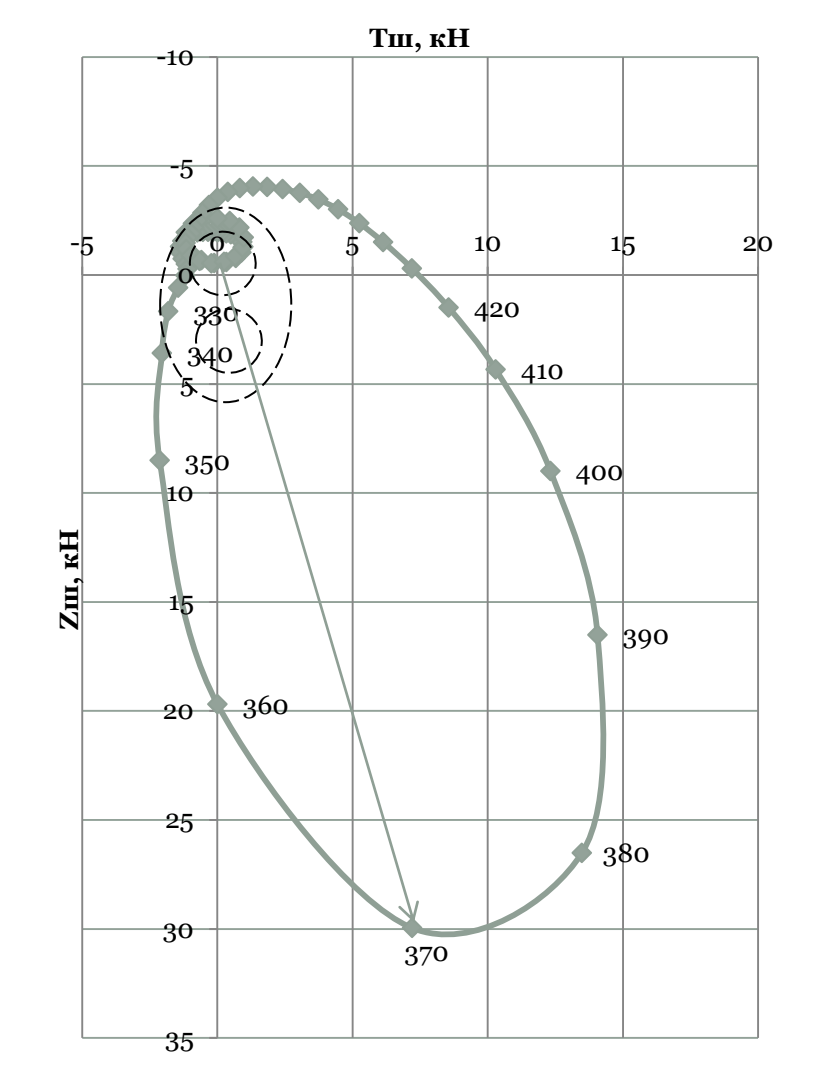
Графік залежності крутного моменту на фланці від кута повороту колінчастого валу



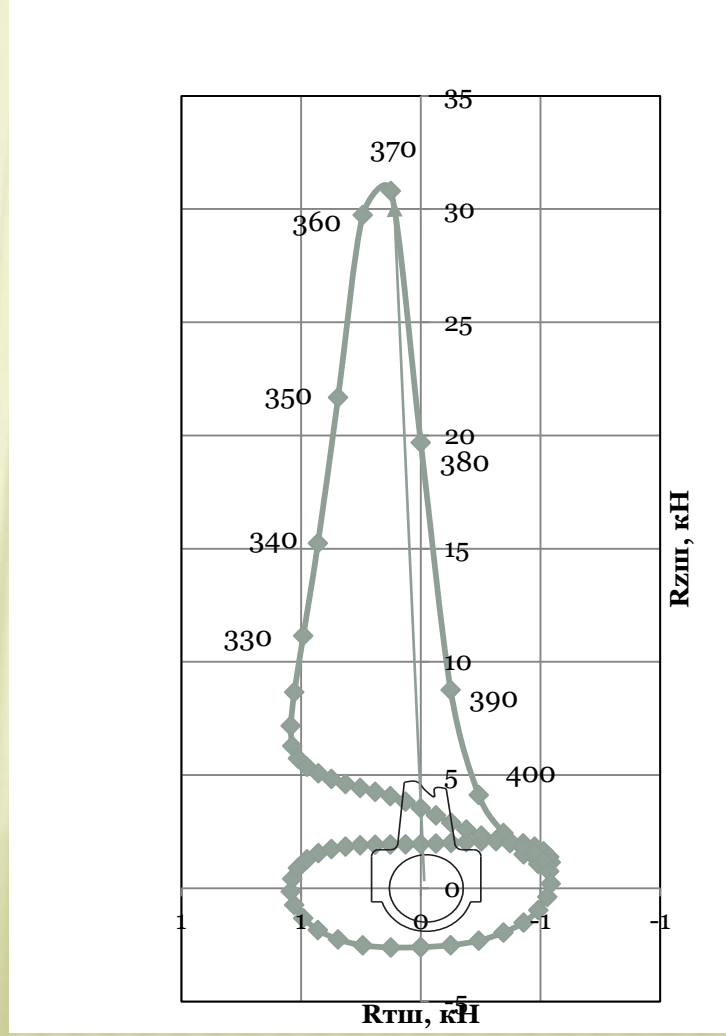
Слайд 29

Результати динамічного розрахунку

Годограф навантажень на шатунну шийку



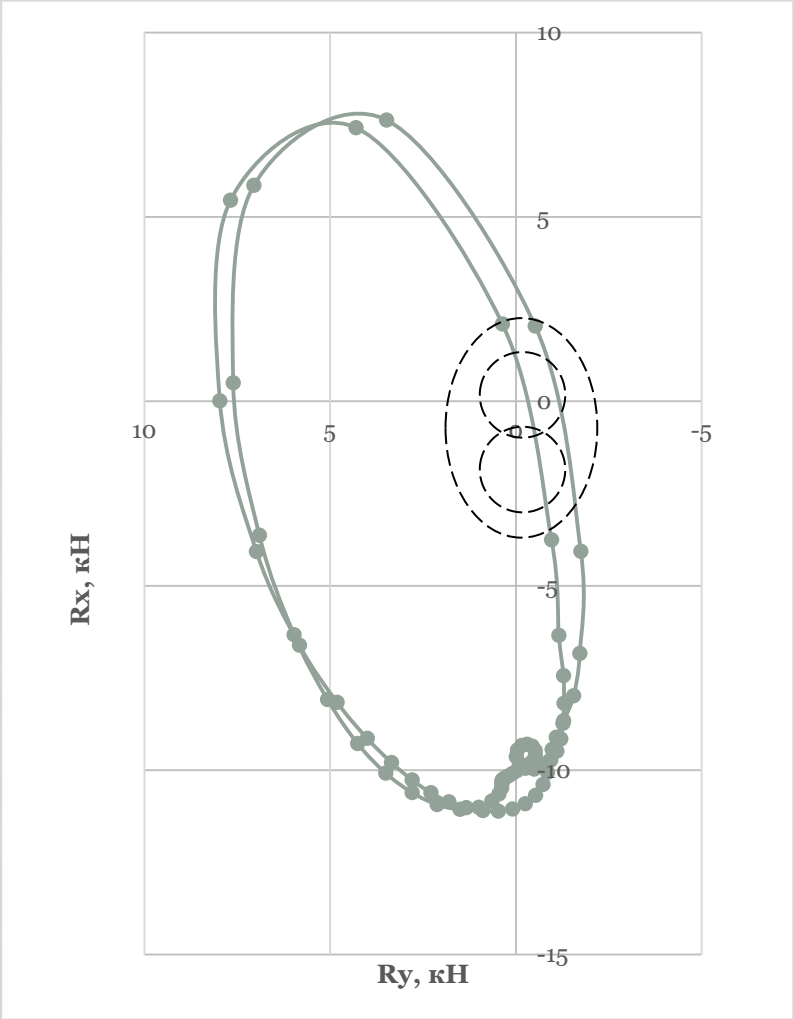
Годограф навантажень на шатунний підшипник



Слайд 30

Результати динамічного розрахунку

Годограф навантажень на корінну шийку 0,1

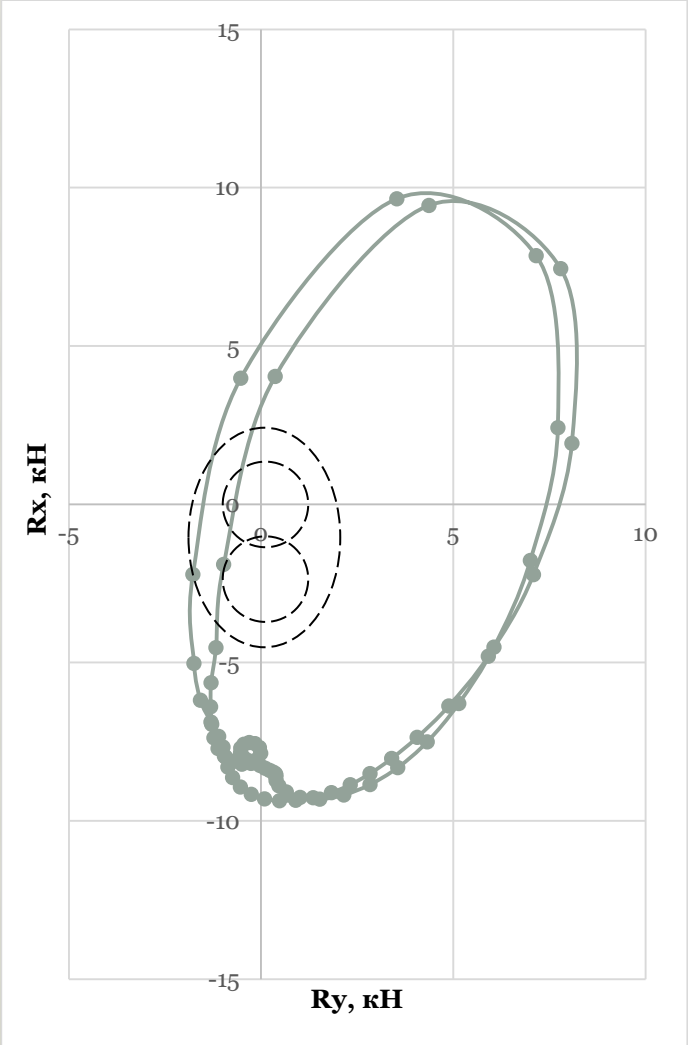


Годограф навантажень на корінний підшипник 0,1

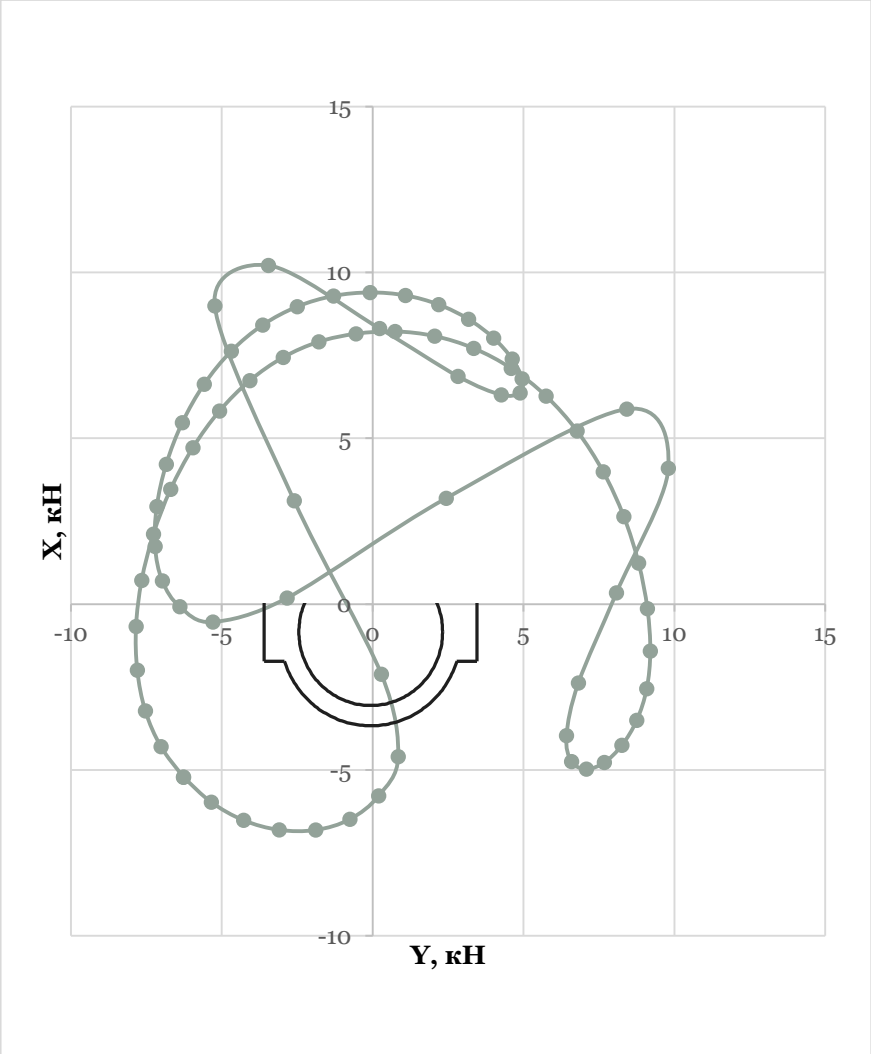
Слайд 31

Результати динамічного розрахунку

Годограф навантажень на корінну шийку 1,к

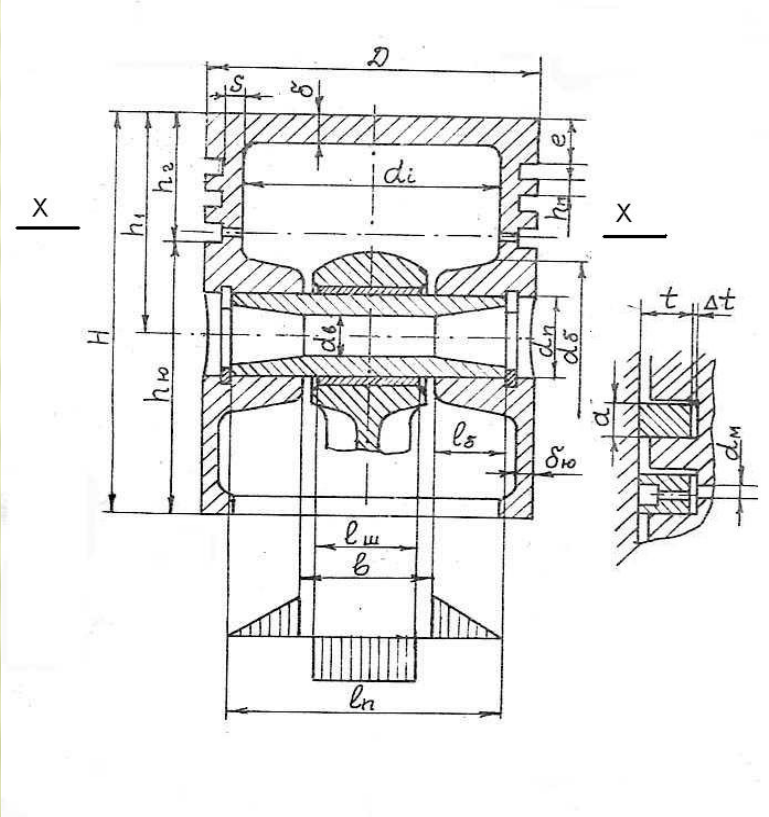


Годограф навантажень на корінний підшипник 1,к



Слайд 32

Результати розрахунку на міцність поршневої групи



Розрахункова схема поршня

Вихідні дані до розрахунку поршневої групи

діаметр циліндра , м	0,072
хід поршня , м	0,07
максимальний тиск згоряння , МПа	8,361
маса поршневої групи , кг	0,275
номінальна частота обертання колінчастого валу	3800
товщина днища поршня , м	0,007
висота поршня ,м	0,058
висота юбки поршня ,м	0,0425
внутрішній радіус днища поршня , м	0,0271
радіальна товщина кільця , м	0,00275
радіальний зазор кільця в канавці поршня , м	0,00075
товщина стінки головки поршня , м	0,003
величина верхньої кільцевої перемички , м	0,00275
діаметр масляних каналів у поршні , м	0,002
зовнішній діаметр пальця , м	0,033
внутрішній діаметр пальця , м	0,022
довжина пальця , м	0,112
довжина втулки шатуна , м	0,02
відстань між торцями бобишек , м	0,0275

Слайд 33

Результати розрахунку на міцність поршневої групи

Результати розрахунків на міцність поршня

Назва параметру		Розраховані параметри	Допустимі параметри
Напруга вигину в днищі поршня		125,5	80...200
Напруга стиску		68	30...40
Напруга розтягування в перетині x – x		2,7	4...10
Складена напруга у верхній кільцевій перемичці		29,23	30...40
Питомий тиск поршня на стінку циліндра	q_1	0,874	0,22...0,72
	q_2	1,192	0,33...1,5
Діаметральні зазори в гарячому стані	Δг	0,00023	0,000144...0,00018
	Δю	0,00008	0,000036...0,000108

Результати розрахунків на міцність пальця

Назва параметру	Розраховані параметри	Допустимі параметри
Питомий тиск пальця на втулку поршневої головки шатуна	47,647	20…60
Питомий тиск пальця на бобишці поршня	11,277	15…50
напруження згину	114	100…250
Дотичні напруження зрізу	59,674	60…250
Максимальна овалізації пальця	0,0000169	не більше 0,00005
Напруги на зовнішній поверхні пальця в горизонтальній площині	41,3649	300…350
Напруги на зовнішній поверхні пальця у вертикальній площині	85,5332	
Напруги на внутрішній поверхні пальця в горизонтальній площині	127,2410	
Напруги на внутрішній поверхні пальця у вертикальній площині	68,8743	

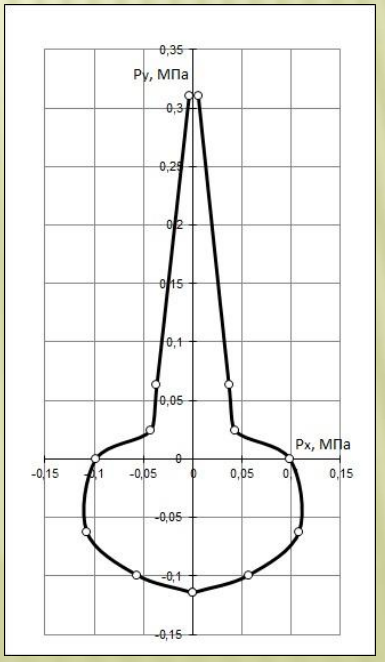
Результати розрахунку на міцність поршневої групи

Результати розрахунку на міцність кільця

Назва параметру	Розраховані параметри	Допустимі параметри
Середній радіальний тиск	0,109069617	0,11…0,37
Напруга вигину кільця при одяганні його на поршень	285,377	220…450
Напруга вигину кільця в робочому стані	180,517	220…450
Монтажний зазор в замку кільця в холодному стані	0,070646917	0,06…0,1

Кут, град	P, МПа
0	0,1145
30	0,1145
60	0,1243
90	0,0982
120	0,0491
150	0,0731
180	0,3108
210	0,0731
240	0,0491
270	0,0982
300	0,1243
330	0,1145
360	0,1145

Результати розрахунку тиску кільця на стінку циліндра



Епюра тисків кільця на стінку циліндра

Слайд 35

Результати розрахунку на міцність шатунної групи

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ПОРШНЕВОЙ ГОЛОВКИ ШАТУНА			
mв.г	0,008	кг	Масса верхней головки шатуна (выше сечения 1-1)
hг	0,0045	м	Радиальная толщина стенки поршневой головки
бв	315	МПа	Предел прочности материала головки шатуна
б-1р	160	МПа	Предел усталости при растяжении-сжатии
бт	230	МПа	Предел текучести
б-1	140	МПа	Предел усталости при изгибе
Ем	0,6		Масштабный коэффициент
Еп	1,2		Коэффициент поверхностной чувствительности
аб	0,6		Коэффициент приведения цикла при изгибе
аб	0,6		Коэффициент приведения цикла при растяжении-сжатии
d	0,017	м	Внутренний диаметр головки
ав	0,000222	1/град	Термический коэффициент расширения бронзовой втулки
аг	0,000222	1/град	Термический коэффициент расширения стальной головки
Dt	100	С	Средняя температура головки и втулки при работе двиг.
D	0	м	Натяг посадки бронзовой втулки
dг	0,026	м	Наружный диаметр головки
dп	0	м	Внутренний диаметр втулки
m	0,33		Коэффициент Пуассона
Ев	70000	МПа	Модуль упругости бронзовой втулки
Еш	70000	МПа	Модуль упругости материала шатуна
Фш.з.	114	град	Угол заделки головки в стержень
Nсжо/Рсж	0,0018		Отношение Nсжо/Рсж
Nсжо/Рсж*гср	0,0006		Отношение Nсжо/Рсж*гср
ф	370	град	Угол п.к.в. при максимальном давлении сгорания

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА КРИВОШИПНОЙ ГОЛОВКИ ШАТУНА			
mкр	0,034	кг	Масса крышки кривошипной головки
mшп	0,098	кг	Масса шатунной группы, соверш. возв.-пост. движение
mшк	0,052	кг	Масса шат. группы, соверш. вращательное движение
Сб	0,047	м	Расстояние между шатунными болтами
dшш	0,037	м	Диаметр шатунной шейки
tв	0,000	м	Толщина стенки вкладыша
lк	0,020	м	Длина кривошипной головки

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА СТЕРЖНЯ ШАТУНА			
Рсж	30,88	кН	Максимальная сила сжимающая шатун
Рр	-2,02711	кН	Максимальная сила растягивающая шатун
hш	0,028	м	Геометрические размеры среднего сечения В-В
bш	0,018	м	
аш	0,006	м	
tш	0,005	м	
L	0,106	м	Длина шатуна
d1	0,106	м	Диаметр отверстия под вкладыш в нижней головке шатуна
Ем	0,6		Масштабный коэффициент
Еп	1,2		Коэффициент поверхностной чувствительности
аб	0,06		Коэффициент приведения цикла при растяжении-сжатии

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ШАТУННЫХ БОЛТОВ			
i	2	шт	Количество шатунных болтов
x	0,2	0,15..0,25	Коэффициент основной нагрузки резьбового соединения
d	0,006	м	Номинальный диаметр болта
t	0,0007	м	Шаг резьбы
ем	1		Масштабный коэффициент
еп	0,8		Коэффициент поверхностной чувствительности
аК6	3,6		Эффективный коэффициент концентрации напряжений
q	1		Теоретический коэффициент концентрации напряжений
бв	900	МПа	Предел прочности материала болта
б-1р	300	МПа	Предел усталости при растяжении-сжатии
бт	800	МПа	Предел текучести материала болта
аб	0,15		Коэффициент приведения цикла растяжения-сжатия

Слайд 36

Результати розрахунку на міцність шатунної групи

Розрахунок стрижня шатуна

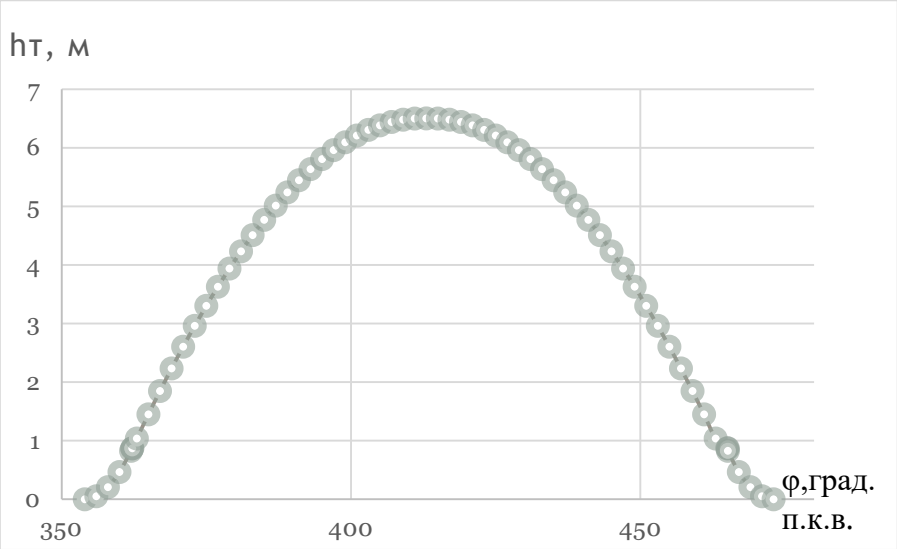
Fср	**0,000288**	**м2**	**Площадь среднего сечения стержня шатуна**
Jx	2,710E-08	м4	Момент инерции сечения В-В относительно оси x-x
Kx	1,054		Коэфф. учитывающий влияние продольного изгиба шатуна
Ky	1,019		Коэфф. учитывающий влияние продольного изгиба шатуна
L1	0,0445	м	Длина стержня шатуна между поршневой и крив. головками
Jy	1,102E-08	м4	Момент инерции сечения В-В относительно оси Y-Y
6maxx	113,061	МПа	Напряжение сжатия в плоскости качения шатуна
6maxy	109,210	МПа	Напряжения в плоскости, перпенд. к плоскости качения
[6макс]	160...250	МПа	Допустимые напряжения для углеродистых сталей
[6макс]	200...350	МПа	Допустимые напряжения для легированных сталей
6мин	-7,039	МПа	Минимальные напряжения в сечении В-В
6мх	53,011	МПа	
6му	51,086	МПа	
6ах	60,050	МПа	Средние напряжение и амплитуды цикла
6ау	58,124	МПа	
6акх	98,807	МПа	
6аку	95,639	МПа	
6акх / 6mx	1,864		
n6X	1,569		Пределы усталости (выносливости)
n6У	1,621		
nT6X	1,515		Предел текучести
nT6У	1,568		
[n]	1,5		Минимально допустимые значения nx и ny

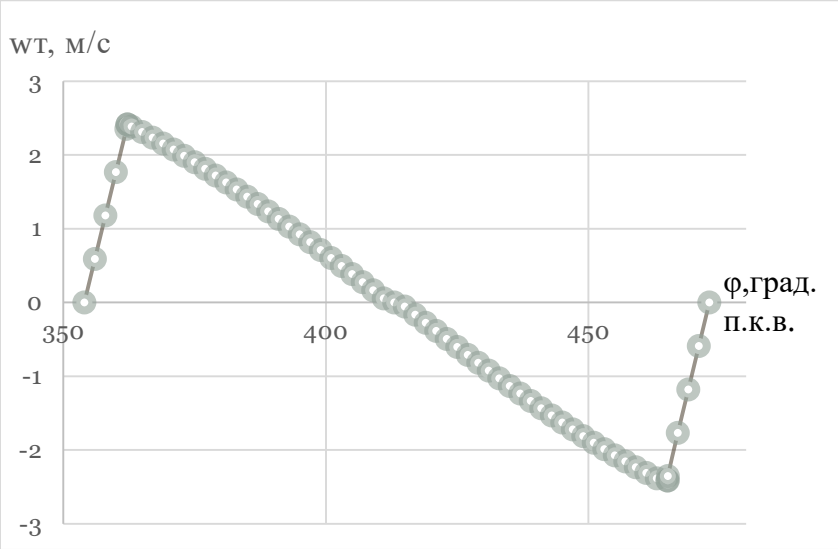
bs	**0,609**	**0,022**	**при изгибе**
bs	0,696	0,314	при растяжении - сжатии
Pи	-2307,85	Н	Переменная сила инерции
6max	12,821	МПа	Максимальное напряжение от силы Pи
6min	0	МПа	Минимальное напряжение от силы Pи
6ao	6,411	МПа	Амплитуда напряжения при пульсирующем цикле
6mo	6,411	МПа	Среднее напряжение
Kб	1,185		Эффективный коэффициент концентрации напряжения
6ако	10,548	МПа	Действительное амплитудное напряжение
6ако / 6mo	1,645		
n6	11,115		Предел усталости
nтб	13,562		Предел текучести
Fг	0,00018	м2	Площадь сечения стенки головки
Dt	0,000000	м	Температурный натяг
DS	0,000000	м	Суммарный натяг
P	0,000	МПа	Удельное давление от суммарного натяга
6'a	0,000	МПа	Напряжения от суммарного натяга на внешней поверхности
6'i	0,000	МПа	Напряжения от суммарного натяга на внутренней поверх.
Pjп	-2027,108	Н	Суммарная сила растягивающая головку
Njo	974,633	Н	Нормальная сила в сечении 0-0
Mjo	0,173	Нм	Изгибающий момент в сечении 0-0
rср	0,01075	м	Средний радиус верхней головки
Nj2	941,758	кН	Нормальная сила на участке от 90 до Фш.з. град
Mj2	0,526	Нм	Изгибающий момент на участке от 90 до Фш.з. град
6aj	10,516	МПа	Напряжения на внешнем волокне
6ij	-25,055	МПа	Напряжения на внутреннем волокне
K	0,346		Пропорциональный коэффициент
Pсж	31661,075	Н	Суммарная сила, сжимающая головку
NСЖ2	299,570	кН	Для угла заделки головки шатуна
MСЖ2	-1,542	кНм	Для угла заделки головки шатуна
6асж	-19,052	МПа	Напряжение в сечении А-А на внешнем волокне
6iсж	21,357	МПа	Напряжение в сечении А-А на внутреннем волокне
6max	10,516	МПа	Максимальные суммарные напряжения
6min	-19,052	МПа	Минимальные суммарные напряжения
6m	-4,268	МПа	Среднее напряжение
6a	14,784	МПа	Амплитуда напряжений
6ак	24,326	МПа	Действ. ампл. напряжение с учетом концентраторов
6ак / 6m	-5,699		
n6	6,432		Предел усталости
nT6	11,467		Предел текучести
[n]	2,5...5		Минимально допустимый запас прочности

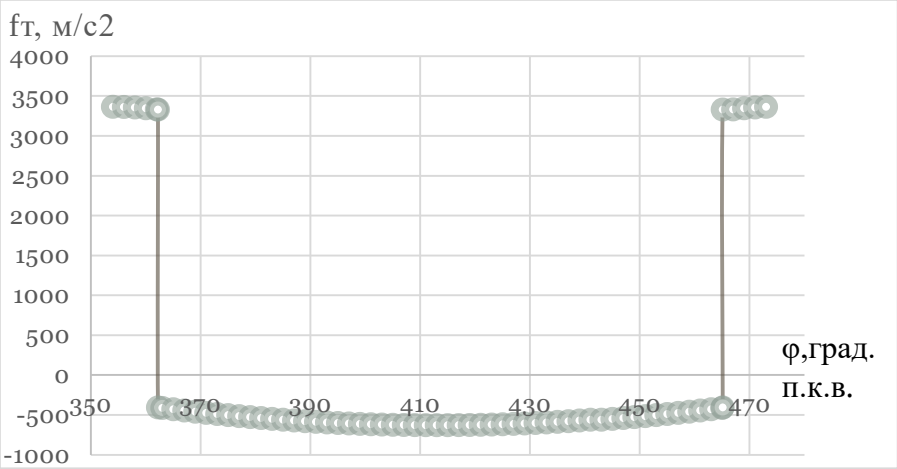
Слайд 37

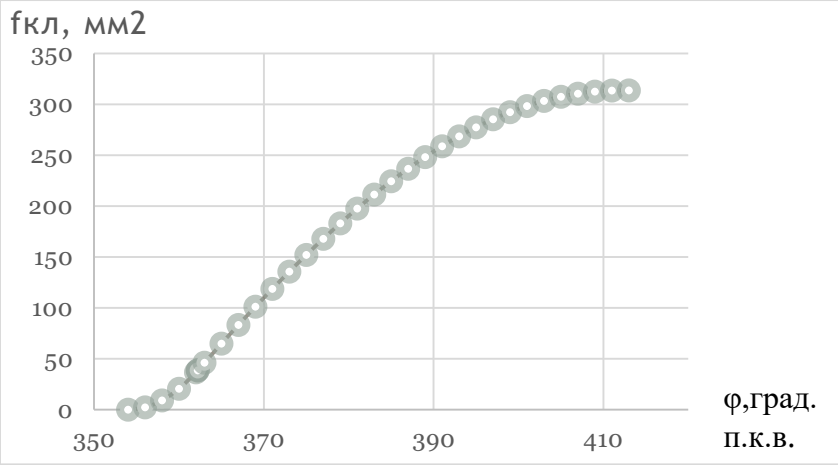
Розрахунок механізму газорозподілу

Кінематичні характеристики кулачкового механізму привода клапана





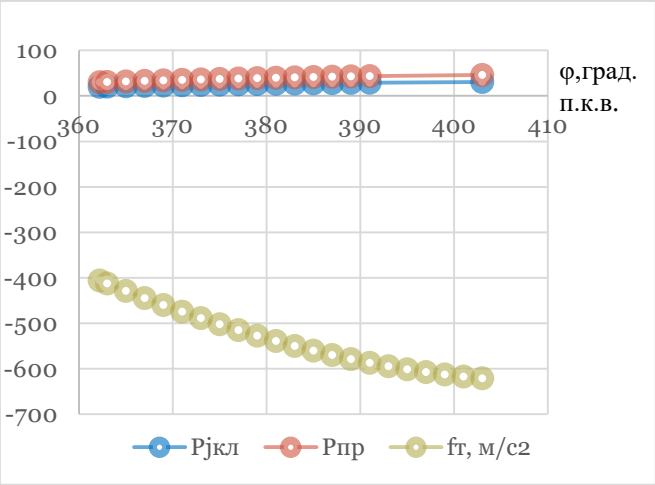


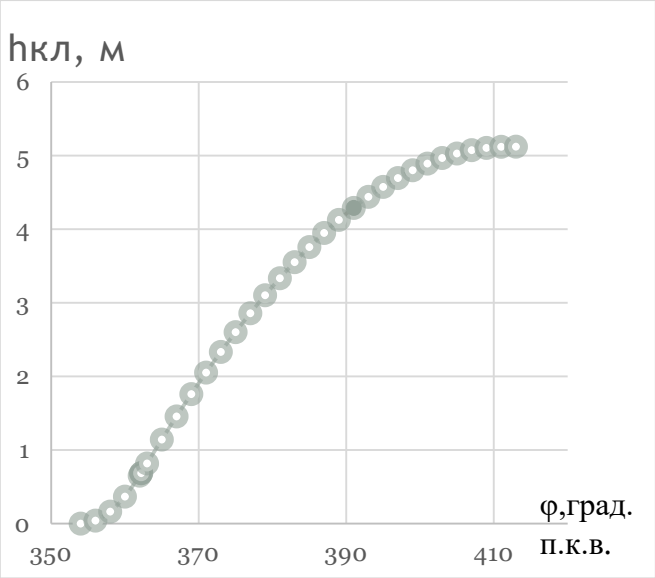


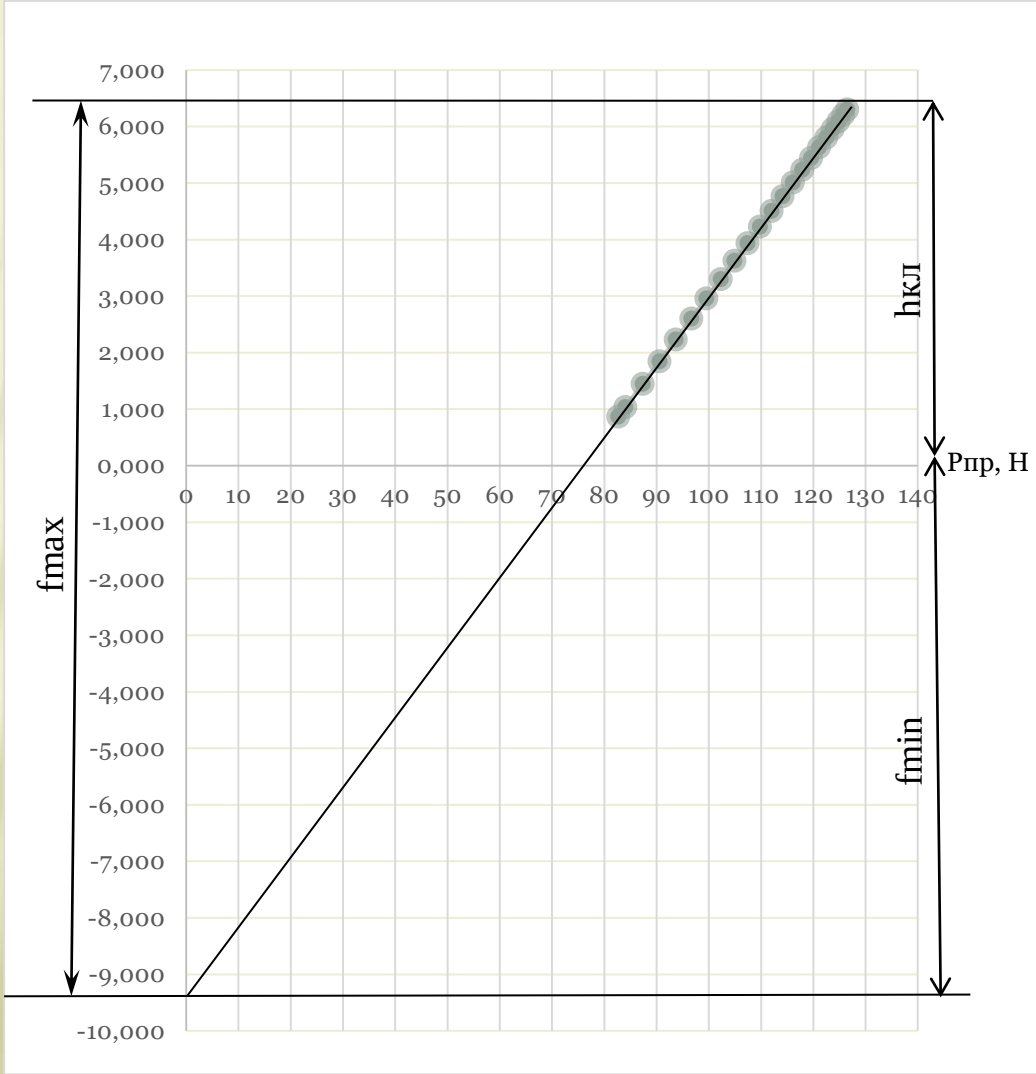
Слайд 38

Розрахунок міцності деталей механізму газорозподілу

Графік сил інерції клапанного механізму та характеристика пружини



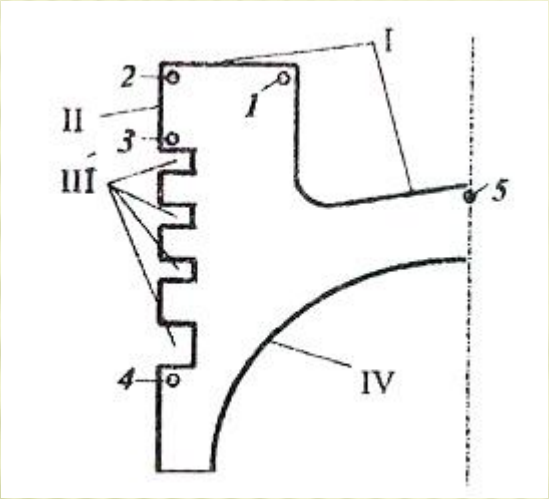




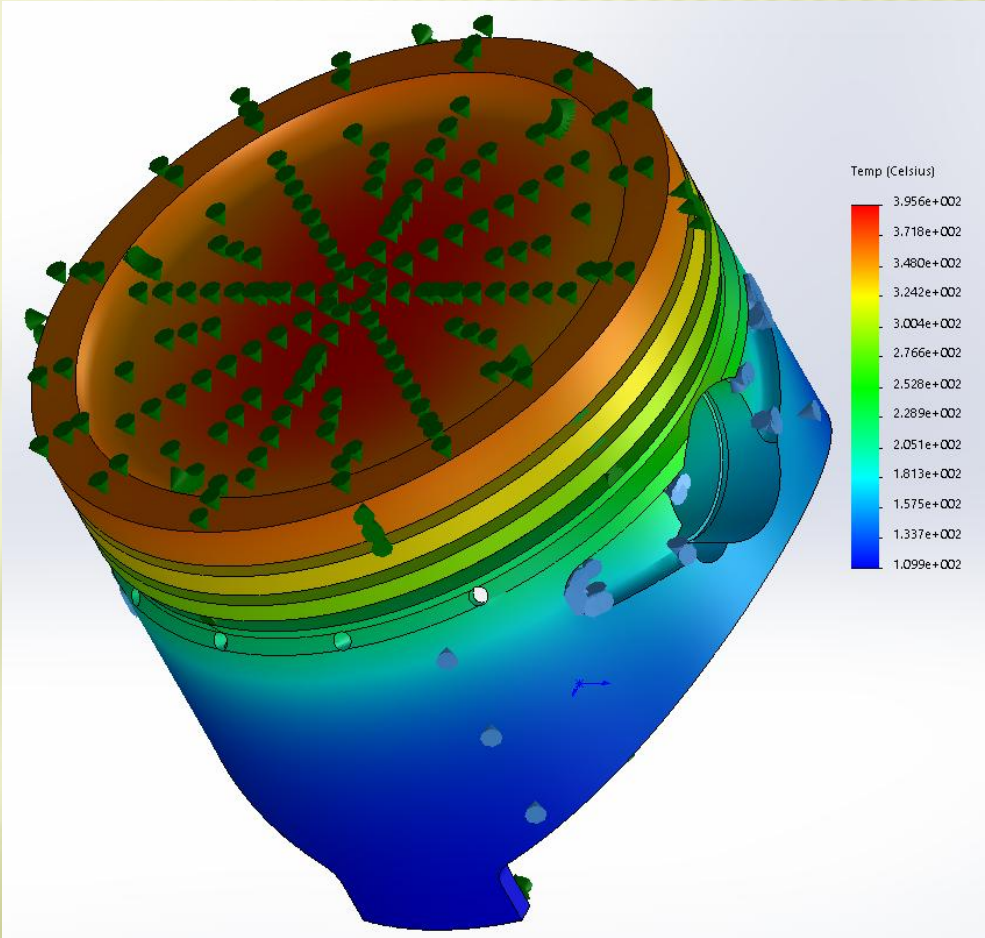
Слайд 39

Розрахунок температурного стану поршня

Основні зони задання ГУ

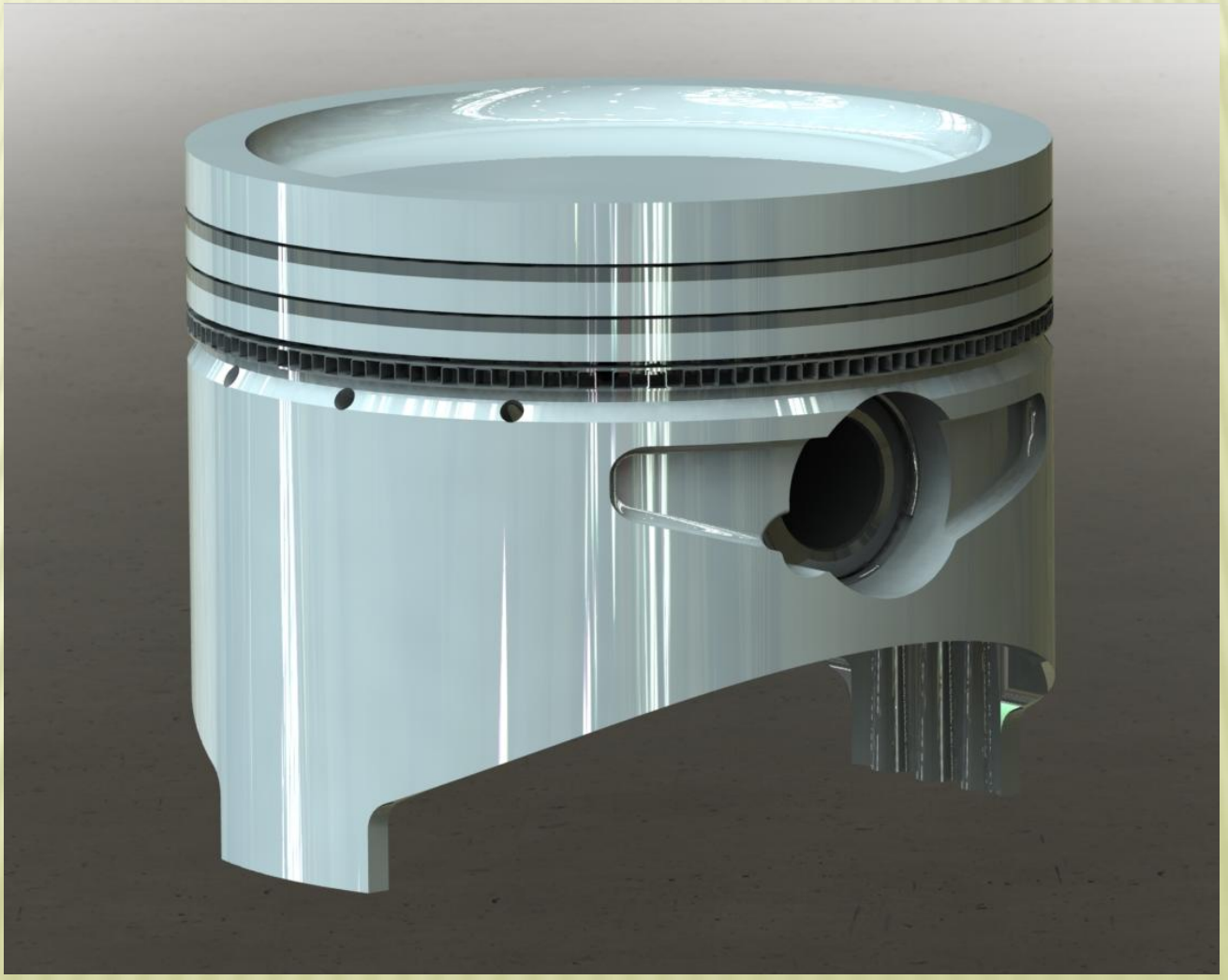


Температурний стан поршня з проміжним охолодженням



Слайд 40

Розрахунок температурного стану поршня



Слайд 41

ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ТИПОРОЗМІРУ І ЗАГАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ НАГНІТАЧА

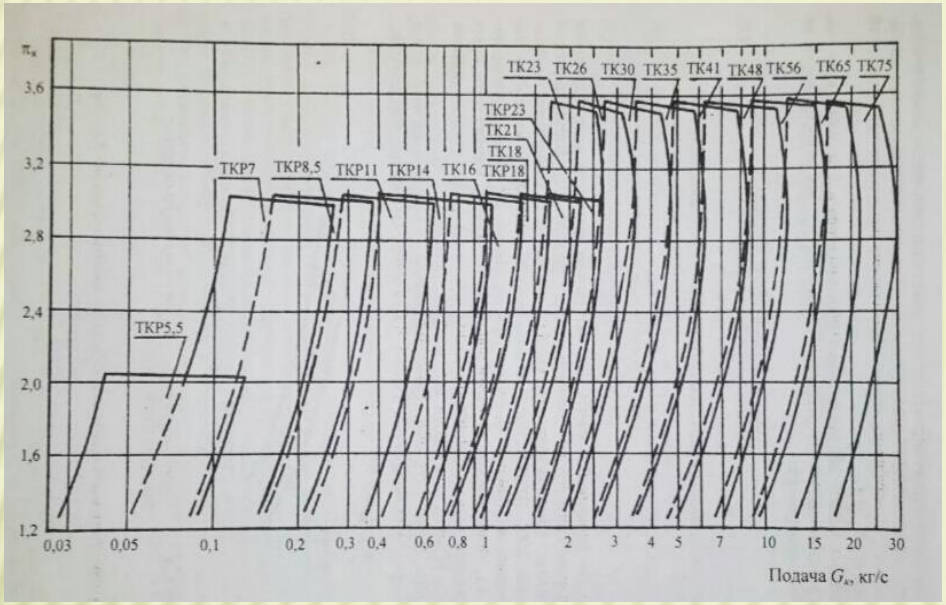


Рисунок – Поля подач

Таблиця – Параметри компресорів та газових турбін систем наддуву ДВЗ

Параметр	Типорозміри турбокомпресорів							
	ТКР 5,5	ТКР 7	ТКР 8,5	ТКР 11	ТКР 14	ТКР 16	ТКР18 ТК18	ТКР23 ТК23
Діаметр колеса D_2,мм	55	70	85	110	140	160	180	230
Ступінь підвищення тиску $\pi_к$, не більше	2	3	3	3	3	3	3	3
Температура ВГ перед турбіною T_T,К, не більше	925	925	925	925	925	925	925	925
ККД компресора із лопатковим дифузором, не менше	-	-	0,72	0,74	0,77	0,77	0,78	0,79
ККД компресора без лопаткового дифузора, не менше	0,66	0,68	0,70	0,72	0,73	0,73	0,73	0,75
ККД турбіни, не менше	0,68	0,69	0,71	0,73	0,74	0,74	0,74	0,76

Напрями подальших досліджень

- Розробка конструкцій деталей паливної апаратури;
- Розробка нагнітача системи наддуву;
- Розробка заходів з підвищення міцності деталей двигуна;
- Удосконалення системи повітряного і масляного охолодження.

Дякуємо за увагу!