

Лабораторные работы по курсу «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

Студент:

Группа:

Москва, 2018 г.

Раздел 1: МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВС



1. Расчет основных показателей бензинового ДВС

Исходные данные

№	Наименование параметра	Размерность	Величина
1.	Число цилиндров	-	
2.	Конструкция блока (рядный, V-образный)	-	
3.	Диаметр цилиндра	см	
4.	Ход поршня	см	
5.	Степень сжатия (как правило: 10...12)	-	
6.	Максимальная частота вращения	об/мин	
7.	Тип системы охлаждения (жидкостная, воздушная)	-	
8.	Число клапанов на один цилиндр	-	

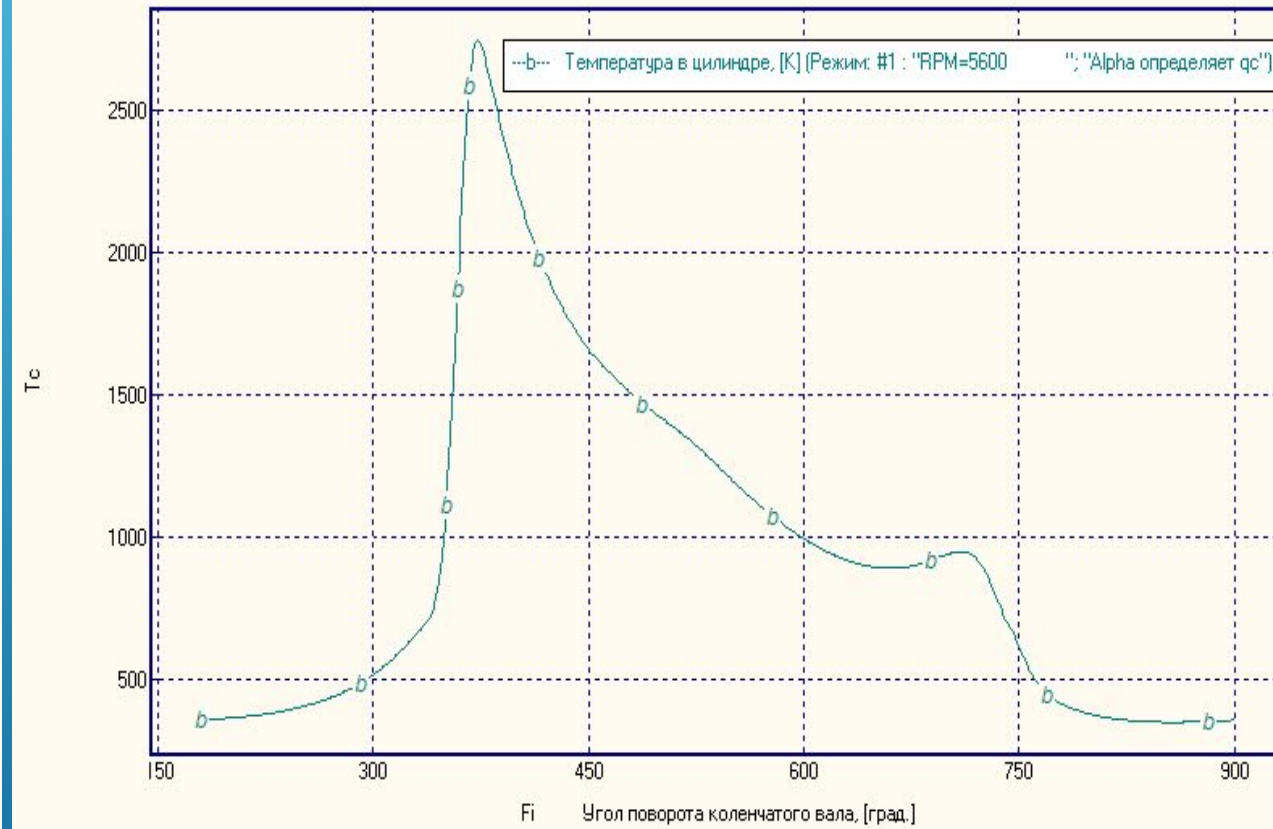
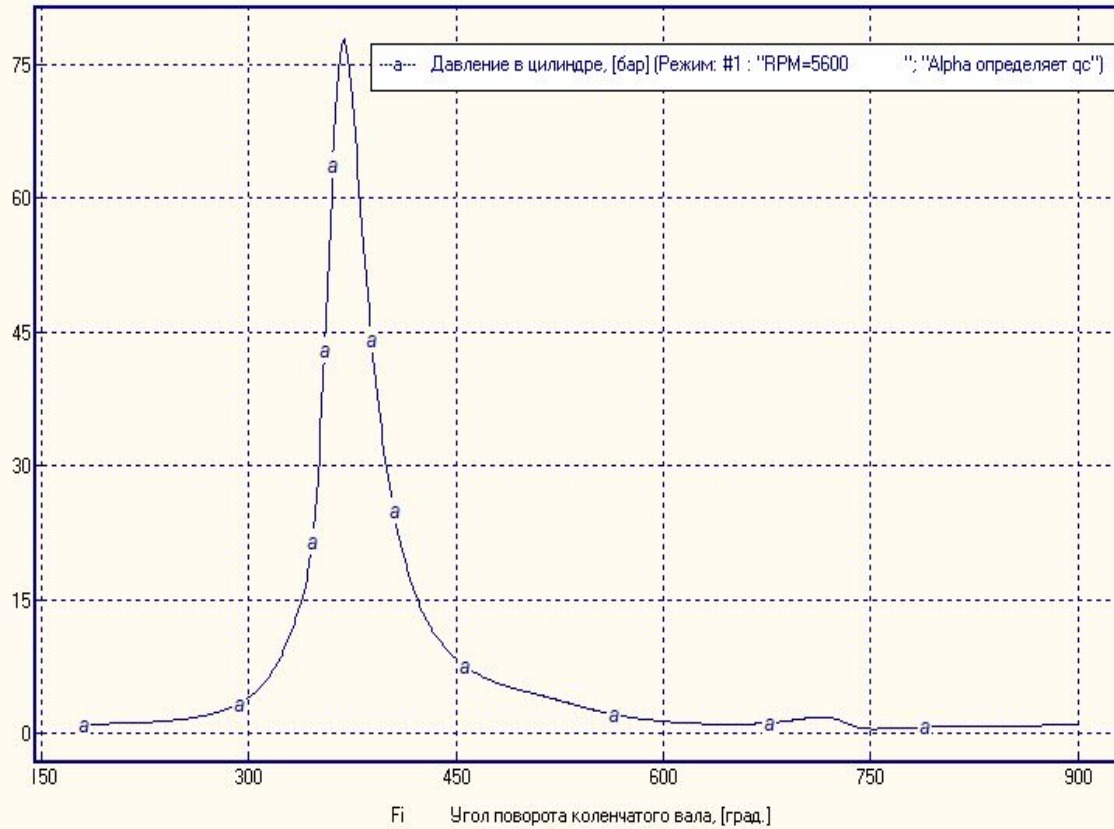
1. Расчет основных показателей бензинового ДВС

Результаты расчета

№	Наименование параметра	Размерность	Величина
1.	Частота вращения коленчатого вала	об/мин	
2.	Мощность	кВт	
3.	Крутящий момент	Нм	
4.	Удельный эффект. расход топлива	кг/(кВт*ч)	
5.	Эффективный КПД	-	
6.	Индикаторный КПД	-	
7.	Коэффициент наполнения	-	
8.	Коэффициент остаточных газов	-	

1. Расчет основных показателей бензинового ДВС

Индикаторная диаграмма

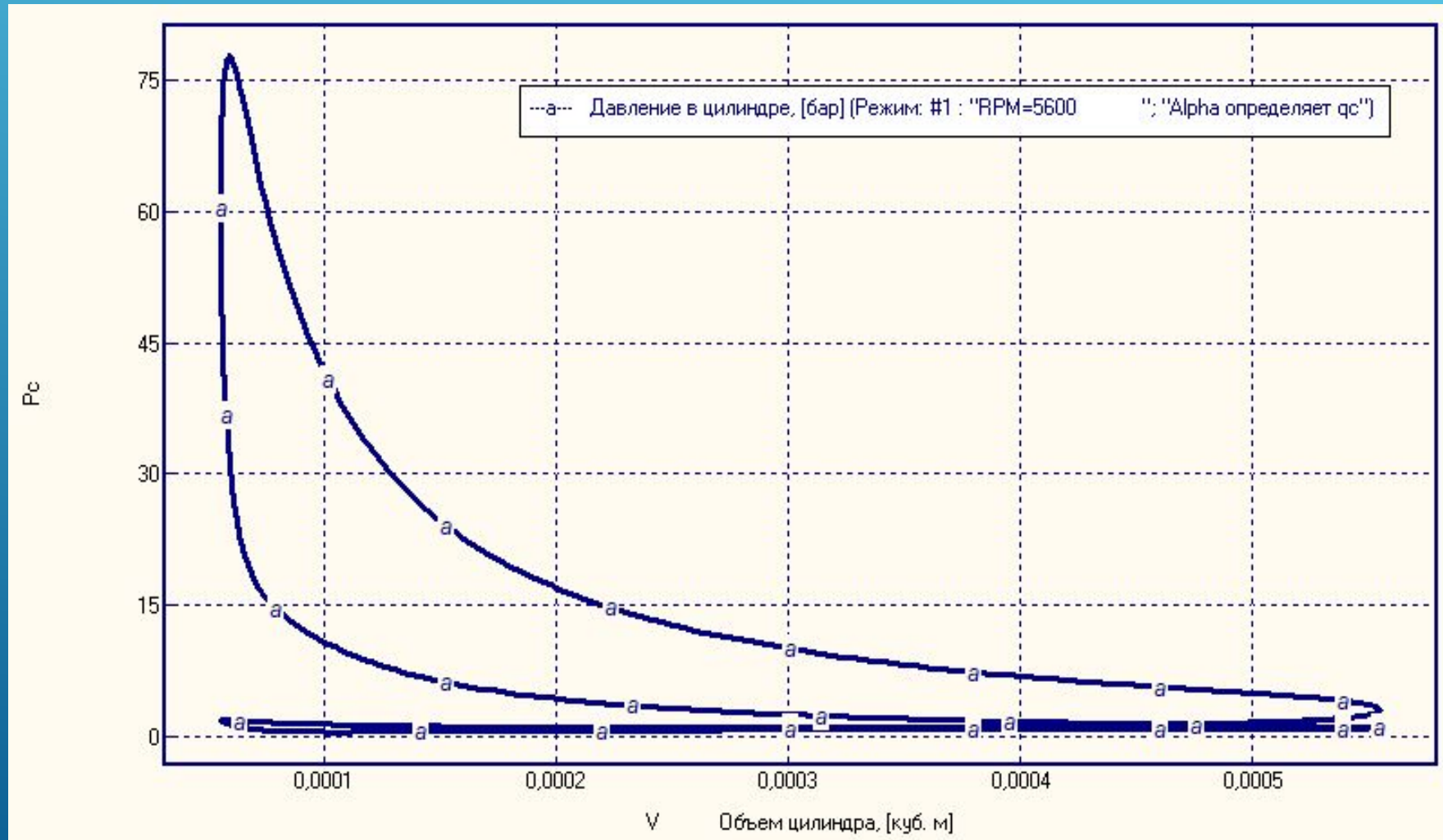


Максимальное давление 77,8 бар при 369 град.

Максимальная температура 2740 К при 373 град.

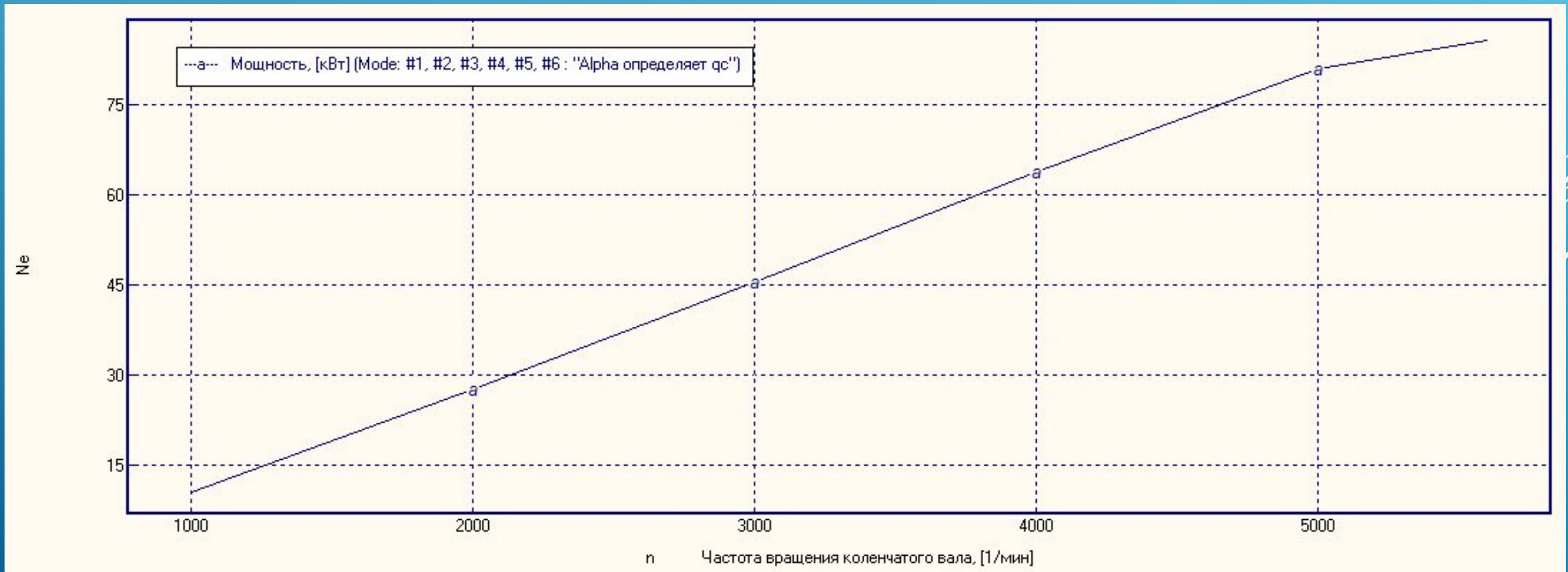
1. Расчет основных показателей бензинового ДВС

Индикаторная диаграмма в координатах P-V



2. Расчет внешней скоростной характеристики бензинового ДВС

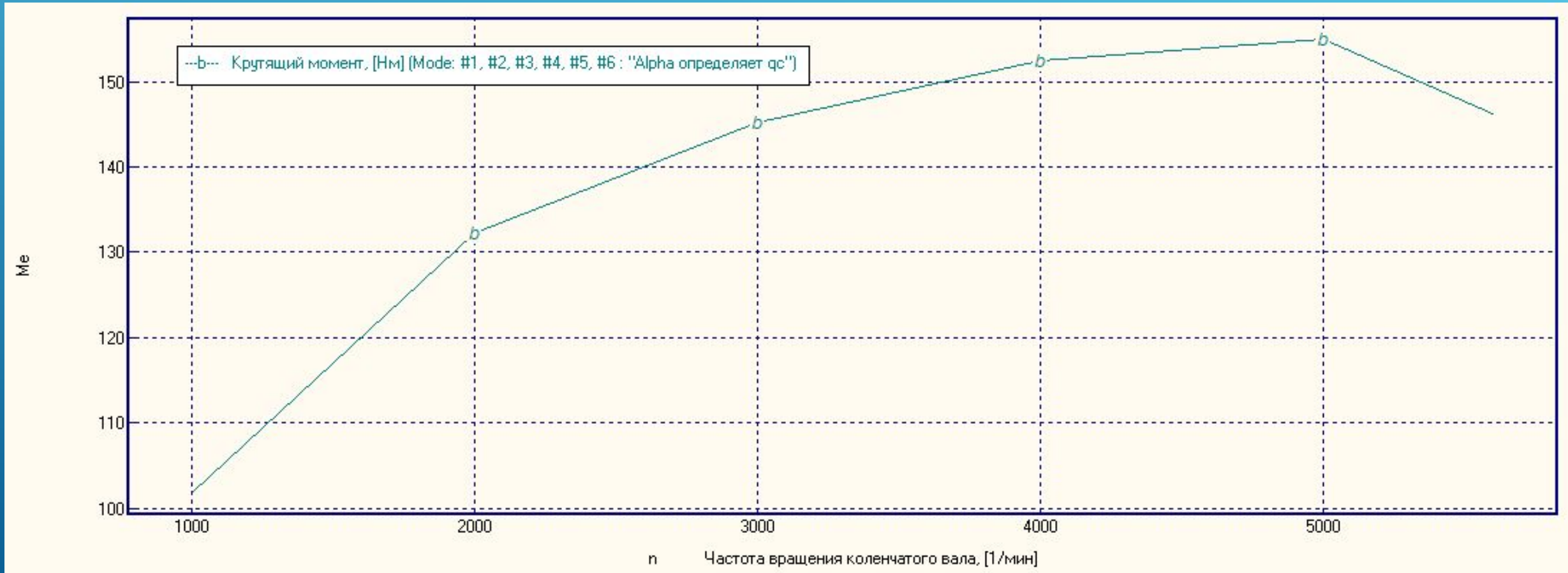
Эффективная мощность, кВт



Номинальная мощность 85,7 кВт

2. Расчет внешней скоростной характеристики бензинового ДВС

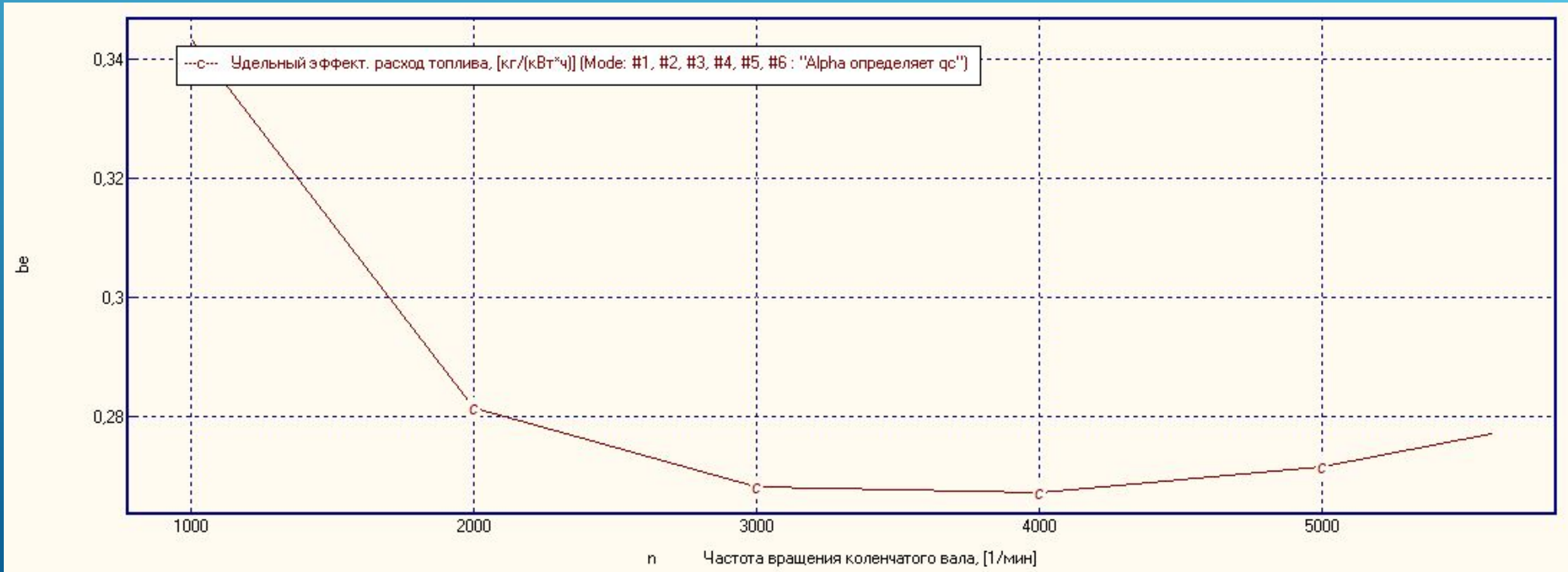
Эффективный крутящий момент, Нм



Максимальный крутящий момент 155 Нм при 5000 1/мин

2. Расчет внешней скоростной характеристики бензинового ДВС

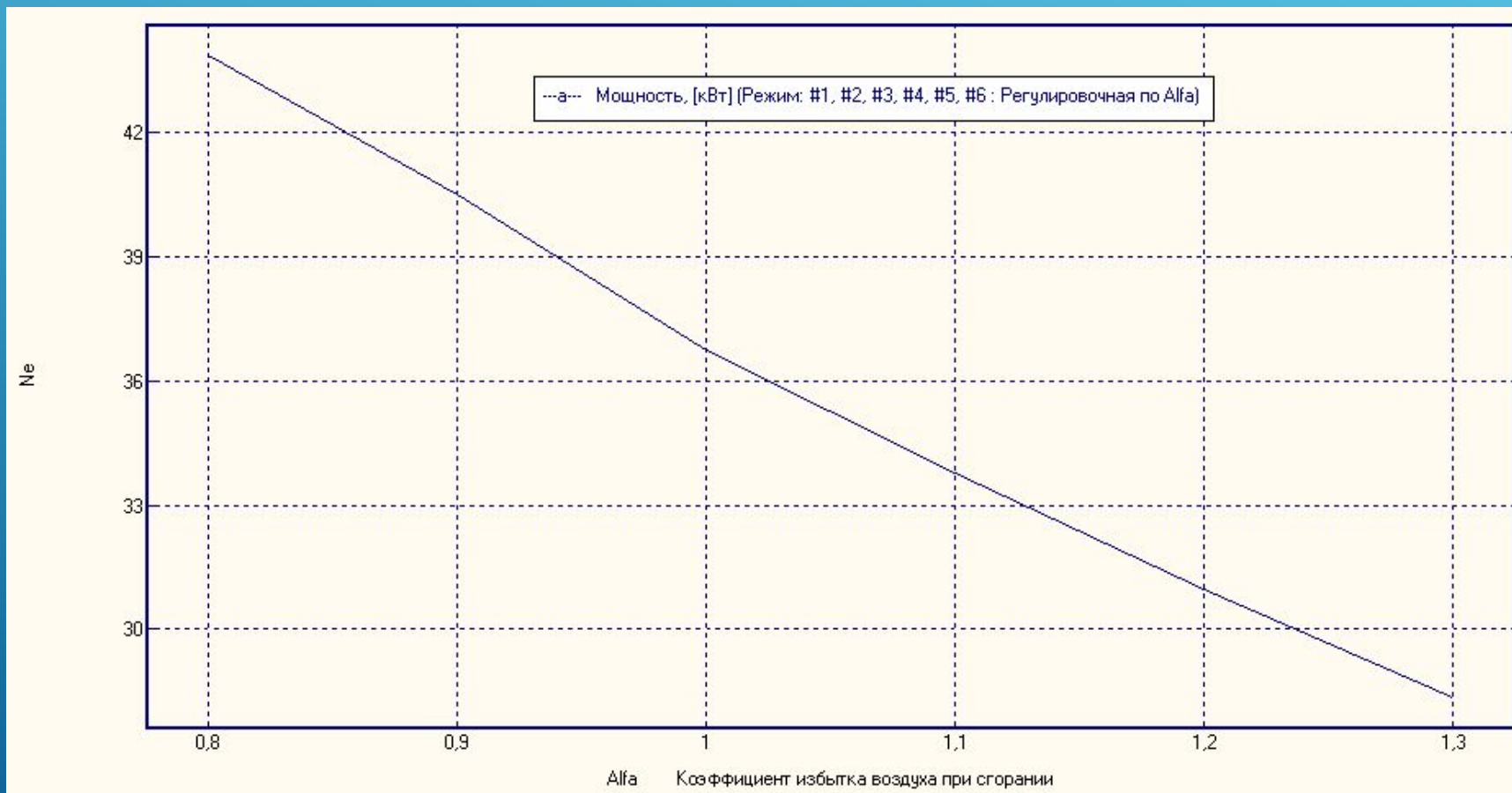
Удельный эффективный расход топлива, кг/кВтч



Минимальный удельный эффективный расход топлива 0,268 кг/кВтч при 4000 1/мин

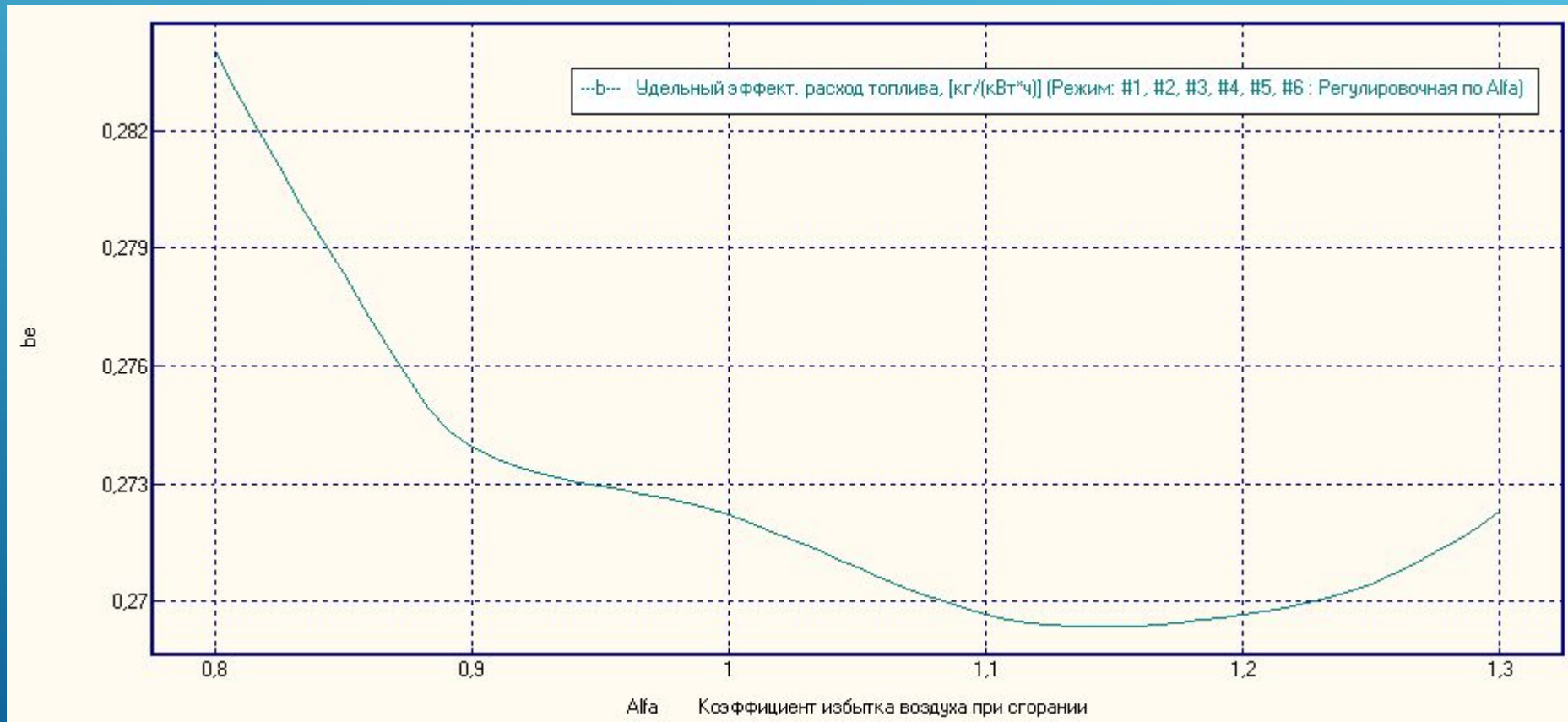
3. Расчет регулировочных характеристик бензинового ДВС

Эффективная мощность, кВт, в зависимости от коэффициента избытка воздуха



3. Расчет регулировочных характеристик бензинового ДВС

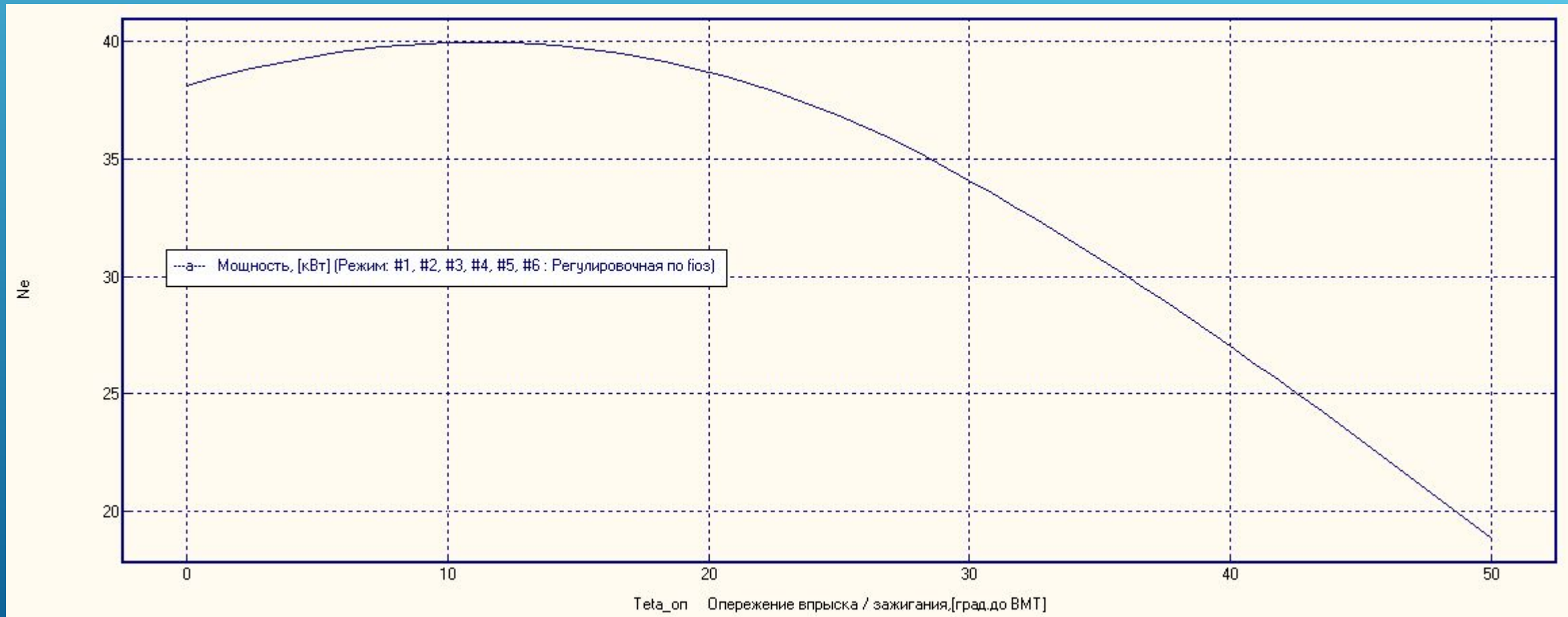
Удельный эффективный расход топлива, кг/кВтч, в зависимости от коэффициента избытка воздуха



Минимальный удельный эффективный расход топлива 0,269 кг/кВтч при $\alpha = 1,15$

3. Расчет регулировочных характеристик бензинового ДВС

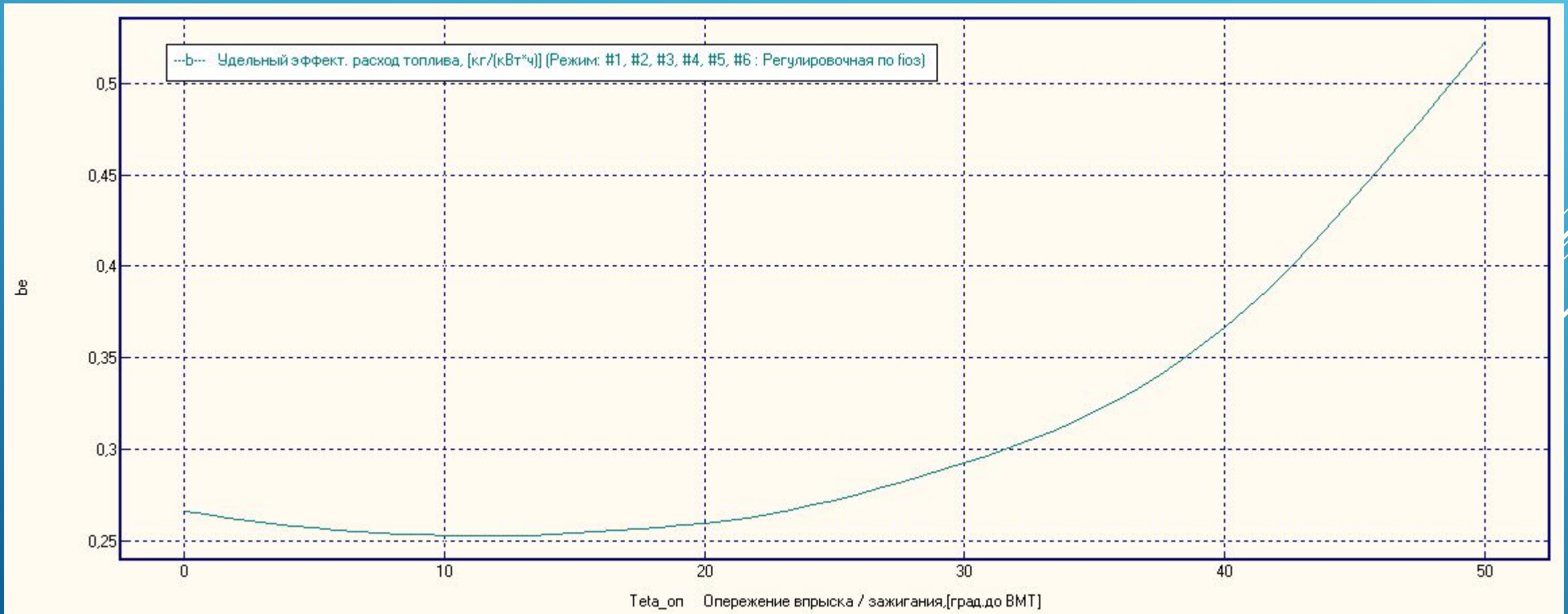
Эффективная мощность, кВт, в зависимости от угла опережения зажигания



Номинальная мощность 40,0 кВт при $\theta_{03} = 12$ град. п.к.в.

3. Расчет регулировочных характеристик бензинового ДВС

Удельный эффективный расход топлива, кг/кВтч, в зависимости от угла опережения зажигания



Минимальный удельный эффективный расход топлива 0,253 кг/кВтч при $\alpha_{opt} = 12$ град. п.к.в.

3. Расчет регулировочных характеристик бензинового ДВС

Оптимизация параметров бензинового ДВС

Оптимизация

Целевая функция Независимые переменные Ограничения Методы поиска

<input checked="" type="radio"/> Удельный эффективный расход топлива	ge
<input type="radio"/> Среднее эффективное давление	Pe
<input type="radio"/> Коэффициент наполнения	Eta_v
<input type="radio"/> Коэффициент остаточных газов	Gamma_r
<input type="radio"/> Среднее индикаторное давление	Pi
<input type="radio"/> Комплекс эмиссии вредных веществ	SE = Cpm (PM / 0.15) + Cno (NOx / 7)

Целевая функция Независимые переменные Ограничения Методы поиска

<input checked="" type="checkbox"/> Степень сжатия	Степ.сжат	>>
<input checked="" type="checkbox"/> Угол опережения зажигания, [град. до ВМТ]	Teta_on	>>
<input type="checkbox"/> Угол начала выпуска, [град. до НМТ]	Нач.вып	

Степ.сжат

Степень сжатия, Степ.сжат

Минимальное значение

Максимальное значение

Угол опережения зажигания, [град. до ВМТ], Teta_on

Минимальное значение

Максимальное значение

3. Расчет регулировочных характеристик бензинового ДВС

Оптимизация параметров бензинового ДВС

Целевая функция Независимые переменные Ограничения Методы поиска

<input type="checkbox"/> Температура газа перед турбиной	T_T
<input type="checkbox"/> Средняя температура поршня	$T_{w_поршн}$
<input type="checkbox"/> Среднее индикаторное давление	P_i
<input type="checkbox"/> Коэффициент наполнения	η_{a_v}
<input type="checkbox"/> Коэффициент остаточных газов	γ_{m_r}
<input type="checkbox"/> Среднее давление насосных ходов	$P_{нх}$
<input type="checkbox"/> Заброс ОГ во впускной коллектор	%заброс
<input type="checkbox"/> Максимальное давление цикла	P_z
<input type="checkbox"/> Максимальная скорость нарастания давления	dP/dF_i
<input checked="" type="checkbox"/> Минимальное ОЧ топлива	ОЧ

>>

Минимальное ОЧ топлива, ОЧ

Минимальное значение

70

Максимальное значение

98

Коэффициент штрафа

4

Расчет

Имя файла для результатов расчета (без расширения)
E:\DieselRK_NET\Data\L4_benzin\L4_benzin

Название расчета
Оптимизация

Режимы

<input type="checkbox"/> #1: 1	<input type="checkbox"/> #6: 6
<input type="checkbox"/> #2: 2	<input type="checkbox"/> #7: 7
<input type="checkbox"/> #3: 3	<input type="checkbox"/> #8
<input type="checkbox"/> #4: 4	<input type="checkbox"/> #9
<input checked="" type="checkbox"/> #5: 5	<input type="checkbox"/> #10

Расчет КДВС Сканирование **Оптимизация**

Справка Отмена

3. Расчет регулировочных характеристик бензинового ДВС

Результаты оптимизации параметров бензинового ДВС

```

      ПРЕДЕЛЬНОЕ ДРОБЛЕНИЕ ШАГА ПО АРГУМЕНТАМ;
      ИЛИ ЧРЕЗМЕРНОЕ УМЕНЬШЕНИЕ ГРАДИЕНТА
----- Независимые переменные -----
Степ.сжат |  Teta_оп |
13.995    |  8.1494  |
----- Ограничения -----
Октан.чсл |
94.618    |
----- Оптимизируемые параметры -----
be        |
0.23914   |
-----
Функция цели = 1.1957      Штраф = 0.0000      N = 24
=====
=====

```

Степень сжатия: 14

Угол опережения зажигания: 8,1 град. п.к.в, до ВМТ

Минимальный удельный эффективный расход топлива 0,239 кг/кВтч

4. Расчет основных показателей дизельного ДВС

Исходные данные

№	Наименование параметра	Размерность	Бензиновый	Дизель	Дизель с наддувом
1.	Число цилиндров	-	const	const	const
2.	Конструкция блока (рядный, V-образный)	-	const	const	const
3.	Диаметр цилиндра	см	const	const	const
4.	Ход поршня	см	const	const	const
5.	Степень сжатия (как правило: 10...12)	-	8,5 – 12,5	17-19	16-18
6.	Максимальная частота вращения	об/мин	4500 - 6500	3500-4500	3500-4500
7.	Тип системы охлаждения (жидкостная, воздушная)	-	const	const	const
8.	Число клапанов на один цилиндр	-	const	const	const
9.	Степень повышения давления в ТКР		-	-	1,5-2,5

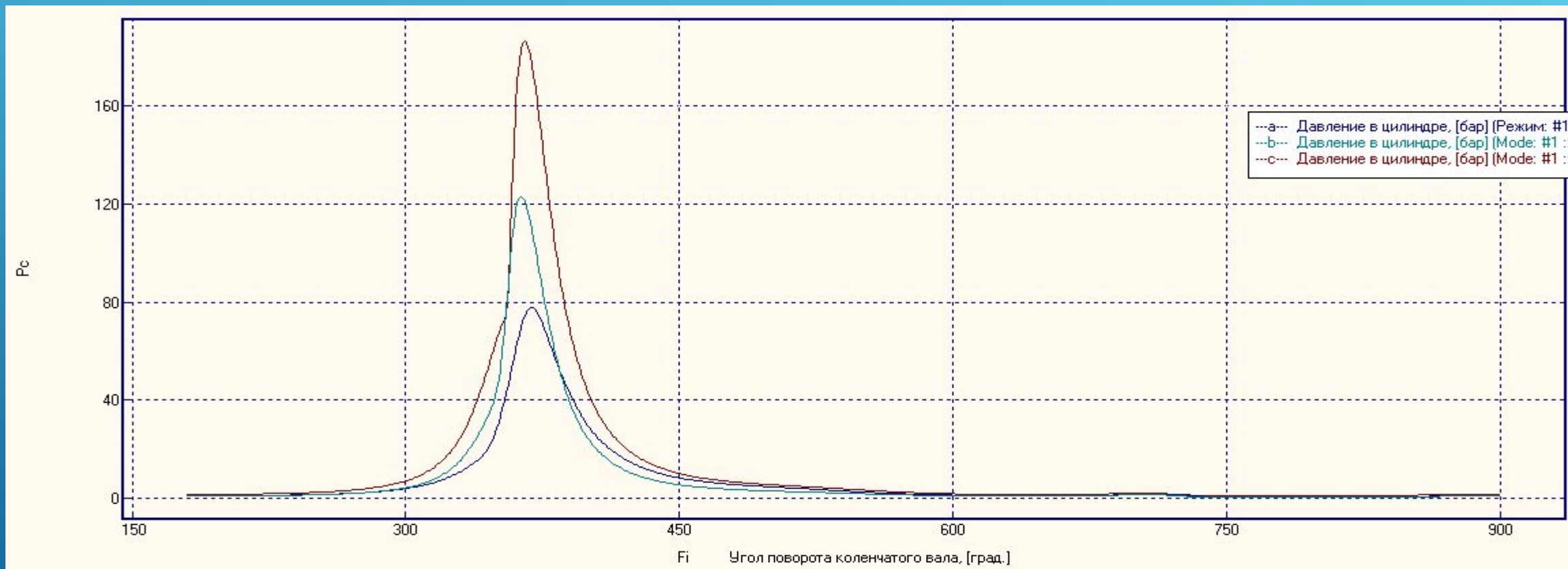
4. Расчет основных показателей дизельных ДВС

Результаты расчета

№	Наименование параметра	Размерность	Бензиновый	Дизельный	Дизельный с наддувом
1.	Частота вращения коленчатого вала	об/мин			
2.	Мощность	кВт	одинаковая		одинаковая
3.	Крутящий момент	Нм			
4.	Удельный эффект. расход топлива	кг/(кВт*ч)			
5.	Эффективный КПД	-			
6.	Индикаторный КПД	-			
7.	Коэффициент наполнения	-			
8.	Коэффициент остаточных газов	-			

4. Расчет основных показателей дизельных ДВС

Индикаторная диаграмма, давление в цилиндре



Бензиновый

Максимальное давление
77,8 бар при 369 град.

Дизельный

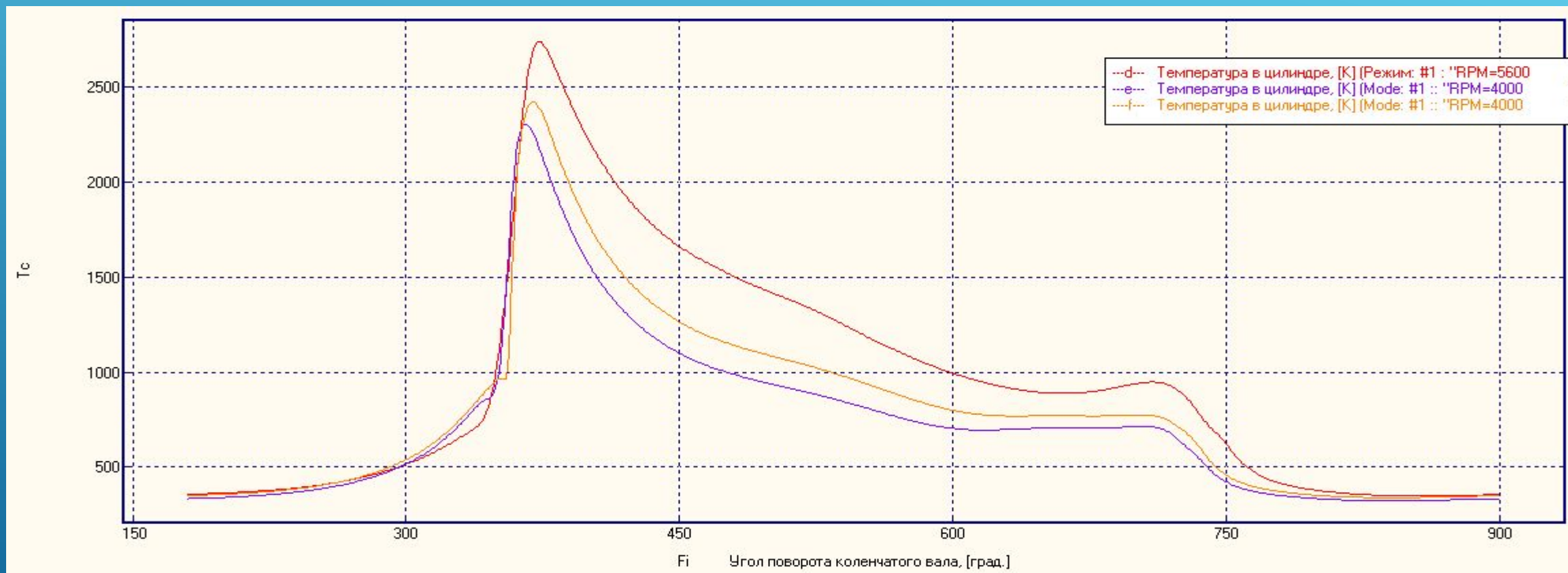
Максимальное давление
121,8 бар при 365 град.

Дизельный с наддувом

Максимальное давление
175,1 бар при 368 град.

4. Расчет основных показателей дизельных ДВС

Индикаторная диаграмма, температура в цилиндре



Бензиновый

Максимальная температура
2740 К при 378 град.

Дизельный

Максимальная температура
2240 К при 371 град.

Дизельный с наддувом

Максимальная температура
2440 К при 373 град.

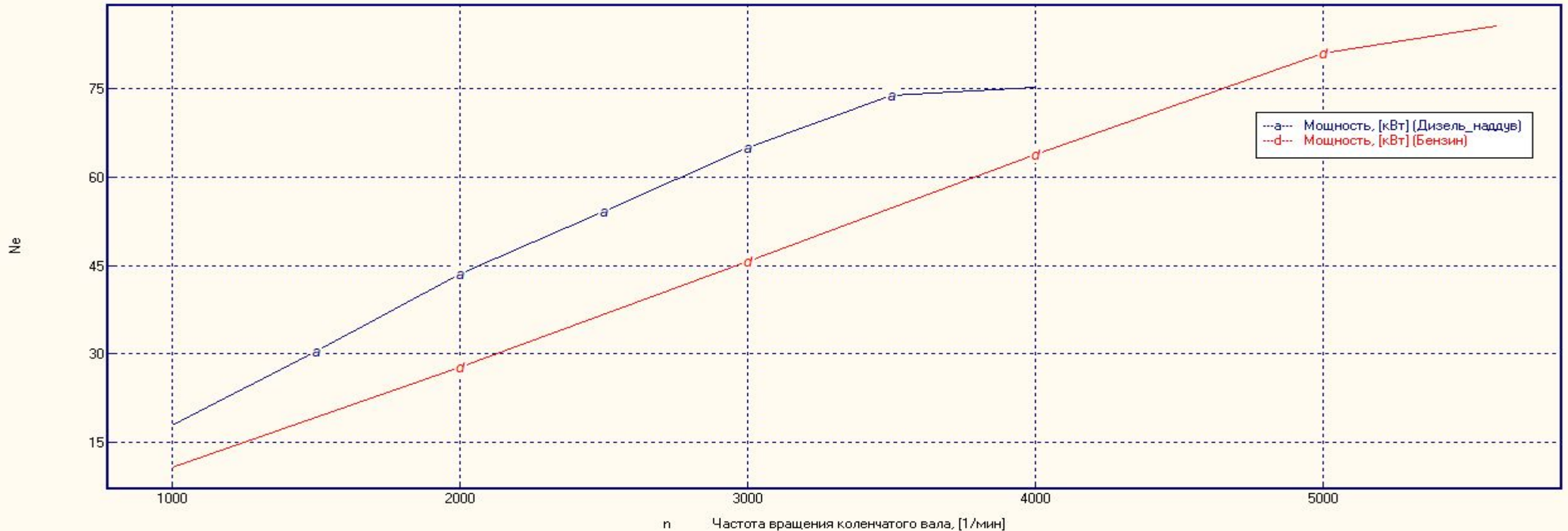
4. Расчет основных показателей дизельных ДВС

Выводы:

-Сравнение момента, мощности, макс температуры, ср.эф. расхода топлива, эф. и инд. КПД, коэф. наполнения и остаточных газов

5. Расчет внешней скоростной характеристики дизельного ДВС

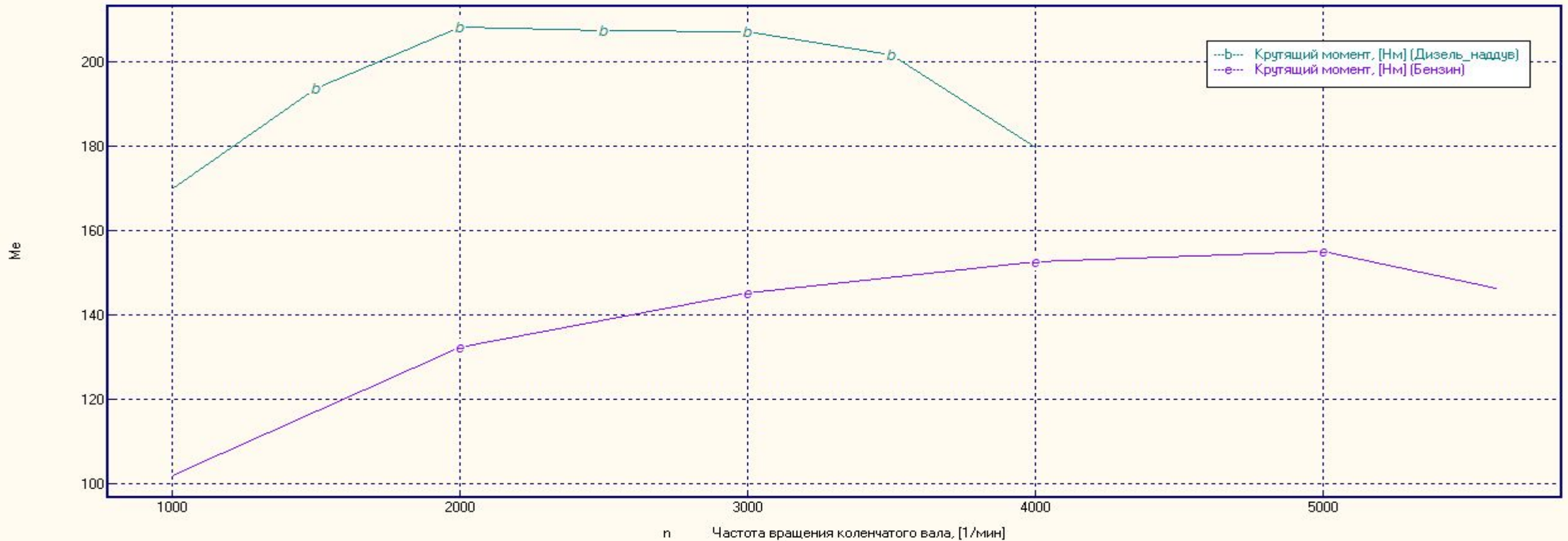
Эффективная мощность



	Бензиновый	Дизельный с наддувом
Максимальная эффективная мощность, кВт	78	75
при частоте вращения, 1/мин	5600	4000

5. Расчет внешней скоростной характеристики дизельного ДВС

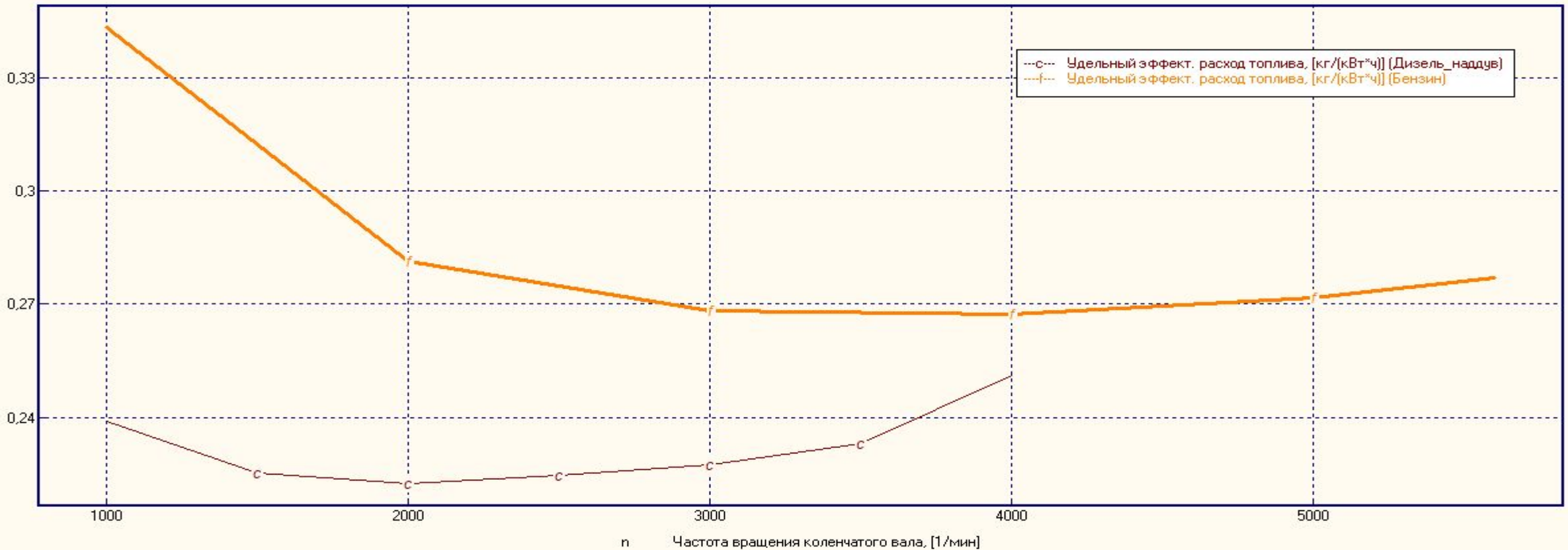
Крутящий момент



	Бензиновый	Дизельный с наддувом
Максимальный крутящий момент, Нм	155	208
при частоте вращения, 1/мин	5000	2000

5. Расчет внешней скоростной характеристики дизельного ДВС

Удельный эффективный расход топлива



	Бензиновый	Дизельный с наддувом
Минимальный уд. эфф. расход топлива, г/кВтч	265	225
при частоте вращения, 1/мин	4000	2000

Раздел 2: МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ



6. Расчет основных показателей автомобиля с механической коробкой передач

Исходные данные

№	Наименование параметра	Обозначение	Размерность	Величина
1.	Снаряженная масса автомобиля	veh_mass	кг	
2.	Коэффициент аэродинамического сопротивления	veh_CD	-	
3.	Тип привода (передний/задний/полный)	-	-	
4.	Номинальная мощность двигателя	fc_max_pwr	кВт	
5.	Радиус качения колеса (https://shina-calc.ru)	wh_radius	м	

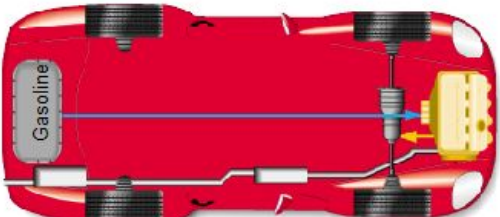
6. Расчет основных показателей автомобиля с механической коробкой передач

Исходные данные

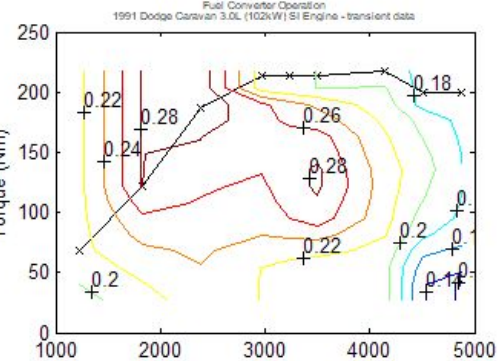
Vehicle Input--ADVISOR 2003-00-r0116

File Edit Units Help

Vehicle Input



Component: fuel_converter | Plot Selection: fc_efficiency



Component	version	type	Value	max pwr (kW)	peak eff	mass (kg)
Vehicle	?	VEH_midSizeCar				1074
Fuel Converter	ic	si	FC_SI102_emis	102	0.29	326
Exhaust Aftertreat	?	EX_SI			#of mod V nom	26
Energy Storage	?	ess options				
Energy Storage 2	?	ess 2 options				
Motor	?	MC_AC124_EV1_draft				
Motor 2	?	motor 2 options				
Starter	?	starter options				
Generator	?	gc options				
Transmission	man	man	TX_5SPD	1		114
Transmission 2	?	trans 2 options				
Clutch/Torq. Conv.	?	clutch/torque converte...				
Torque Coupling	?	TC_DUMMY				
Wheel/Axle	Crr	Crr	WH_SMCAR			0
Accessory	Co...	Const	ACC_CONV			
Acc Electrical	?	acc elec options				
Powertrain Control	conv	man	PTC_CONV			

front wheel drive rear wheel drive four wheel drive ?

View Block Diagram BD_CONV

Variable List:
Componen fuel_converter Edit Var.
Variables fc_max_pwr 103

Save Help
Back Continue

Edit Variable--ADVISOR 2003-00-...

Variable to modify:

fc_max_pwr = 103

Default Val. 101.7427

View All
Help
cancel
Default Val.
O.K.

6. Расчет основных показателей автомобиля с механической коробкой передач

Исходные данные

The screenshot shows the software interface with the following components:

- Drive Cycle Selection:** 'CYC_NEDC' is selected in the dropdown menu.
- Time Step:** Set to 1.
- # of cycles:** Set to 1.
- Test Procedure:** 'TEST_CITY_HWY' is selected.
- Acceleration Test:** Checked.
- Gradeability Test:** Checked.
- Statistics Panel:**
 - time: 1184 s
 - distance: 10.93 km
 - max speed: 120 km/h
 - avg speed: 33.21 km/h
 - max accel: 1.06 m/s²
 - max decel: -1.39 m/s²
 - avg accel: 0.54 m/s²
 - avg decel: -0.79 m/s²
 - idle time: 298 s
 - no. of stops: 13
 - max up grade: 0 %
 - avg up grade: 0 %
 - max dn grade: 0 %
 - avg dn grade: 0 %
- Speed/Elevation vs. Time Graph:** Shows speed (km/h) and elevation (meters) over time (sec).
- Speed Histogram:** Shows the distribution of speeds, with a peak around 30 km/h.

The 'Test Conditions' dialog box shows the following settings:

- Basic Parameters:**
 - Shift Delay: 0.2 s
 - Initial SOC: 0.5
- Mass Parameters:**
 - Use Current Mass: 1650 kg
 - Override Vehicle Mass: 1541 kg
 - Add to Current Mass: 0 kg
- Test Results:**

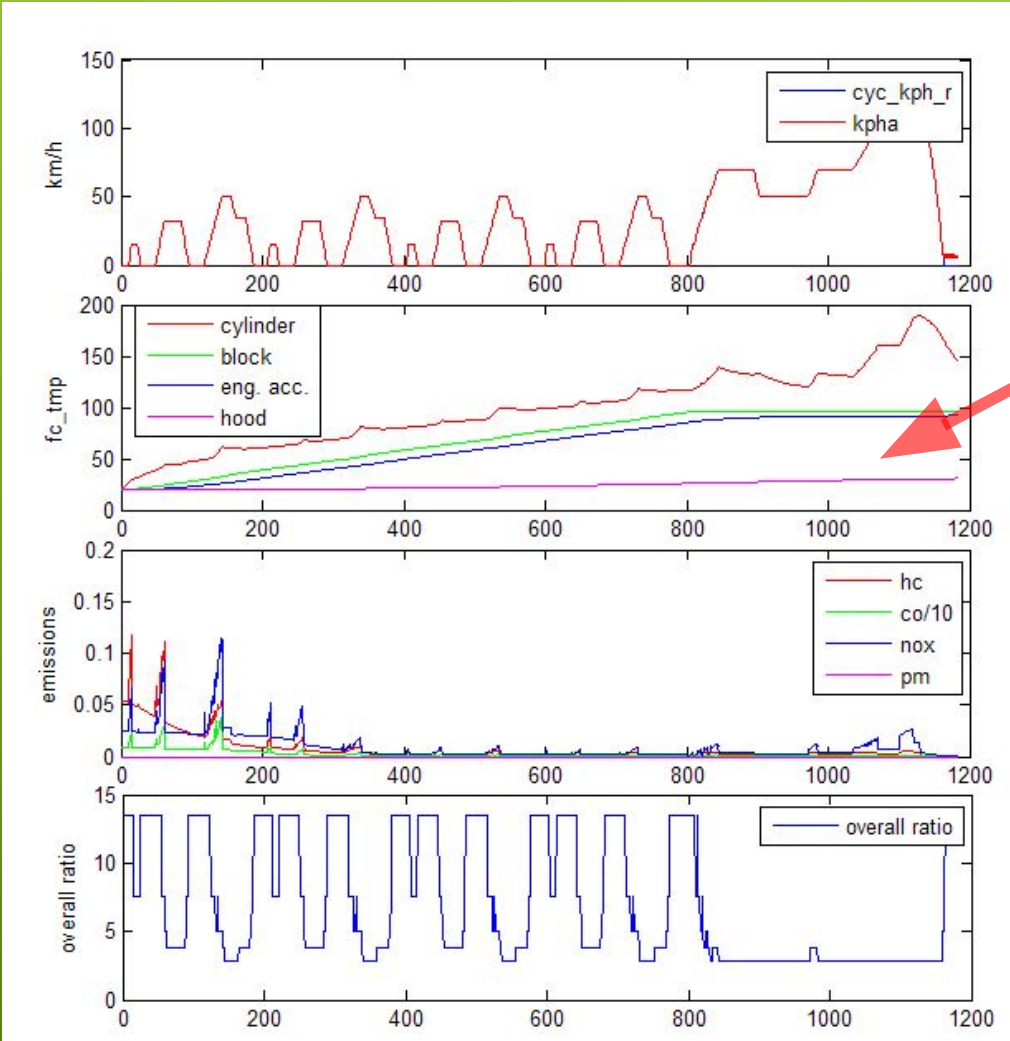
Parameter	Initial Speed	Final Speed	Units
Accel time #1	0	to 100	km/h
Accel time #2	60	to 120	km/h
Accel time #3	0	to 150	km/h
Distance in ...	5	s	
Time in ...	0.402	km	

The 'Test Conditions' dialog box shows the final result for the speed test:

- Speed:** 37.3 mph
- Duration:** 10 s
- Gear Number:** 1

6. Расчет основных показателей автомобиля с механической коробкой передач

Результаты расчета



Component: fuel_converter [plot control]

Plot Variable (Select Axis First): fc_tmp [?] # of plots: 4

Fuel Consumption (L/100 km): 49.7

6. Расчет основных показателей автомобиля с механической коробкой передач

Результаты расчета

Fuel Consumption (L/100 km)	10.4
Gasoline Equivalent	10.4
Distance (km)	11

Emissions (grams/km)				Standards
HC	CO	NOx	PM	
0.846	2.436	1.041	0	

Acceleration Test	
0-100 km/h	11.2 Max. Accel. (m/s ²): 5.4
60-120 km/h	9.5 Distance in 5s (m): n/a
0-150 km/h	n/a Time in 0.4km (s): n/a
	Max. Speed (kmph): 181.5

Gradeability at 60 km/h:	35.2 %
--------------------------	--------

Energy Use Figure	Output Check Plots
-------------------	--------------------

	POWER MODE				REGEN MODE			
	In	Out	Loss	Eff.	In	Out	Loss	Eff.
Fuel	0	36357						
Fuel Converter	36357	5732	30625	0.16			521	
Clutch	5192	5095	97	0.98	625	625	0	1
Hyd. Torque Converter								
Generator								
Torque Coupling								
Energy Storage								
Energy Stored								
Motor/Controller								
Gearbox	5095	4781	314	0.94	671	625	46	0.93
Final Drive	4781	4781	0	1	671	671	0	1
Wheel/Axle	2837	4438	-1602	1.56	1531	870	661	0.57
Braking							870	
Aux Loads	829	0	829	0				
Aero			1576					
Rolling			1455					

*Overall System Efficiency

0.083

*Overall energy efficiency is calculated as: (aero + rolling)/(fuel in - ess storage)

6. Расчет основных показателей автомобиля с механической коробкой передач

Результаты расчета

№	Наименование параметра	Размерность	Величина
1.	Расход топлива в цикле	л/100 км	
2.	Время разгона до 100 км/ч	с	
3.	Время разгона от 60 до 120 км/ч	с	
4.	Максимальная скорость	км/ч	
5.	Преодолеваемый подъем при 60 км/ч	%	
6.	КПД двигателя в цикле	-	
7.	КПД автомобиля в цикле	-	

7. Параметрическое исследование показателей автомобиля с механической коробкой передач

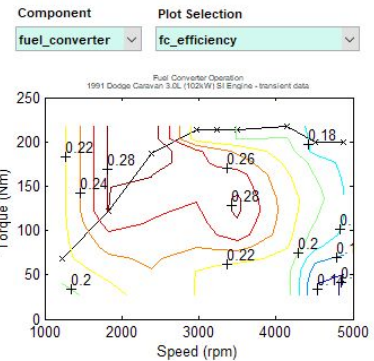
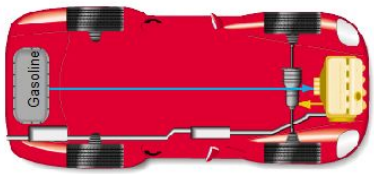
Исходные данные

№	Наименование параметра	Обозначение	Величина
1.	Передаточное отношение главной передачи	fd_ratio	
2.	Передаточное отношение 1-ой передачи	gb_ratio	
3.	Передаточное отношение 2-ой передачи	gb_ratio	
4.	Передаточное отношение 3-ой передачи	gb_ratio	
5.	Передаточное отношение 4-ой передачи	gb_ratio	
6.	Передаточное отношение 5-ой передачи	gb_ratio	

7. Параметрическое исследование показателей автомобиля с механической коробкой передач

Исходные данные

Vehicle Input



Load File: test_car_in

Auto-Size Scale Components: max pwr peak eff mass (kW) (kg)

Component	version	type	Value	Value	Value
Vehicle	?	VEH_midSizeCar			1074
Fuel Converter	ic	si	FC_S1102_emis	102	0.29
Exhaust Aftertreat	?	EX_SI		#of mod V nom	26
Energy Storage	?	ess options			
Energy Storage 2	?	ess 2 options			
Motor	?	MC_AC124_EV1_start			
Motor 2	?	motor 2 options			
Starter	?	starter options			
Generator	?	gc options			
Transmission	man	man	TX_SSPD	1	114
Transmission 2	?	trans 2 options			
Clutch/Torg. Conv.	?	clutch/torque converte...			
Torque Coupling	?	TC_DUMMY			
Wheel/Axle	Crr	Crr	WH_SMCAR		0
Accessory	Co...	Const	ACC_CONV		
Acc Electrical	?	acc elec options			
Powertrain Control	conv	man	PTC_CONV		

Drive Mode: front wheel drive rear wheel drive four wheel drive

View Block Diagram: BD_CONV

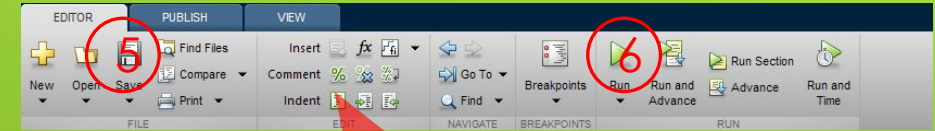
Variable List: fuel_converter, fc_acc_mass (81.3941)

Edit List--ADVISOR 2003-00-r0116

transmission

- TX_1SPD
- TX_1SPD_BUS
- TX_1SPD_Focus
- TX_1SPD_IDEAL
- TX_SSPD
- TX_SSPD_CI
- TX_SSPD_IDEAL
- TX_SSPD_SI
- TX_SSPD_SLINSIGHT
- TX_AnnexVII_SerHyb
- TX_AnnexVII_conv
- TX_MT643_MT
- TX_RM10145A

View/Edit file (2)



```

31 % as the first four entries in 'gb_ratio,' below.
32
33 gb_ratio=[3.73 2.1 1.5 1.2 0.9];
34 gb_gears_num=5;
35
36
37 %TX_VW % FILE ID, LOSSES
38 load tx_vw_eff_map_26_50_5; % loads the efficiency map for this transmission
39 % ...three variables are loaded--tx_eff_map, tx_map_spd, tx_map_trq
40 % note: the function tx_eff_mapper.m from <ADVISOR directory>gui is used to generate efficiency values
41
42 gb_mass=141/2.205; % (kg), mass of the gearbox - 1990 Taurus, OTA Report
43
44 %the following variable is not used directly in modelling and should always be equal to one
45 %it's used for initialization purposes
46 gb_eff_scale=1;
47 gb_inertia=0; % (kg*m^2), gearbox rotational inertia measured at input, unknown
48
49 % trq and speed scaling parameters
50 gb_spd_scale=1;
51 gb_trq_scale=1;
52
53 %final drive variables
54 %*****
55 % LOSSES AND EFFICIENCIES
56 %*****
57 fd_loss=0; % (Nm), constant torque loss in final drive, measured at input
58
59
60 %*****
61 % OTHER DATA
62 %*****
63
64 fd_ratio=4.44; % (--), =(final drive input speed)/(f.d. output speed)
65 fd_inertia=0; % (kg*m^2), rotational inertia of final drive, measured at input
    
```

gb_ratio=[3.73 2.1 1.5 1.2 0.9];

fd_ratio=4.44;

После внесения изменений сохранить файл и нажать кнопку "Run"!

7. Параметрическое исследование показателей автомобиля с механической коробкой передач

Исходные данные

Drive Cycle: CYC_NEDC

Time Step: 1 # of cycles: 1

Test Procedure: TEST_CITY_HWY

Acceleration Test: (2)

Gradeability Test:

Parametric Study: # of variables: 1

Variable	Low	High	# Pts
veh_mass	1500 (3)	2000	3
veh_CD	0.33	0.53	3
veh_FA	2	4	3

Buttons: Save, Help, Back, Run (4)

Test Conditions

Basic Parameters	Units	Value
<input checked="" type="checkbox"/> Shift Delay	s	0.2

Enable/Disable Systems

All Systems Enabled

Energy Storage Disabled

Fuel Converter Disabled

Initial SOC: 0.5

Mass Parameters

Use Current Mass: 1500 kg

Override Vehicle Mass: 1500 kg

Add to Current Mass: 0 kg

Test Results

Parameter	Initial Speed	Final Speed	Units
<input checked="" type="checkbox"/> Accel time #1	0	96.6	km/h
<input checked="" type="checkbox"/> Accel time #2	64.4	96.6	km/h
<input checked="" type="checkbox"/> Accel time #3	0	137	km/h

Parameter	Value	Units
<input type="checkbox"/> Distance in ...	5	s
<input type="checkbox"/> Time in ...	0.402	km
<input checked="" type="checkbox"/> Max accel rate (6)		
<input type="checkbox"/> Max speed		

Buttons: OK (6), Cancel, Help, Defaults, Load PNGV

Test Conditions

Basic Parameters	Units	Value
<input type="checkbox"/> Grade	%	6
<input checked="" type="checkbox"/> Speed	mph	55
<input checked="" type="checkbox"/> Duration	s	10
<input type="checkbox"/> Gear Number	--	1

Enable/Disable Systems

All Systems Enabled

Energy Storage Disabled

Fuel Converter Disabl...

Initial SOC: 0.5

Minimum SOC: 0.5

Mass Parameters

Use Current Mass: 1500 kg

Override Vehicle Mass: 1500 kg

Add to Current Mass: 0 kg

Solution Conditions

Grade Lower Bound: 0%

Grade Upper Bound: 10%

Grade Initial Step Size: 1%

Speed Tolerance: 0.01 mph

Grade Tolerance: 0.05%

Maximum Iterations: 25

Display Status: 0

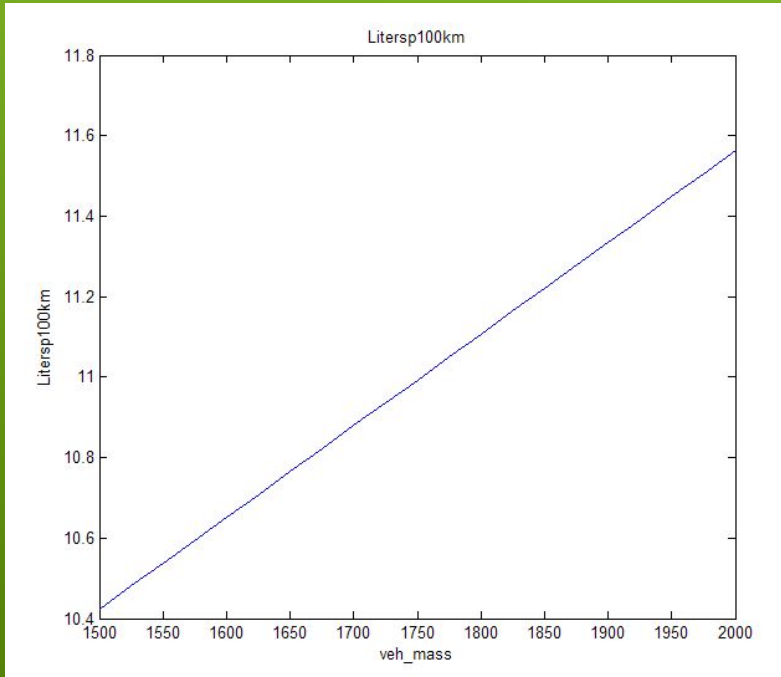
Buttons: OK (7), Cancel, Help, Defaults, Load PNGV

Отметить галочкой Max.accel rate, остальное не менять!

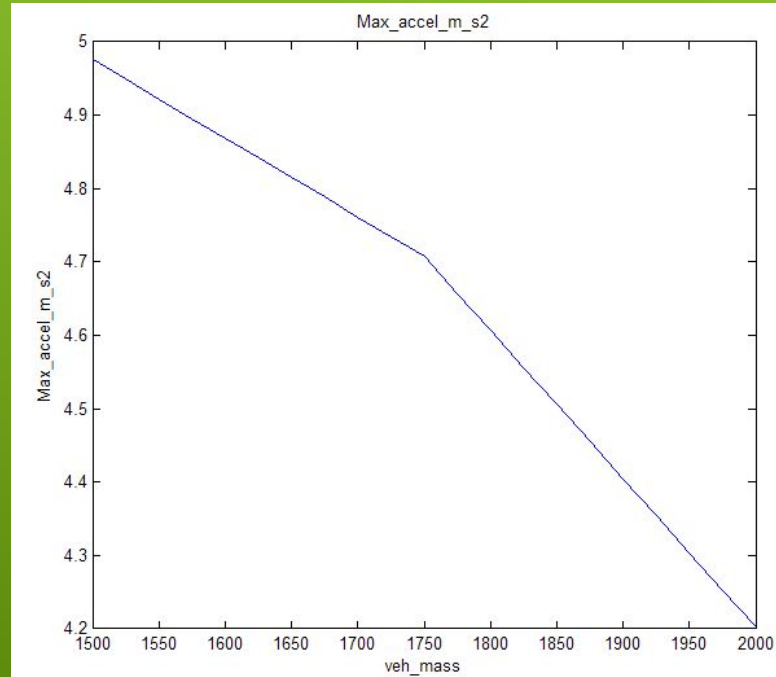
7. Параметрическое исследование показателей автомобиля с механической коробкой передач

Результаты расчета (в зависимости от массы автомобиля)

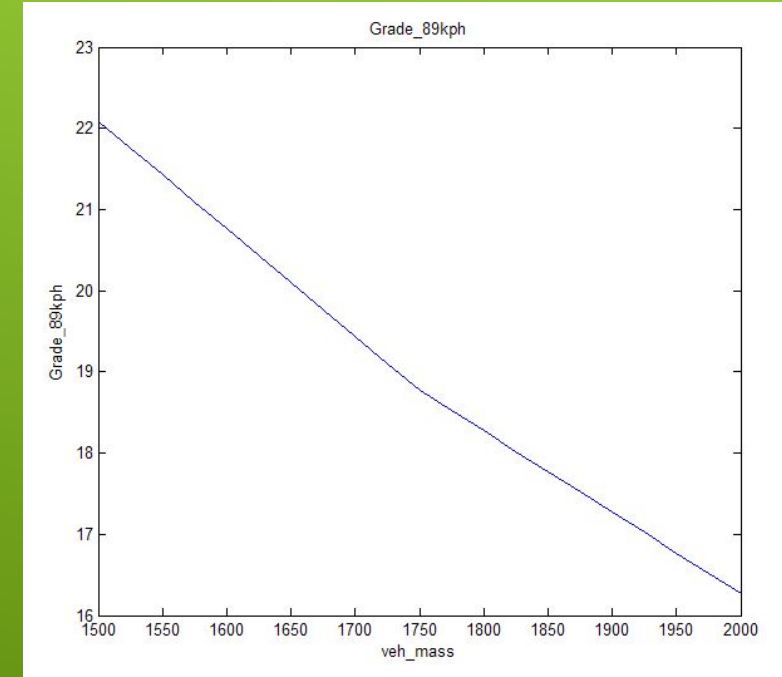
Расход топлива, л/100 км



Максимальное ускорение, м/с²



Максимальный преодолеваемый подъем, град.



7. Параметрическое исследование показателей автомобиля с механической коробкой передач

Исходные данные

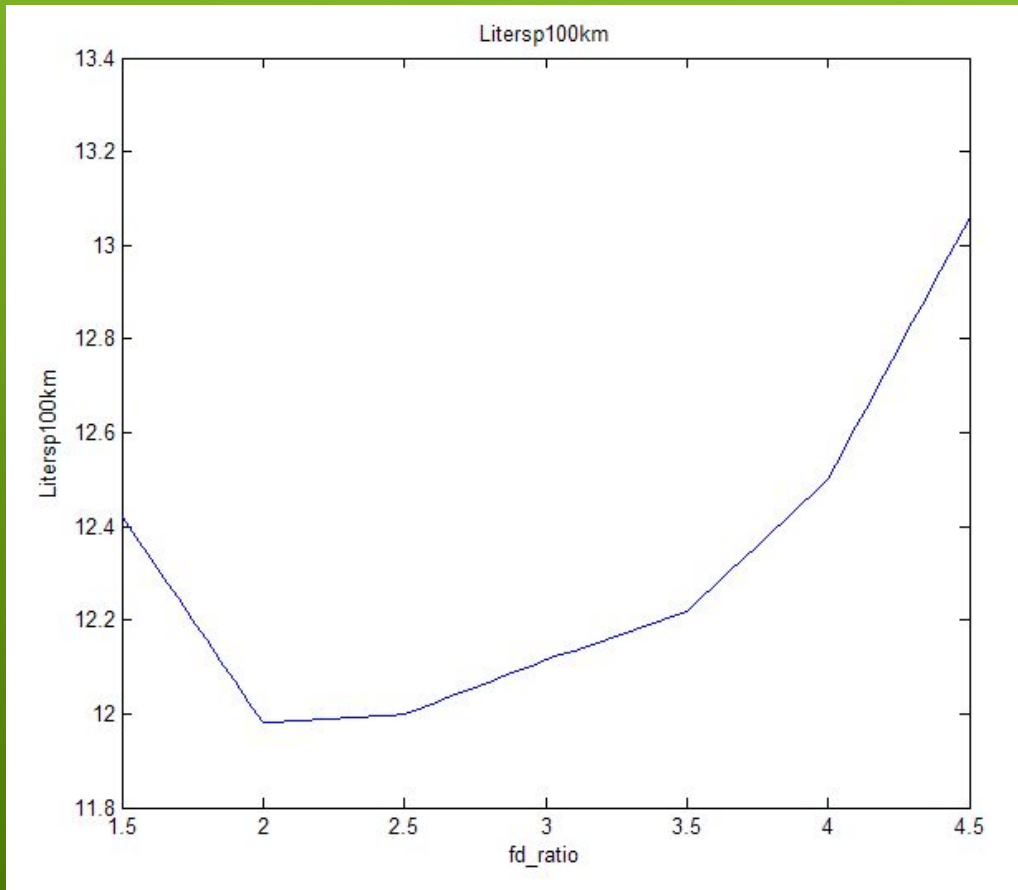
The screenshot shows a configuration window for a vehicle simulation. The 'Drive Cycle' section is selected, with 'CYC_NEDC' chosen from a dropdown menu. The 'Time Step' is set to 1, and the '# of cycles' is also 1. There are checkboxes for 'SOC Correction' and 'Cycle Filter', both of which are unchecked. An 'Initial Conditions' button is present. Below this, there are checkboxes for 'Constant Road Grade' and 'Interactive Simulation', both unchecked. The 'Multiple Cycles' section shows 'none' selected. The 'Test Procedure' is set to 'TEST_CITY_HWY'. In the 'Acceleration Test' section, the 'Acceleration Test' checkbox is checked, and there are buttons for 'Accel Options' and 'Grade Options'. The 'Gradeability Test' checkbox is unchecked. The 'Parametric Study' section is checked, with '# of variables' set to 1. A table below shows the variable 'fd_ratio' with a low value of 1.5, a high value of 4.5, and 7 points.

Variable 1	Low	High	# Pts
fd_ratio	1.5	4.5	7

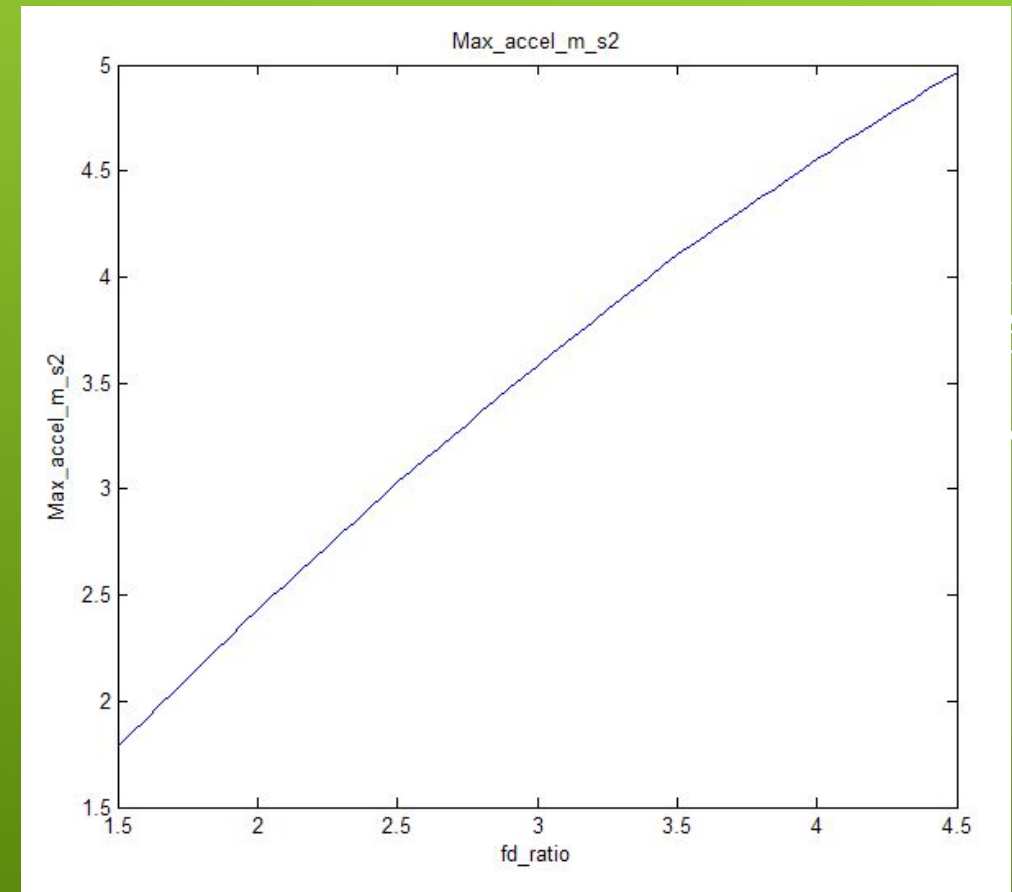
7. Параметрическое исследование показателей автомобиля с механической коробкой передач

Результаты расчета (в зависимости передаточного отношения главной передачи)

Расход топлива, л/100 км



Максимальное ускорение, м/с²



7. Параметрическое исследование показателей автомобиля с механической коробкой передач

Исходные данные

Drive Cycle: CYC_NEDC

Trip Builder

Time Step: 1 # of cycles: 1

SOC Correction Cycle Filter

Initial Conditions

Constant Road Grade Interactive Simulation

Multiple Cycles: none

Test Procedure: TEST_CITY_HWY

Acceleration Test Gradeability Test

Accel Options Grade Options

Parametric Study # of variables: 2

Variable	Low	High	# Pts
fd_ratio	1.5	4.5	5
veh_CD	0.25	0.5	5
veh_FA	2	4	3

Save Runs Prefix: cp Dir: e:\advisor\

Elec. Aux. Loads

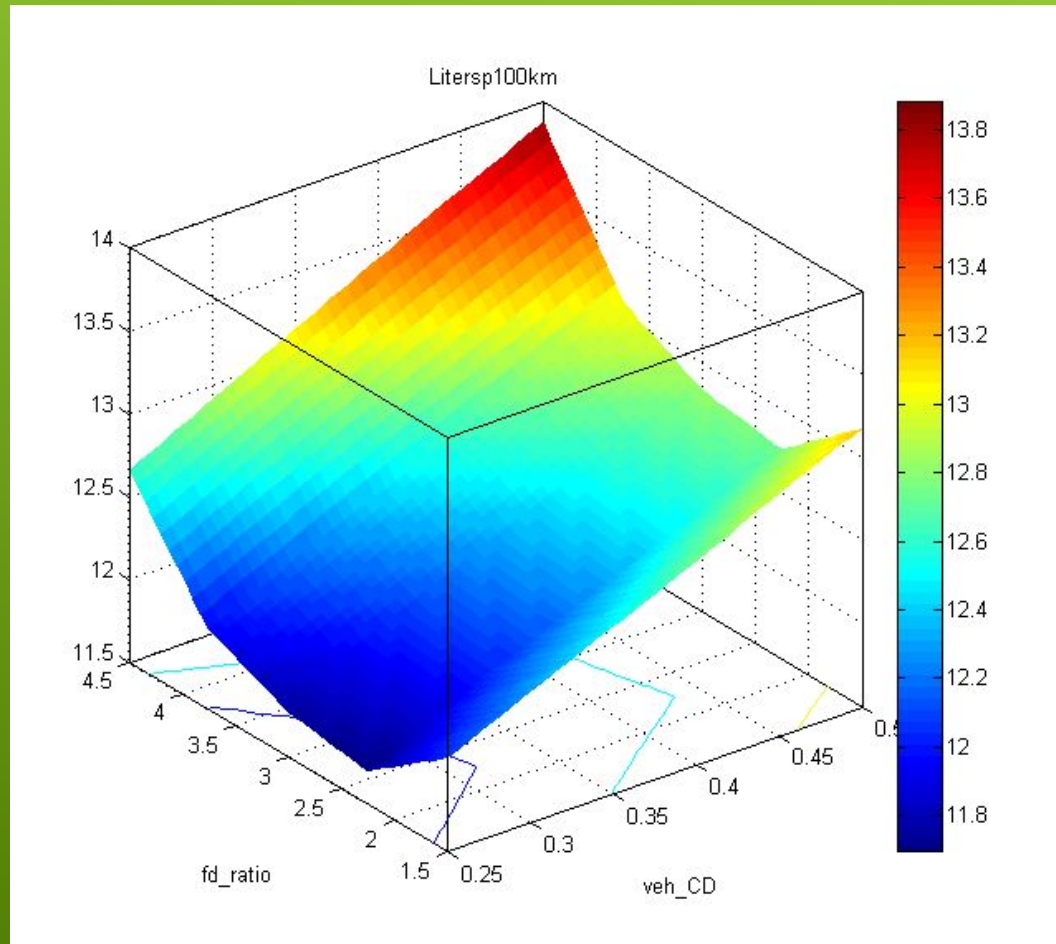
Load Sim. Setup Optimize cs vars

Save Help Back RUN

7. Параметрическое исследование показателей автомобиля с механической коробкой передач

Результаты расчета (в зависимости передаточного отношения главной передачи и коэффициента аэродинамического сопротивления)

Расход топлива, л/100 км



Выводы:

1. По массе автомобиля
2. По передаточному отношению главной передачи
3. По совместному влиянию 2-х факторов

8. Расчет и оптимизация показателей гибридного автомобиля с параллельной схемой

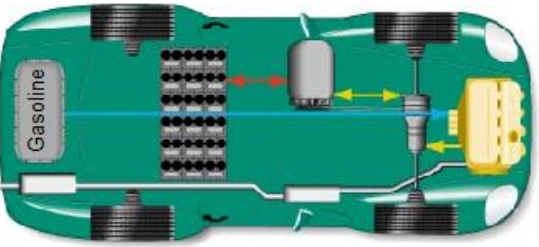
Исходные данные

№	Наименование параметра	Обозначение	Размерность	Величина
1.	Снаряженная масса автомобиля	veh_mass	кг	
2.	Коэффициент аэродинамического сопротивления	veh_CD	-	
3.	Тип привода (передний/задний/полный)	-	-	
4.	Номинальная мощность двигателя	fc_max_pwr	кВт	
5.	Радиус качения колеса (https://shina-calc.ru)	wh_radius	м	
6.	Коэффициент максимального крутящего момента мотор-генератора	mc_trq_scale	1...3	
7.	Количество модулей в накопителе энергии	ess_module_num	25...50	

8. Расчет и оптимизация показателей гибридного автомобиля с параллельной схемой

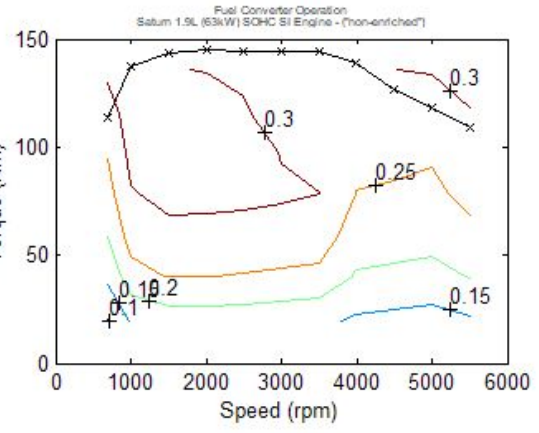
Исходные данные

Vehicle Input



Motor Position: pre transmission

Component: fuel_converter | Plot Selection: fc_efficiency



Fuel Converter Operation: Saturn 1.9L (63kW) SOHC SI Engine - (non-enriched?)

Load File: PARALLEL_defaults_in

Drivetrain Config: parallel

Component	version	type	max pwr (kW)	peak eff	mass (kg)
Vehicle	VEH_midSizeCar				1074
Fuel Converter	ic	si	63	0.34	201
Exhaust Aftertreat		EX_SI		#of mod	V nom 16
Energy Storage	rint	pb	25	308	275
Energy Storage 2		ess 2 options			
Motor		MC_PM16	14	0.92	21
Motor 2		motor 2 options			
Starter		starter options			
Generator		gc options			
Transmission	man	man		1	114
Transmission 2		trans 2 options			
Clutch/Torq. Conv.		clutch/torque converte...			
Torque Coupling		TC_DUMMY		1	
Wheel/Axle	Crr	Crr			0
Accessory	Co...	Const			
Acc Electrical		acc elec options			
Powertrain Control	par	man			

front wheel drive rear wheel drive four wheel drive

View Block Diagram: BD_PAR

Variable List:

Component	energy_storage	Edit Var
Variables	ess_module_num	25

Cargo Mass: 136
Calculated Mass: 1837
override mass: 1

Edit Variable--ADVISOR 2003-00-...

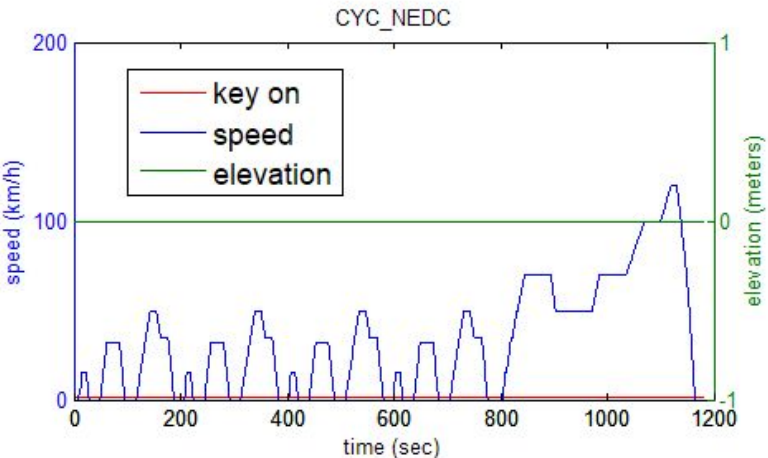
Variable to modify: ess_module_num = 30

Default Val.: 25

Buttons: View All, Help, cancel, Default Val., O.K.

8. Расчет и оптимизация показателей гибридного автомобиля с параллельной схемой

Исходные данные



Drive Cycle: CYC_NEDC

Time Step: 1 **# of cycles:** 1

SOC Correction Cycle Filter

 zero delta

Delta SOC Tolerance (%) 1

ESS/Fuel Energy Ratio (%) 1

 Max Iterations: 15

Constant Road Grade

Interactive Simulation

Multiple Cycles: none

Test Procedure: TEST_CITY_HWY

Acceleration Test **Accel Options**

Gradeability Test **Grade Options**

Parametric Study # of variables: 2

Variable	Low	High	# of runs
fc_pwr_scale	0.2	0.8	4
ess_module_num	10	40	4
veh_FA	2	4	3

Save Runs Prefix: cp Dir: e:\advisor\

Elec. Aux. Loads

Buttons: Load Sim. Setup, Optimize cs vars, Save, Help, Back, RUN

Test Conditions

Basic Parameters	Units	Value
<input checked="" type="checkbox"/> Shift Delay	s	0.2

Enable/Disable Systems

- All Systems Enabled
- Energy Storage Disabled
- Fuel Converter Disabled
- Initial SOC

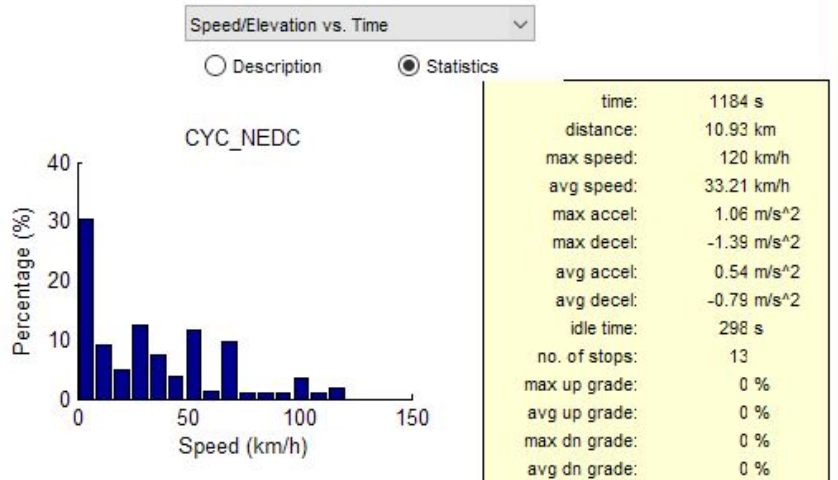
Mass Parameters	Units	Value
<input checked="" type="radio"/> Use Current Mass	kg	1650
<input type="radio"/> Override Vehicle Mass	kg	1541
<input type="radio"/> Add to Current Mass	kg	0

Test Results

Parameter	Initial Speed	Final Speed	Units
<input checked="" type="checkbox"/> Accel time #1	0	to 100	km/h
<input checked="" type="checkbox"/> Accel time #2	60	to 120	km/h
<input type="checkbox"/> Accel time #3	0	to 150	km/h

	Value	Units
<input type="checkbox"/> Distance in ...	5	s
<input type="checkbox"/> Time in ...	0.402	km
<input checked="" type="checkbox"/> Max accel rate		
<input checked="" type="checkbox"/> Max speed		

Buttons: OK, Cancel, Help, Defaults, Load PNGV

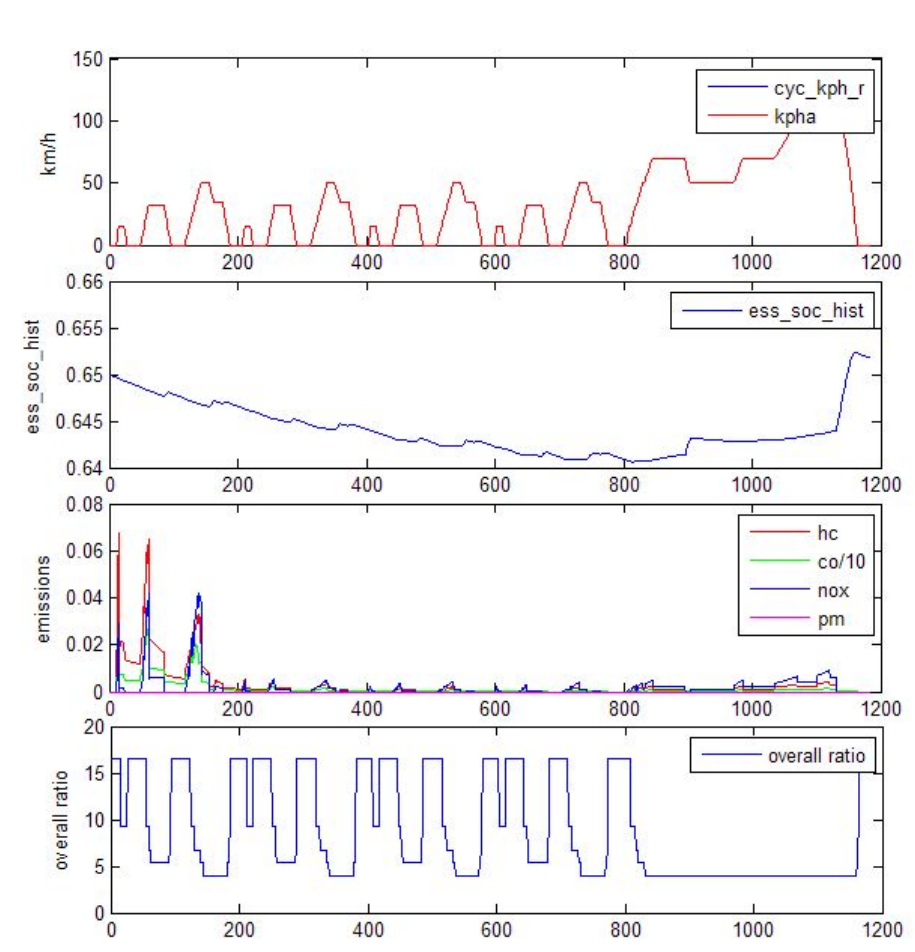


Test Conditions

Basic Parameters	Units	Value
<input type="checkbox"/> Grade	%	6
<input checked="" type="checkbox"/> Speed	mph	37.3
<input checked="" type="checkbox"/> Duration	s	10
<input type="checkbox"/> Gear Number	--	1

8. Расчет и оптимизация показателей гибридного автомобиля с параллельной схемой

Результаты расчета (без оптимизации)



Results figure

Component: fuel_converter [plot control]

Plot Variable (Select Axis First): fc_brake_trq [?] # of plots: 4

Fuel Consumption (L/100 km)	9.5
Gasoline Equivalent	9.5
Distance (km)	10.9

Emissions (grams/km)			
HC	CO	NOx	PM
0.333	1.508	0.228	0

Acceleration Test

0-100 km/h: 13.3 Max. Accel. (m/s²): 5
 60-120 km/h: 14.2 Distance in 5s (m): n/a
 0-137 km/h: n/a Time in 0.4km (s): n/a
 Max. Speed (kmph): 144.9

Gradeability at 60 km/h: 17.4 %

Energy Use Figure [Output Check Plots]

Compare Results With: [Sim Data] [Test Data]

Warnings/Messages: Zero DeltaSOC tolerance of 1% met.

[Replay] [Back Two] [Help] [Back] [Exit]

Energy Usage Table (kJ)	POWER MODE				REGEN MODE			
	In	Out	Loss	Eff.	In	Out	Loss	Eff.
Fuel	0	33243						
Fuel Converter	33243	7283	25960	0.22			0	
Clutch	7283	7241	42	0.99		0	0	
Hyd. Torque Converter								
Generator								
Torque Coupling	6674	6674	0	1	781	781	0	1
Energy Storage	564	438	74	0.87				
Energy Stored	51							
Motor/Controller	33	0	33	0	1348	988	360	0.73
Gearbox	6674	5502	1173	0.82	973	781	192	0.8
Final Drive	5502	5502	0	1	973	973	0	1
Wheel/Axle	5502	5128	373	0.93	1780	1770	10	0.99
Braking								
Aux Loads	829	0	829	0				
Aero			1576					
Rolling			1773					

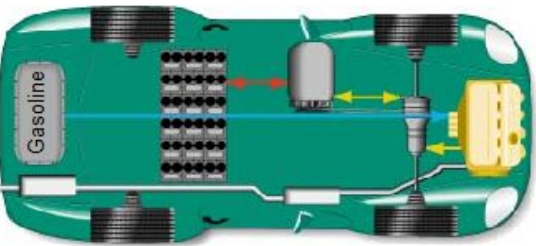
*Overall System Efficiency: **0.101**

*Overall energy efficiency is calculated as: (aero + rolling)/(fuel in - ess storage)

8. Расчет и оптимизация показателей гибридного автомобиля с параллельной схемой

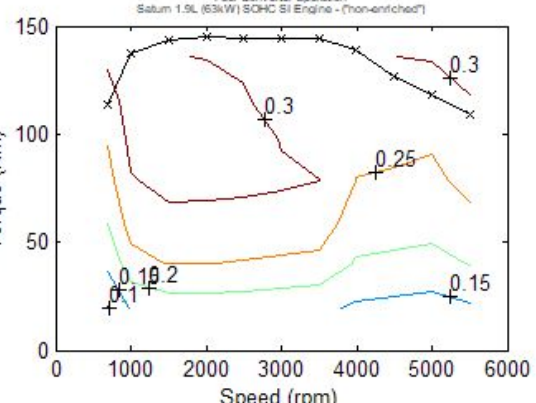
Базовые параметры для оптимизации

Vehicle Input



Motor Position: pre transmission

Component: fuel_converter | Plot Selection: fc_efficiency



Fuel Converter Operation
Saturn 1.9L (63kW) SOHC SI Engine - (non-entched?)

Efficiency	0.1	0.2	0.25	0.3
Peak Torque (Nm)	~30	~40	~80	~140
Operating Range (rpm)	~1000-4000	~1000-4000	~1000-4000	~1000-4000

Load File: PARALLEL_defaults_in

Drivetrain Config: parallel

Component	version	type	max pwr (kW)	peak eft (kg)	mass (kg)
Vehicle	?	VEH_midSizeCar			1074
Fuel Converter	ic	FC_SI63_emis	63	0.34	201
Exhaust Aftertreat	?	EX_SI		#of mod V nom	16
Energy Storage	rint	ESS_PB25		25	308
Energy Storage 2	?	ess 2 options			
Motor	?	MC_PM16	14	0.92	21
Motor 2	?	motor 2 options			
Starter	?	starter options			
Generator	?	gc options			
Transmission	man	TX_5SPD		1	114
Transmission 2	?	trans 2 options			
Clutch/Torq. Conv.	?	clutch/torque converte...			
Torque Coupling	?	TC_DUMMY		1	
Wheel/Axle	Crr	WH_SMCAR			0
Accessory	Co...	ACC_HYBRID			
Acc Electrical	?	acc elec options			
Powertrain Control	par	PTC_PAR			

Auto-Size

Scale Components

max pwr peak eft mass (kW) (kg)

front wheel drive rear wheel drive four wheel drive

Cargo Mass: 136
Calculated. Mass: 1837
override mass: 1

View Block Diagram: BD_PAR

Variable List:

Component: energy_storage | Edit Var.

Variables: ess_module_num | 25

Buttons: Save, Help, Back, Continue

Мощность ДВС, кВт

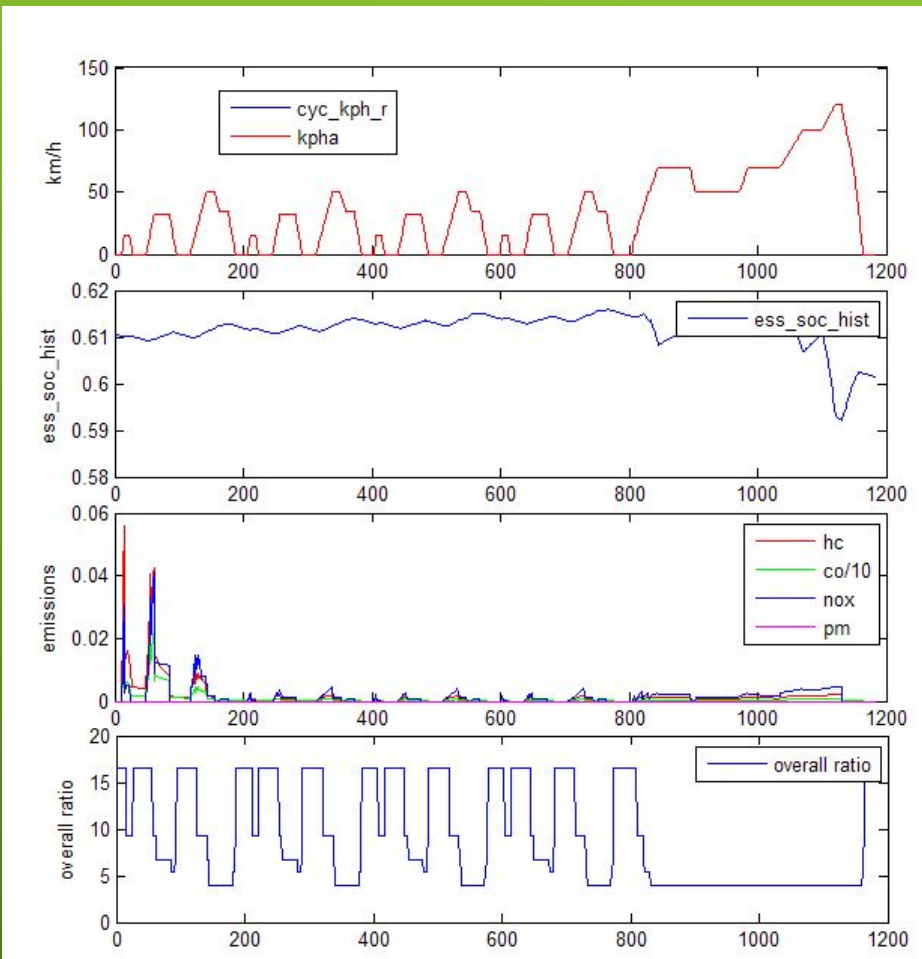
Количество модулей аккумулятора

Мощность электромашин, кВт

Для оптимизации можно использовать любые другие параметры, а также подбирать другие компоненты автомобиля!!!

8. Расчет и оптимизация показателей гибридного автомобиля с параллельной схемой

Результаты расчета (после оптимизации)



Results figure

Component: fuel_converter [plot control]

Plot Variable (Select Axis First): fc_brake_trq [?] # of plots: 4

Fuel Consumption (L/100 km)	6.9
Gasoline Equivalent	6.9
Distance (km)	10.9

Emissions (grams/km)				Standards
HC	CO	NOx	PM	
0.167	0.761	0.185	0	

Acceleration Test

- 0-100 km/h: 28.1 Max. Accel. (m/s²): 2.7
- 60-120 km/h: 35.8 Distance in 5s (m): n/a
- 0-137 km/h: n/a Time in 0.4km (s): n/a
- Max. Speed (kmph): 137.1

Gradeability at 60 km/h: 6.2 %

Energy Use Figure [Output Check Plots]

Compare Results With: [Sim Data] [Test Data]

Warnings/Messages

Zero DeltaSOC tolerance of 1% met.

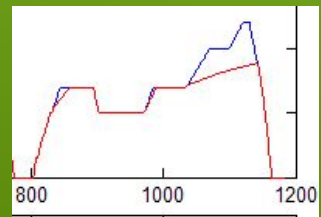
[Replay] [Back Two] [Help] [Back] [Exit]

Energy Usage Table (kJ)

	POWER MODE				REGEN MODE			
	In	Out	Loss	Eff.	In	Out	Loss	Eff.
Fuel	0	24072						
Fuel Converter	24072	6851	17222	0.28			0	
Clutch	6851	6801	49	0.99		0	0	
Hyd. Torque Converter								
Generator								
Torque Coupling	6200	6200	0	1	622	622	0	1
Energy Storage	875	884	145	0.84				
Energy Stored	-153							
Motor/Controller	555	479	76	0.86	1703	1376	327	0.81
Gearbox	6200	5009	1190	0.81	807	622	185	0.77
Final Drive	5009	5009	0	1	807	807	0	1
Wheel/Axle	5009	4668	342	0.93	1536	1533	3	1
Braking							726	
Aux Loads	829	0	829	0				
Aero			1576					
Rolling			1556					

*Overall System Efficiency: 0.129

*Overall energy efficiency is calculated as: (aero + rolling)/(fuel in - ess storage)



Внимание!!!
Такой результат недопустим!

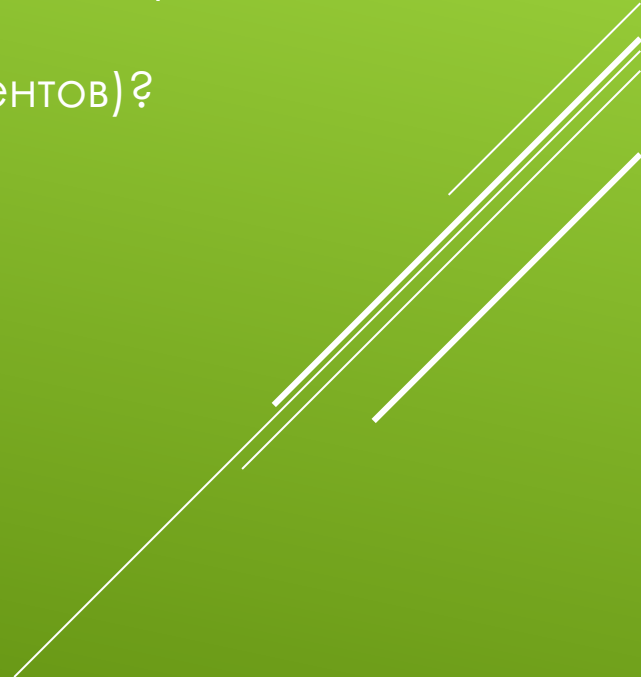
8. Расчет и оптимизация показателей гибридного автомобиля с параллельной схемой

Результаты расчета

№	Наименование параметра	Размерность	Автомобиль с механической трансмиссией	Автомобиль с гибридной СУ (без оптимизации)	Автомобиль с гибридной СУ (после оптимизации)
1.	Расход топлива в цикле	л/100 км	7.9	8.8	
2.	Время разгона до 100 км/ч	с	11.3	9.5	
3.	Время разгона от 60 до 120 км/ч	с	10.5	8.7	
4.	Максимальная скорость	км/ч	179	174.4	
5.	Преодолеваемый подъем при 60 км/ч	%	29.2	31.3	
6.	КПД двигателя в цикле	-	18	19	
7.	КПД автомобиля в цикле	-	10.2	9.7	

8. Расчет и оптимизация показателей гибридного автомобиля с параллельной схемой

Выводы

1. Сравнение показателей автомобиля с механической трансмиссией и гибридной силовой установкой до оптимизации.
 2. Как проводилась оптимизация (за счет каких параметров и компонентов)?
 3. Что получено в результате оптимизации?
- 

9. Расчет и оптимизация показателей гибридного автомобиля с последовательной схемой

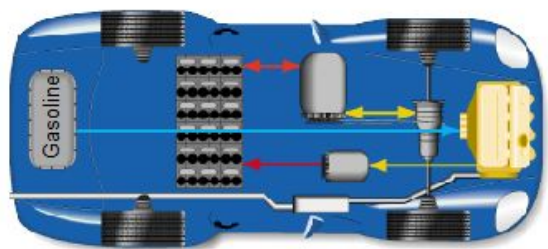
Исходные данные

№	Наименование параметра	Обозначение	Размерность	Величина
1.	Снаряженная масса автомобиля	veh_mass	кг	
2.	Коэффициент аэродинамического сопротивления	veh_CD	-	
3.	Тип привода (передний/задний/полный)	-	-	
4.	Номинальная мощность двигателя	fc_max_pwr	кВт	
5.	Радиус качения колеса (https://shina-calc.ru)	wh_radius	м	
6.	Коэффициент максимального крутящего момента электродвигателя	mc_trq_scale	1...3	
7.	Количество модулей в накопителе энергии	ess_module_num	25...50	
8.	Коэффициент максимального крутящего момента электрогенератора	gc_trq_scale	0.2...1	

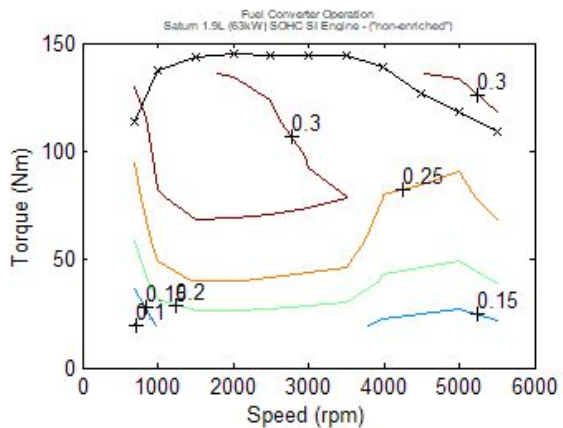
9. Расчет и оптимизация показателей гибридного автомобиля с последовательной схемой

Исходные данные

Vehicle Input



Component: fuel_converter
 Plot Selection: fc_efficiency



Load File: SERIES_defaults_in

Drivetrain Config: **series**

Component	version	type	max pwr (kW)	peak eff	mass (kg)
Vehicle	VEH_midSizeCar				1074
Fuel Converter	ic	si	63	0.34	201
Exhaust Aftertreat		EX_SI		#of mod V nom	16
Energy Storage	rint	pb	25	308	275
Energy Storage 2		ess 2 options			
Motor		MC_AC75	75	0.92	91
Motor 2		motor 2 options			
Starter		starter options			
Generator	reg	reg	75	0.95	87
Transmission	man	man		1	50
Transmission 2		trans 2 options			
Clutch/Torq. Conv.		clutch/torque converte...			
Torque Coupling		TC_DUMMY			
Wheel/Axle	Crr	Crr			0
Accessory	Co...	Const			
Acc Electrical		acc elec options			
Powertrain Control	ser	man			

front wheel drive rear wheel drive four wheel drive

View Block Diagram: **BD_SER**

Variable List:

Component	fuel_converter	Edit Var
Variables	fc_acc_mass	60.1352

Auto-Size: Scale Components (max pwr, peak eff, mass) in kW and kg.

Cargo Mass: 136
 Calculated Mass: 1930
 override mass: 1

Buttons: Save, Help, Back, Continue

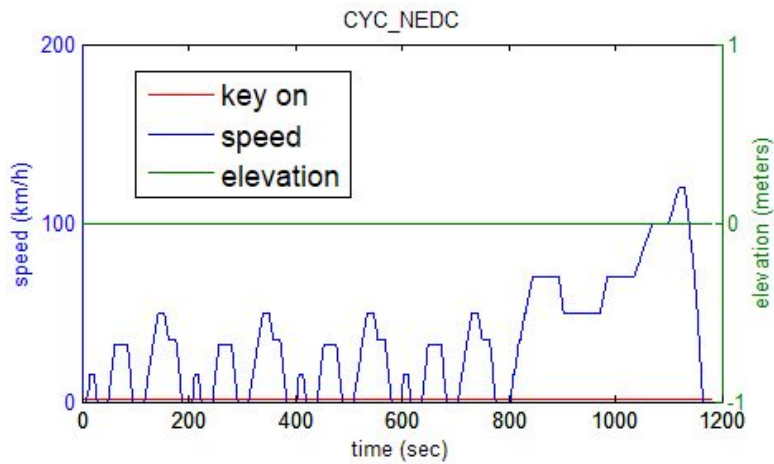
Edit Variable--ADVISOR 2003-00-...

Variable to modify: ess_module_num = 30
 Default Val. 25

Buttons: View All, Help, cancel, Default Val., O.K.

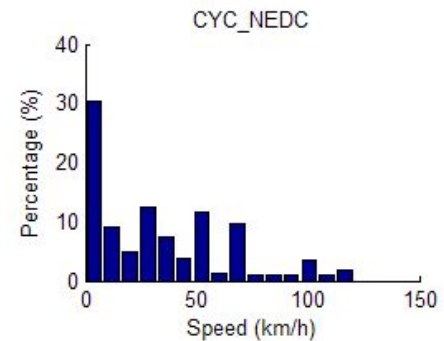
9. Расчет и оптимизация показателей гибридного автомобиля с последовательной схемой

Исходные данные



Speed/Elevation vs. Time

Description Statistics



time:	1184 s
distance:	10.93 km
max speed:	120 km/h
avg speed:	33.21 km/h
max accel:	1.06 m/s ²
max decel:	-1.39 m/s ²
avg accel:	0.54 m/s ²
avg decel:	-0.79 m/s ²
idle time:	298 s
no. of stops:	13
max up grade:	0 %
avg up grade:	0 %
max dn grade:	0 %
avg dn grade:	0 %

Drive Cycle: **CYC_NEDC**

Trip Builder

Time Step: 1 # of cycles: 1

SOC Correction Cycle Filter

zero delta

Delta SOC Tolerance (%) 1

ESS/Fuel Energy Ratio (%) 1

Max Iterations: 15

Constant Road Grade

Interactive Simulation

Multiple Cycles: none

Test Procedure: TEST_CITY_HWY

Acceleration Test **Accel Options**

Gradeability Test **Grade Options**

Parametric Study # of variables: 2

Variable 1	Low	High	# of runs
fc_pwr_scale	0.2	0.8	4
Variable 2	Low	High	# of runs
ess_module_num	10	40	4
Variable 3	Low	High	# of runs
veh_FA	2	4	3

Save Runs Prefix: cp Dir: e:\advisor\

Elec. Aux. Loads

Buttons: Save, Help, Back, RUN

Test Conditions

Basic Parameters	Units	Value	
<input checked="" type="checkbox"/> Shift Delay	s	0.2	
Enable/Disable Systems			
<input type="radio"/> All Systems Enabled			
<input type="radio"/> Energy Storage Disabled			
<input type="radio"/> Fuel Converter Disabled			
<input type="checkbox"/> Initial SOC	--	0.5	
Mass Parameters			
<input checked="" type="radio"/> Use Current Mass	kg	1650	
<input type="radio"/> Override Vehicle Mass	kg	1541	
<input type="radio"/> Add to Current Mass	kg	0	
Test Results			
Parameter	Initial Speed	Final Speed	Units
<input checked="" type="checkbox"/> Accel time #1	0	to 100	km/h
<input checked="" type="checkbox"/> Accel time #2	60	to 120	km/h
<input type="checkbox"/> Accel time #3	0	to 150	km/h
		Value	Units
<input type="checkbox"/> Distance in ...	5	s	
<input type="checkbox"/> Time in ...	0.402	km	
<input checked="" type="checkbox"/> Max accel rate			
<input checked="" type="checkbox"/> Max speed			

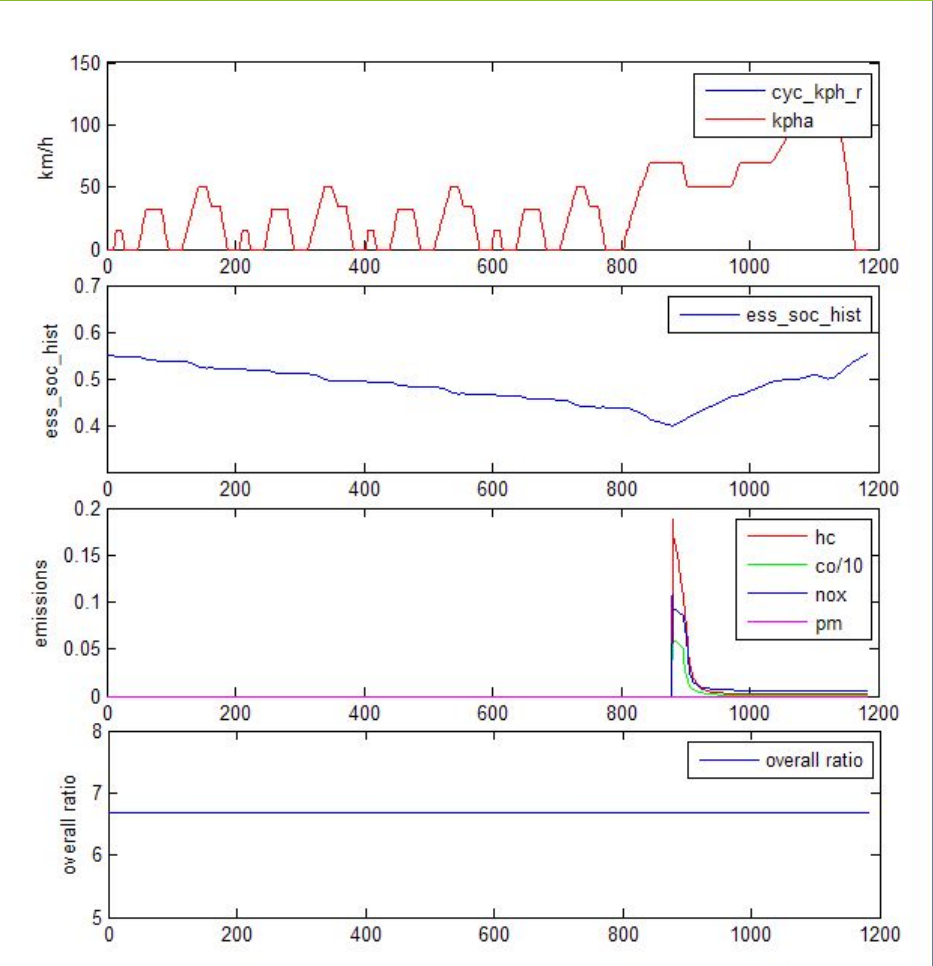
Buttons: OK, Cancel, Help, Defaults, Load PNGV

Test Conditions

Basic Parameters	Units	Value
<input type="checkbox"/> Grade	%	6
<input checked="" type="checkbox"/> Speed	mph	37.3
<input checked="" type="checkbox"/> Duration	s	10
<input type="checkbox"/> Gear Number	--	1

9. Расчет и оптимизация показателей гибридного автомобиля с последовательной схемой

Результаты расчета (без оптимизации)



Results figure

Component: fuel_converter [plot control]

Plot Variable (Select Axis First): fc_brake_trq [?] # of plots: 4

Fuel Consumption (L/100 km)	9.5
Gasoline Equivalent	9.5
Distance (km)	10.9

Emissions (grams/km)				Standards
HC	CO	NOx	PM	
0.398	1.49	0.365	0	

Acceleration Test

- 0-100 km/h: 14.7 Max. Accel. (m/s²): 5
- 60-120 km/h: 17.6 Distance in 5s (m): n/a
- 0-137 km/h: n/a Time in 0.4km (s): n/a
- Max. Speed (kmph): 158.1

Gradeability at 60 km/h: 13.3 %

Energy Use Figure [Output Check Plots]

Compare Results With: [Sim Data] [Test Data]

Warnings/Messages

Zero DeltaSOC tolerance of 1% met.

Buttons: [Replay] [Back Two] [Help] [Back] [Exit]

Energy Usage Table (kJ)

	POWER MODE				REGEN MODE			
	In	Out	Loss	Eff.	In	Out	Loss	Eff.
Fuel	0	33157						
Fuel Converter	33157	9541	23615	0.29			0	
Clutch								
Hyd. Torque Converter								
Generator	9541	9064	478	0.95				
Torque Coupling								
Energy Storage	6105	4357	1522	0.75				
Energy Stored	226							
Motor/Controller	7335	6129	1206	0.84	1052	849	204	0.81
Gearbox	6129	5705	424	0.93	1125	1052	72	0.94
Final Drive	5705	5705	0	1	1125	1125	0	1
Wheel/Axle	5705	5319	386	0.93	1880	1867	13	0.99
Braking								
Aux Loads	829	0	829	0				
Aero			1576					
Rolling			1863					

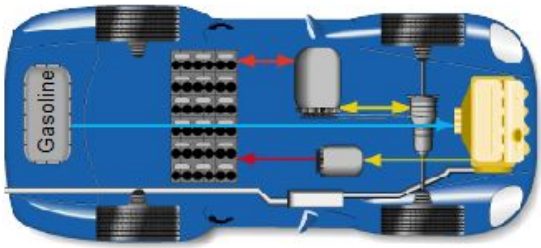
*Overall System Efficiency: 0.104

*Overall energy efficiency is calculated as: (aero + rolling)/(fuel in - ess storage)

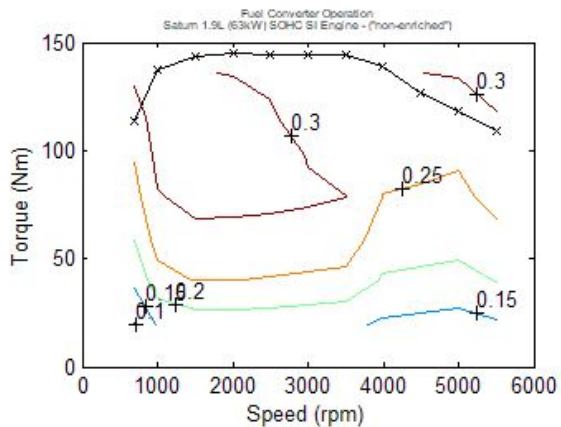
9. Расчет и оптимизация показателей гибридного автомобиля с последовательной схемой

Базовые параметры для оптимизации

Vehicle Input



Component: fuel_converter
Plot Selection: fc_efficiency



Load File: SERIES_defaults_in

Drivetrain Config: series

Component	version	type	max pwr (kW)	peak eff	mass (kg)
Vehicle	?	VEH_midSizeCar			1074
Fuel Converter	ic	FC_SI63_emis	63	0.34	201
Exhaust Aftertreat	?	EX_SI			16
Energy Storage	rint	ESS_PB25	25	308	275
Energy Storage 2	?	ess 2 options			
Motor	?	MC_AC75	75	0.92	91
Motor 2	?	motor 2 options			
Starter	?	starter options			
Generator	reg	GC_ETA95	75	0.95	87
Transmission	man	TX_1SPD		1	50
Transmission 2	?	trans 2 options			
Clutch/Torq. Conv.	?	clutch/torque converte...			
Torque Coupling	?	TC_DUMMY			
Wheel/Axle	Crr	WH_SMCAR			0
Accessory	Co...	ACC_HYBRID			
Acc Electrical	?	acc elec options			
Powertrain Control	ser	PTC_SER			

Auto-Size Scale Components: max pwr (kW), peak eff, mass (kg)

front wheel drive rear wheel drive four wheel drive

Cargo Mass: 136
Calculated Mass: 1930
override mass: 1

Variable List:
Component: fuel_converter
Variables: fc_acc_mass: 50.1352

Мощность ДВС, кВт

Количество модулей аккумулятора

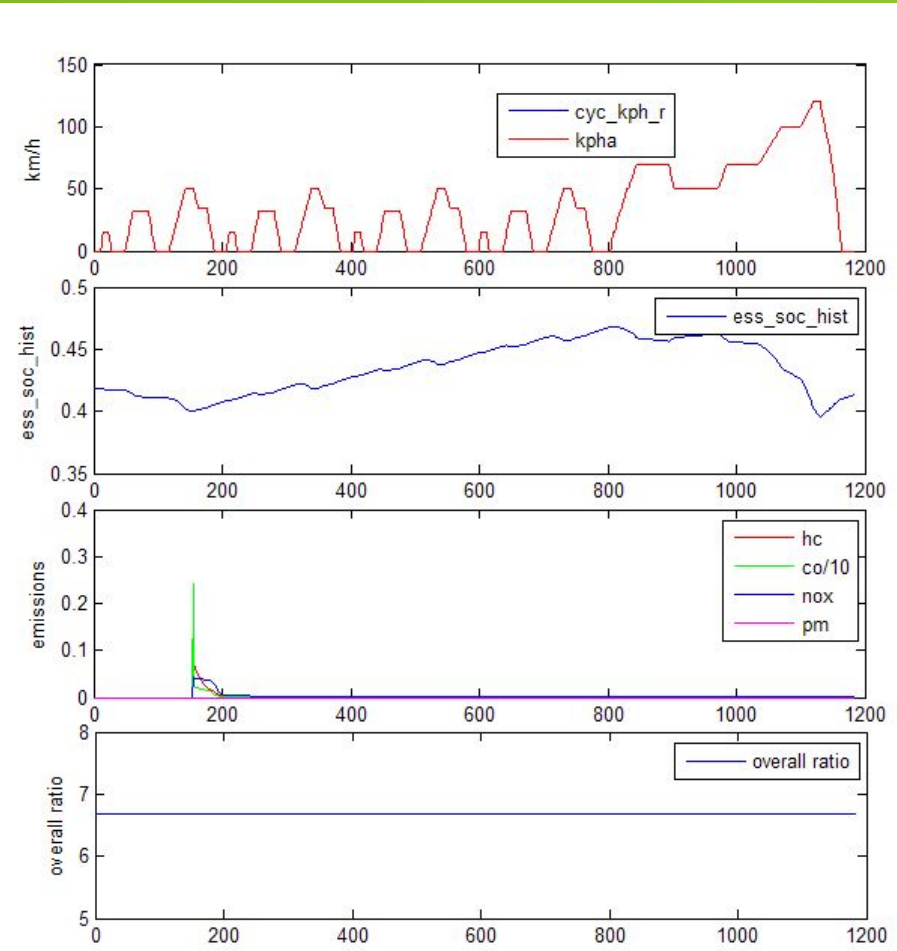
Мощность электродвигателя, кВт

Мощность электрогенератора, кВт

Для оптимизации можно использовать любые другие параметры, а также подбирать другие компоненты автомобиля!!!

9. Расчет и оптимизация показателей гибридного автомобиля с последовательной схемой

Результаты расчета (после оптимизации)



Results figure

Component: fuel_converter [plot control]

Plot Variable (Select Axis First): fc_brake_trq [?] # of plots: 4

Fuel Consumption (L/100 km): 6.6
Gasoline Equivalent: 6.6
Distance (km): 10.9

Emissions (grams/km) Standards

HC	CO	NOx	PM
0.227	1.126	0.373	0

Acceleration Test

0-100 km/h	n/a	Max. Accel. (m/s ²):	n/a
60-120 km/h	n/a	Distance in 5s (m):	n/a
0-137 km/h	n/a	Time in 0.4km (s):	n/a
		Max. Speed (kmph):	n/a

Gradeability: n/a %

Energy Use Figure [Output Check Plots]

Compare Results With: Sim Data [Test Data]

Warnings/Messages

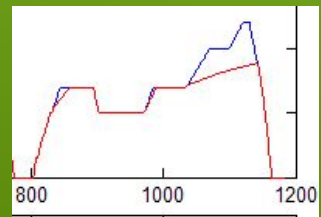
Zero DeltaSOC tolerance of 1% met.

Replay [Back Two] [Help] [Back] [Exit]

Energy Usage Table (kJ)

	POWER MODE				REGEN MODE			
	In	Out	Loss	Eff.	In	Out	Loss	Eff.
Fuel	0	23185						
Fuel Converter	23185	7718	15467	0.33			0	
Clutch								
Hyd. Torque Converter								
Generator	7718	7331	387	0.95				
Torque Coupling								
Energy Storage	4203	3500	869	0.8				
Energy Stored	-166							
Motor/Controller	6578	5664	914	0.86	924	779	145	0.84
Gearbox	5664	5254	410	0.93	992	924	69	0.93
Final Drive	5254	5254	0	1	992	992	0	1
Wheel/Axle	5254	4897	357	0.93	1657	1650	8	1
Braking							657	
Aux Loads	829	0	829	0				
Aero			1576					
Rolling			1664					

*Overall System Efficiency: 0.139



Внимание!!!
Такой результат недопустим!

9. Расчет и оптимизация показателей гибридного автомобиля с последовательной схемой

Результаты расчета
(для гибридов после оптимизации)

№	Наименование параметра	Размерность	Автомобиль с механической трансмиссией	Автомобиль с параллельной гибридной СУ	Автомобиль с последовательной гибридной СУ
1.	Расход топлива в цикле	л/100 км			
2.	Время разгона до 100 км/ч	с			
3.	Время разгона от 60 до 120 км/ч	с			
4.	Максимальная скорость	км/ч			
5.	Преодолеваемый подъем при 60 км/ч	%			
6.	КПД двигателя в цикле	-			
7.	КПД автомобиля в цикле	-			

9. Расчет и оптимизация показателей гибридного автомобиля с последовательной схемой

Выводы

1. Сравнение показателей автомобиля с механической трансмиссией и разными гибридными вариантами силовых установок
 2. Как проводилась оптимизация последовательной гибридной силовой установки (за счет каких параметров и компонентов)?
 3. Что получено в результате оптимизации (в сравнении с вариантом до оптимизации)?
- 