

**КГЭУ**

# Автоматизированная система газодинамических расчетов энергетических турбомашин (АС ГРЭТ)

Осипов Борис Михалович

AC PPЭТ - Автоматизированная система управления


Панель: Управление МЭ, Валовая, Сервисная панель, Настройка, Инструменты, Справка

Дерево проекта: Объекты, Прогноз

- ТТЭ-100
  - Назначение ввода
    - 01000 [Ввод\_] - Выходное устройство [ВУ\_]
    - 01000 [Агрегат] - Агрегат [АГ\_]
    - 02111 [Конвектор] - 2-го уровня сложности
    - 04000 [Камера] - камера [КС\_]
    - 02111 [Турбина] - 2-го уровня сложности
    - 02110 [Периодич. канал] - ите выходящее устройство
    - 01000 [Реактор] - работы двигателя [РД\_]
    - 02000 [Конструкция] - котельной ввода
    - 02000 [Привод] - асинхронный двигатель
    - Эксплуатация котла
      - 01 - Выходное устройство
      - 02 - Выходное устройство

АС АС ГГРЭТ

Версия 1.0



Информация о выходящем устройстве

Имя устройства (обязательно)

Функциональный канал

- 01000 [ВУ\_] - Выходное устройство
- 00001 [АГ\_] - Агрегат
- 02111 [Кон\_] - Конвектор 2-го уровня сложности
- 04000 [КС\_] - Камера горячая
- 02111 [Тур\_] - Турбина 2-го уровня сложности
- 02100 [ВУД\_] - Периодич. канал ите выходящее устройство

Справка

ОК Отмена

Входящее устройство (ВУ) - Механизм (МУ)

Полное имя устройства

Имя устройства

Периодич. канал ите выходящее устройство

Конвектор 2-го уровня сложности

Радиопередатчик

Камера горячая

Периодич. канал

Камера - теплообменник

Турбина 2-го уровня сложности

Камера - камера 1

Стационарный канал

Сигнал - канал

Выходное устройство 2-го уровня сложности с периодич. канал ите выходящим устройством

Турбина-векс - радиоведом 2-го уровня сложности

Конвектор 2-го уровня сложности

Агрегат

Болотоход ите грейдер

Реактор

Двухсторонний переключающий канал

Валовая

Устройство паролочка

Камера - камера 2

Дифференциальный индикатор с собственным вводом

Отрабатывающее

Справка

[X] - Fine

[E] - KA

[C] - MB control

[D] - KA

OK Отмена

Объекты: ТТЭ-100 - [Объекты] | Агрегат - [Агрегат] | Камера - [Камера] | Турбина - [Турбина] | ВУ - [ВУ]

18:55



КГЭУ

АС ГРЭТ - программный комплекс #90421

Проект: Формирование ММ Задачи Сервисные задачи Настройка Инструменты Справка

Дерево проекта Обновить X

- ГТЭ-65(Каниль)
  - Математическая модель
    - [1000] Входное устройство (ВхУ\_)
    - [1510] Переходной канал перед КНД (ПК\_)
    - [2111] Компрессор 2-го уровня сложности (К2у\_)
    - [1210] Переходной канал или выходное устройство (ПК\_)
    - [2211] Компрессор высокого давления (КВД)
    - [4110] Камера сгорания (КС\_)
    - [1310] Переходной канал или выходное устройство (ПК\_)
    - [5111] Турбина 2-го уровня сложности (Тур\_)
    - [10002] Агрегаты (Агр\_)
    - [5212] Турбина силовая (ТС)
    - [1410] Переходной канал или выходное устройство (ПК\_)
    - [1000] Режим работы двигателя (РРД)
    - [12000] Константы математической модели (ММ)
    - [8000] Предельно допустимые параметры (ПД)
    - AR - Адреса результатов
    - BMP - Программы управления
    - ВМН - Законы управления
    - Управляющие законы
      - L - Константы настраивающие ММ на режимы
      - H - Условия и режимы работы модели двигателя
      - KP - Признаки условной печати
      - GR - Расчетные режимы ММ двигателя
      - KPA - Значения ПЭР для используемых законов
      - KOR - Константы управляющие обработкой
    - Входные/выходные данные
      - in - Файл входных данных
      - result - Файл результатов

Приветствие [63725000] - (ВМН) - ГТЭ-65(каниль)

Первый параметр образующий невязку (НЕВ1)

№	Наименование	Обоз...	Един...	Адре...
1	Давление торможения на выходе из переходного ка...	P*_2	МПа	141203

Второй параметр образующий невязку (НЕВ2)

№	Наименование	Обоз...	Един...	Адре...
1	Статическое давление в невозмущенном потоке на ...	P_H	МПа	5004

Варируемые параметры (ВАР)

№	Наименование	Обоз...	Един...	Адре...	Козф.	Min	Max
1	Суммарный расход воздуха на входе в двигатель	G	кг/с	1005		0.1	3

АдресForm

Лист параметров - программных адресов

- Группы информационные
- Математическая модель
  - [1000] Входное устройство (ВхУ\_)
  - [1510] Переходной канал перед КНД (ПК5)
  - [2111] Компрессор 2-го уровня сложности (К2у\_)
  - [1210] Переходной канал или выходное устройство (ПК\_)
  - [2211] Компрессор высокого давления (КВД)
  - [4110] Камера сгорания (КС\_)
  - [1310] Переходной канал или выходное устройство (ПК\_)
  - [5111] Турбина 2-го уровня сложности (Тур\_)
  - [10002] Агрегаты (Агр\_)
  - [5212] Турбина силовая (ТС)
  - [1410] Переходной канал или выходное устройство (ПК\_)
  - Параметр по умолчанию

Журнал событий

- 10:53:12> - [Сообщение] Инициализация... ..OK
- 10:53:41> - [Сообщение] Проект "ГТЭ-160"
- 10:58:40> - [Сообщение] Закрыт проект "ГТЭ-160"
- 10:58:41> - [Сообщение] Проект "ГТЭ-65(Каниль)"

0.1.0.26

Пуск АС ГРЭТ ГРЭТ Adobe Photoshop EN 10:59



КГЭУ

АС ГРЭТ - программный комплекс #90421

Проект: Формирование ММ, Задачи, Сервисные задачи, Настройка, Инструменты, Справка

Дерево проекта: Обновить X

- ГТЭ-65(Камиль)
  - Математическая модель
    - [1000] Входное устройство (ВхУ\_)
    - [1510] Переходной канал перед КНД (ПК\_)
    - [2111] Компрессор 2-го уровня сложности (К2у\_)
    - [1210] Переходной канал или выходное устройство (ПК\_)
    - [2211] Компрессор высокого давления (КВД)
    - [4110] Камера сгорания (КС\_)
    - [1310] Переходной канал или выходное устройство (ПК\_)
    - [5111] Турбина 2-го уровня сложности (Тур\_)
    - [10002] Агрегаты (Агр\_)
    - [5212] Турбина силовая (ТС)
    - [1410] Переходной канал или выходное устройство (ПК\_)
    - [1000] Режим работы двигателя (РРД)
    - [12000] Константы математической модели (ММ)
    - [3000] Предельно допустимые параметры (ПДП)
    - AR - Адреса результатов
    - BMP - Программы управления
    - ВМН - Законы управления
    - Управляющие массивы
      - L - Константы настраивающие ММ на работу
      - H - Условия и режимы работы модели двигателя
      - KP - Признаки условной печати
      - GR - Расчетные режимы ММ двигателя
      - KPA - Значения ПЭР для используемых законов
      - KOR - Константы управляющие обработкой
    - Входные/выходные данные
      - in - Файл входных данных
      - result - Файл результатов

Приветствие: [63725000] - (ВМН) - ГТЭ-65(Камиль)

Первый параметр образующий невязку (НЕВ1)

№	Наименование	Обоз...	Един...	Адре...
1	Давление торможения на выходе из переходного ка...	P*_2	МПа	141203

Второй параметр образующий невязку (НЕВ2)

№	Наименование	Обоз...	Един...	Адре...
1	Статическое давление в невозмущенном потоке на ...	P_H	МПа	5004

Виртуемые параметры (ВАР)

№	Наименование	Обоз...	Един...	Адре...	Козф.	Min	Max
1	Суммарный расход воздуха на входе в двигатель	G	кг/с	1005		0.1	3

АдресForm

Лист параметров - программных адресов

- Группы информационные
- Математическая модель
  - [1000] Входное устройство (ВхУ\_)
  - [1510] Переходной канал перед КНД (ПК5)
  - [2111] Компрессор 2-го уровня сложности (К2у\_)
  - [1210] Переходной канал или выходное устройство (ПК\_)
  - [2211] Компрессор высокого давления (КВД)
  - [4110] Камера сгорания (КС\_)
  - [1310] Переходной канал или выходное устройство (ПК\_)
  - [5111] Турбина 2-го уровня сложности (Тур\_)
  - [10002] Агрегаты (Агр\_)
  - [5212] Турбина силовая (ТС)
  - [1410] Переходной канал или выходное устройство (ПК\_)

Параметры задающие режим (ПЭР)

№	Наименование
1	Температура газа в камере сгорания, используемая для

Журнал событий

- 10:53:12> - [Сообщение] Инициализация.....OK
- 10:53:41> - [Сообщение] Проект "ГТЭ-160"
- 10:58:40> - [Сообщение] Закрыт проект "ГТЭ-160"
- 10:58:41> - [Сообщение] Проект "ГТЭ-65(Камиль)"

0.1.0.26

Пуск | АС ГРЭТ | ГРЭТ | Adobe Photoshop | EN | 10:59



АС ГРЭТ – программный комплекс #90421

Проект: Формирование ММ    Задачи: Сервисные задачи    Настройка: Инструменты    Справка

Дерево проекта

- ГТЭ-65(Камиль)
  - Математическая
    - [1000] Входные
    - [1510] Перех
    - [2111] Компр
    - [1210] Перех
    - [2211] Компр
    - [4110] Камер
    - [1310] Перех
    - [5111] Турби
    - [10002] Агрег
    - [5212] Турби
    - [1410] Перех
    - [1000] Режим
    - [12000] Констан
    - [8000] Предельно допустимые параметр
    - AR – Адреса результатов
    - BMP – Программы управления
    - ВМН – Законы управления
  - Управляющие массивы
    - L – Константы настраивающие ММ на ра
    - H – Условия и режимы работы модели де
    - KP – Признаки условной печати
    - GR – Расчетные режимы ММ двигателя
    - KPA – Значения ПЭР для используемых э
    - KOR – Константы управляющие обработ
  - Входные/выходные данные
    - in – Файл входных данных
    - result – Файл результатов

Условная характеристика (AR) - ГТЭ-65(Камиль) | [TPL] Состав топлива

	Обозна...	Един...	Адрес п...
Температура горения, используемая для расчета расхода топлива	T*_г	К	411102
Состав топлива	C_уд	кг/ч...	4004
Скорость расхода топлива	C_ТСум	кг/ч	4005
Скорость жидкости или вдуваемого газа	G_ж	кг/с	100113
Скорость воздуха на входе в двигатель	G	кг/с	1005

Справка

0.1.0.26

Пуск    АС ГРЭТ    ГРЭТ    Adobe Photoshop    EN    11:03



КГЭУ

АС ГРЭТ – программный комплекс #90421

Проект: Формирование ММ    Задачи:    Сервисные задачи    Настройка    Инструменты    Справка

Дерево проекта

- ГТЭ-65(Каниль)
  - Математическая модель
    - [1000] Входное устройство
    - [1510] Переходной канал перед КНД (ПК)
    - [2111] Компрессор 2-го уровня сложност
    - [1210] Переходной канал или выходное
    - [2211] Компрессор высокого давления (К
    - [4110] Камера сгорания (КС\_)
    - [1310] Переходной канал или выходное
    - [5111] Турбина 2-го уровня сложности (Т
    - [10002] Агрегаты (Агр\_)
    - [5212] Турбина силовая (ТС)
    - [1410] Переходной канал или выходное
    - [1000] Режим работы двигателя (РРД)
    - [12000] Константы математической моде
    - [8000] Предельно допустимые параметр
    - AR - Адреса результатов
    - BMP - Программы управления
    - BMH - Законы управления
  - Управляющие массивы
    - L - Константы настраивающие ММ на ра
    - H - Условия и режимы работы модели де
    - KP - Признаки условной печати
    - GR - Расчетные режимы ММ двигателя
    - KPA - Значения ПЭР для используемых зс
    - KOR - Константы управляющие обработ
  - Входные/выходные данные
    - in - Файл входных данных
    - result - Файл результатов

Подготовка топлива

[24] Аппроксимация характеристик

Просмотр результатов расчета

Термодинамические свойства

Температуры: min - max, K

200 - 3000

Давление, Па

100000

Печать

Добавить в список

Заменить

Исключить из списка

Очистить список

Сформировать

Сформировать

Сформировать

Сформировать

Сформировать

Сформировать

0.1.0.26

Пуск    АС ГРЭТ    ГРЭТ    Adobe Photoshop    EN    11:05



- ГТЭ-65(Каниль)
- Математическая модель
  - [1000] Входное устройство (ВхУ\_)
  - [1510] Переходной канал перед КНД (ПК)
  - [2111] Компрессор 2-го уровня сложности
  - [1210] Переходной канал или выходное
  - [2211] Компрессор высокого давления (КВ)
  - [4110] Камера сгорания (КС\_)
  - [1310] Переходной канал или выходное
  - [5111] Турбина 2-го уровня сложности (Т)
  - [10002] Агрегаты (Агр\_)
  - [5212] Турбина силовая (ТС)
  - [1410] Переходной канал или выходное
  - [1000] Режим работы двигателя (РРД)
  - [12000] Константы математической модели
  - [3000] Предельно допустимые параметры
- AR - Адреса результатов
- BMP - Программы управления
- ВМН - Законы управления
- Управляющие массивы
  - L - Константы настраивающие ММ на ра
  - H - Условия и режимы работы модели де
  - KP - Признаки условной печати
  - GR - Расчетные режимы ММ двигателя
  - KPA - Значения ПЭР для используемых за
  - KOR - Константы управляющие обработ
- Входные/выходные данные
  - in - Файл входных данных
  - result - Файл результатов

Использовать в расчетах:

Программа управления [BMP]

[40017000] ГТЭ-65(каниль) (BMP)

Адреса результатов [AR]

ГТЭ-65(каниль) (AR)

Кол-во режим

1

Временные изменения [ADRNEW]

Синтезируемая формула [KFFORM]

Внешние условия и значения ПЭР для используемых законов невязок

Наименование/№ режима	Режим №1
Число маха $M_1$ , -	0
Высота полета $H$ , м	0
Температура невозмущенного потока $T_1$ , К	288.15
Давление невозмущенного потока $P_1$ , МПа	0.101325
[411102] $T^*_g(K)$ - Температура газа в камере сгорания, используемая	1500

Выполнение...

Прогресс выполнения:

Выполнено успешно

Файлы расчета

Файл входной (in)

Просмотр

Файл выходной (out)

Просмотр

Файл результ. (result)

Просмотр

Экспорт (Excel)

Файл характерис. (argx)

Просмотр

Файл топлив (34000)

Просмотр

Файл BA (ba)

Просмотр



- Обновить X

C:\Gradient\data\bin\out

SK 0.218897 SL 0.002771 XL 1.000000

HEB 0.00009

YT 0.66832

SK 0.002771 SL 0.000090 XL 1.000000

ВХОДНОЕ УСТРОЙСТВО - 1000											
T2*	P2*	G2	QT	G01	SIGMA	TH	PH	M	I*	S*	G0T
288.15	0.1013	120.90	0.0000	120.90	1.0000	288.15	0.1013	0.0000	288.31	6.6635	0.000
F	D	L	QL								
4.0000	2.2568	0.0797	0.1253								

ПЕРЕХОДНЫЙ КАНАЛ - 1510											
T1*	P1*	G1	GPR	T1	P1	F1	M1	L1	QL1	C1	S*
288.15	0.1013	120.90	20254.3	287.84	0.1010	4.0000	0.0728	0.0797	0.1253	24.75	6.5992
T2*	P2*	G2	SIGMA	T2	P2	DG	M2	L2	QT	C2	I*
270.25	0.1013	121.90	1.0000	269.98	0.1010	0.0000	0.0710	0.0777	0.0000	23.39	270.36

КОМПРЕССОР - 2111											
T2*	P2*	G2	N	NE	PI*	KPD*	KY	KPI	T2	P2	I*
387.30	0.3040	121.90	5441.000	-14357.50	3.0000	0.8500	1.1500	0.3000	0.00	0.0000	388.14
F1	F2	G0T	NPR	GPR	GPRX	G1	GLX	DI*	L1	L2	S*
0.0000	0.0000	0.000	5618.261	118.05	0.00	121.90	121.90	117.78	0.0000	0.0000	6.9612

ПЕРЕХОДНЫЙ КАНАЛ - 1210											
T1*	P1*	G1	GPR	T1	P1	F1	M1	L1	QL1	C1	S*
387.30	0.3040	121.90	7892.0	387.30	0.1606	0.0100	0.9143	1.0000	0.0000	360.19	6.9612
T2*	P2*	G2	SIGMA	T2	P2	DG	M2	L2	QT	C2	I*
387.30	0.2979	121.90	0.9800	387.30	0.1574	0.0000	0.9143	1.0000	0.0000	360.19	388.14

КОМПРЕССОР - 2211											
T2*	P2*	G2	N	NE	PI*	KPD*	KY	KPI	T2	P2	I*
644.68	1.4895	121.90	5441.000	-32437.40	5.0000	0.8500	1.1500	0.3000	0.00	0.0000	654.24
F1	F2	G0T	NPR	GPR	GPRX	G1	GLX	DI*	L1	L2	S*
0.0000	0.0000	0.000	4693.147	48.07	0.00	121.90	121.90	266.10	0.0000	0.0000	7.4870

КАМЕРА СГОРАНИЯ - 4110											
T2*	P2*	G2	QT	GT	ALFA	SIGMA	ETA	T1*	P1*	T1	P1
1700.00	1.4299	125.28	0.0278	12177.8	2.0941	0.9600	0.9900	644.68	1.4895	0.00	0.0000
T02*	P02*	G02	G0T	I*	S*	M1	L1	QL1	F1	DG	T*
1700.00	1.4299	125.28	12173.6	1958.75	6.6899	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1700.00

ПЕРЕХОДНЫЙ КАНАЛ - 1310											
T1*	P1*	G1	GPR	T1	P1	F1	M1	L1	QL1	C1	S*
1700.00	1.4299	125.28	3612.5	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	8.6899
T2*	P2*	G2	SIGMA	T2	P2	DG	M2	L2	QT	C2	I*
1700.00	1.4299	125.28	1.0000	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0278	0.00	1958.75

ТУРБИНА - 5111											
T2*	P2*	G2	N	NE	PI*	KPD*	T2	P2	G1	GLX	L1
1409.14	0.5865	125.28	5441.000	46794.90	0.4102	0.9450	0.00	0.0000	125.28	125.28	0.0000
T02*	P02*	GPR	NPR	LT	PI	DI*	F1	F2	S*	L2	L2
1409.14	0.5865	3612.5	131.96	373.52	0.0000	373.52	0.0000	0.0000	1585.2	8.4490	0.0000

Выполнения:

но успешно

асчета

дной (in)

одной (out)

ульт. (result)

актерис. (argx)

лив (34000)

(ba)





КГЭУ

АС ГРЭТ - программный комплекс #90421

Проект: Формирование ММ Задачи Сервисные задачи Настройка Инструменты Справка

Дерево проекта Обновить X

- ГТЗ-65(Камилев)
- Математическая модель
  - [1000] Входное устройство (ВхУ\_)
  - [1510] Переходной канал перед КНД (ПК)
  - [2111] Компрессор 2-го уровня сложности
  - [1210] Переходной канал или выходное устройство
  - [2211] Компрессор высокого давления (КВД)
  - [4110] Камера сгорания (КС\_)
  - [1310] Переходной канал или выходное устройство
  - [5111] Турбина 2-го уровня сложности (Т2)
  - [10002] Агрегаты (Агр\_)
  - [5212] Турбина силовая (ТС)
  - [1410] Переходной канал или выходное устройство
  - [1000] Режим работы двигателя (РРД)
  - [12000] Константы математической модели
  - [8000] Предельно допустимые параметры
- AR - Адреса результатов
- ВМР - Программы управления
- ВМН - Законы управления
- Управляющие массивы
  - L - Константы настраивающие ММ на расчет
  - H - Условия и режимы работы модели двигателя
  - KP - Признаки условной печати
  - GR - Расчетные режимы ММ двигателя
  - KPA - Значения ПЭР для используемых агрегатов
  - KOR - Константы управляющие обработкой
- Входные/выходные данные
  - in - Файл входных данных
  - out - Файл выходных данных

Приветствие Зад.: [3] Теплово

C:\Gradient\data\bin\out

SK	0.218897	SK	0.002771
HEB	0.00009		
YT	0.66832		
SK	0.002771		

ВХОДНОЕ УСТРОЙСТВО

T2*	P2*
288.15	0.1013
F	D
4.0000	2.2568

ПЕРЕХОДНЫЙ КАНАЛ

T1*	P1*
288.15	0.1013
T2*	P2*
270.25	0.1013

КОМПРЕССОР - 2111

T2*	P2*
387.30	0.3040
F1	F2
0.0000	0.0000

ПЕРЕХОДНЫЙ КАНАЛ

T1*	P1*
387.30	0.3040
T2*	P2*
387.30	0.2979

КОМПРЕССОР - 2211

T2*	P2*
644.68	1.4895
F1	F2
0.0000	0.0000

КАМЕРА СГОРАНИЯ

T2*	P2*
1700.00	1.4299
T02*	P02*
1700.00	1.4299

ПЕРЕХОДНЫЙ КАНАЛ

T1*	P1*
1700.00	1.4299
T2*	P2*
1700.00	1.4299

ТУРБИНА - 5111

T2*	P2*
1409.14	0.5865
T02*	P02*
1409.14	0.5865

0.1.0.26

Пуск АС ГРЭТ

ГРЭТ

Adobe Photoshop

Microsoft Excel - Л...

EN

11:12

Microsoft Excel - Лист1

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка Adobe PDF

Arial Cyr 8 Ж К У

G3

А	В	С	Д	Е	Ф	Г
Результаты расчета по задаче [3] Дроссельная характеристика						
1	Адрес	Наименование параметра	Обозначени	Единица изм	Режим №1	
2						
3	411102	Температура газа в камере сгорания, используемая для р	T*_г	К	1700.00	
4	4004	Удельный расход топлива	C_уд	кг/ч-кН(кг/ч-к	0.19	
5	4005	Суммарный часовой расход топлива	C_Тсум	кг/ч	12177.80	
6	100113	Расход впрыскиваемой жидкости или вдуваемого газа	G_ж	кг/с	1.00	
7	1005	Суммарный расход воздуха на входе в двигатель	G_ж	кг/с	120.90	
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						

Лист1

Готово

NUM

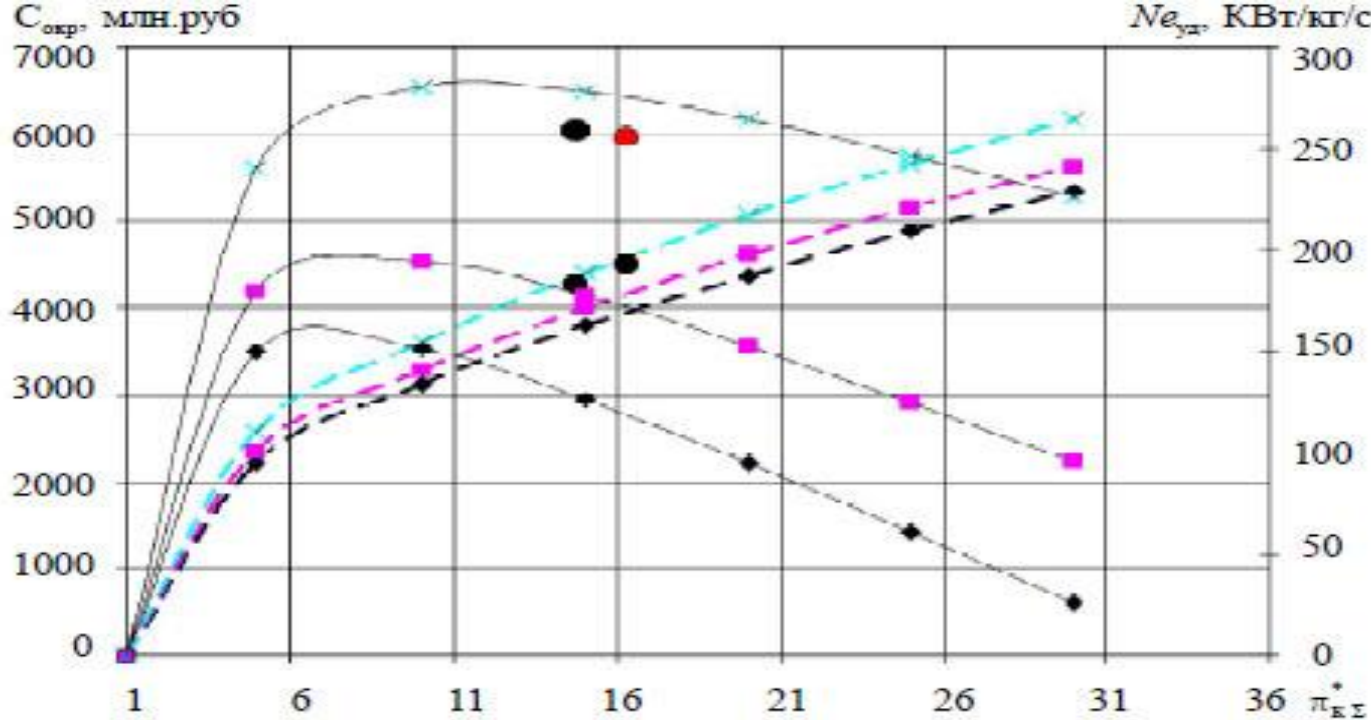


Рис. 8.2. Зависимость целевых затрат проектирования и создания опытного образца от суммарной степени повышения давления  $\pi_{k\Sigma}$

и температуры газа перед турбиной  $T_r^*$ :

- ▲— — целевые затраты при ( $T_r = 1300$  K); —■— — удельная мощность ( $T_r = 1400$  K);
- — целевые затраты после оптимизации; —●— — расчетная точка без учета себестоимости; ■ — целевые затраты при ( $T_r = 1400$  K);
- — целевые затраты в расчетной точке; —◆— — удельная мощность ( $T_r = 1300$  K) в кВт/кг/с;
- x— — удельная мощность ( $T_r = 1600$  K); ● — рабочая точка после оптимизации



КГЭУ

## ПРИГЛАШАЕМ К СОТРУДНИЧЕСТВУ!

:

Осипов Борис Михайлович  
Профессор, к.т.н.,

Тел.8-917-284-51-07

E-mail: [obm0099@yandex.ru](mailto:obm0099@yandex.ru)

[www.kgeu.ru](http://www.kgeu.ru)

