

Ивановский государственный энергетический университет
Всероссийская студенческая олимпиада «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА-2022»

ШИФР	
Задача 1	15 баллов

К газообразным продуктам сгорания, находящимся в цилиндре двигателя внутреннего сгорания, подводится при постоянном давлении столько теплоты, что температура смеси поднимается с 500 до 1900 °С. Массовый состав газовой смеси следующий: $m_{CO_2} = 15\%$, $m_{O_2} = 5\%$, $m_{H_2O} = 6\%$, $m_{N_2} = 74\%$.

Найти количество теплоты, подведенной к 1 кг газообразных продуктов сгорания, считая теплоемкость нелинейно зависящей от температуры.

Таблица. Средние массовые теплоемкости газов, взятые от 0 °С

Температура, °С	Массовая теплоемкость газов, кДж/(кг·К)							
	CO_2		O_2		H_2O		N_2	
	c_{pm}	c_{gm}	c_{pm}	c_{gm}	c_{pm}	c_{gm}	c_{pm}	c_{gm}
500	1,0128	0,8240	0,9793	0,7193	1,9778	1,5160	1,0660	0,7691
1900	1,2259	1,0371	1,0940	0,8340	2,4166	1,9552	1,1857	0,8889

Ивановский государственный энергетический университет
Всероссийская студенческая олимпиада «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА-2022»

ШИФР	
Задача 2	15 баллов

Проектом предусмотрено использование газотурбинной установки (ГТУ) со сгоранием топлива при постоянном давлении с параметрами рабочего тела на входе в компрессор $P_1 = 1 \text{ бар}$, $t_1 = 20^\circ \text{C}$ (см. рис.). В установку поступает расход воздуха $G = 200 \text{ м}^3/\text{ч}$, а коэффициент отношения температур $\beta = T_3/T_1$ задан с учетом ограничения по конструктивным требованиям и равен 3,7.

Определить, при какой степени повышения давления ν_{opt} в компрессоре цикл ГТУ будет производить максимальную результирующую мощность $N_{t \text{ max}}$, найти ее численное значение.

При решении принять следующие допущения: свойства рабочего тела считать аналогичными свойствам идеального двухатомного воздуха ($\mu = 28,96 \text{ кг/кмоль}$) с постоянной изобарной теплоемкостью, расход рабочего тела во всех точках цикла считать постоянным и равным расходу воздуха, поступающего в компрессор, расчет проводить для идеального цикла ГТУ.

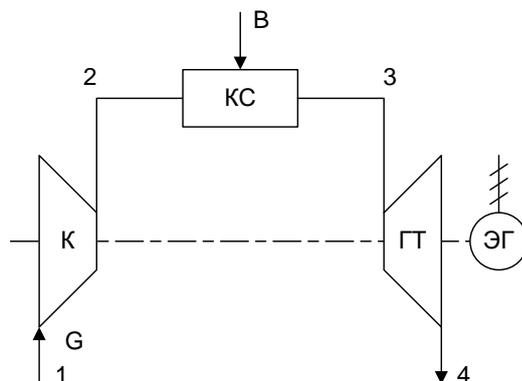


Рис.2.1 Схема ГТУ

**Ивановский государственный энергетический университет
Всероссийская студенческая олимпиада «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА-2022»**

<i>ШИФР</i>	
<i>Задача 3</i>	<i>15 баллов</i>

Стенка высотой $H = 6$ м, длиной $L = 4$ м и толщиной $\delta = 500$ мм выполнена из шамотного кирпича. Температура горячего теплоносителя $T_{f1} = 1400$ °С, температура холодного теплоносителя $T_{f2} = 40$ °С. Коэффициенты теплоотдачи со стороны горячего и холодного теплоносителей соответственно равны: $\alpha_1 = 100$ Вт/(м²·К) и $\alpha_2 = 8$ Вт/(м²·К). Коэффициент теплопроводности шамота $\lambda = 1,4$ Вт/(м·К).

Определить потери теплоты за сутки.

**Ивановский государственный энергетический университет
Всероссийская студенческая олимпиада «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА-2022»**

ШИФР	
Задача 4	15 баллов

В отопительной системе (рис. 1), включающей водогрейный котёл с коэффициентом сопротивления $\zeta_k = 15$, пять радиаторов, каждый из которых имеет коэффициент $\zeta_p = 18$, под действием центробежного насоса, характеристика которого приведена на рис. 2, циркулирует вода при средней температуре $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\rho_g = 983,2\text{ кг/м}^3$, $\nu_g = 0,478 \cdot 10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}$).

Определить расход воды в сети и мощность на валу насоса, если длины участков и диаметры труб между точками разветвления соответственно равны: $l_1 = 45\text{ м}$, $d_1 = 75\text{ мм}$, $l_2 = 16\text{ м}$, $d_2 = 40\text{ мм}$, $l_3 = 20\text{ м}$, $d_3 = 50\text{ мм}$. Коэффициент трения принять равным $\lambda = 0,03$. Местные сопротивления кроме котла и радиаторов не учитывать.

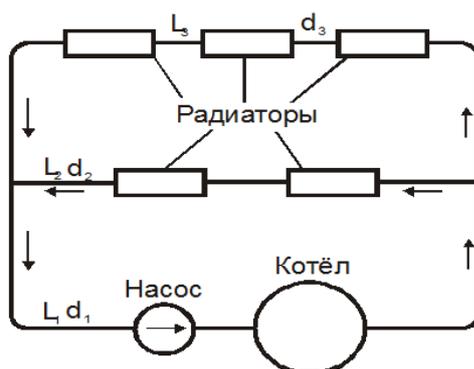


Рис. 4.1. Отопительная система

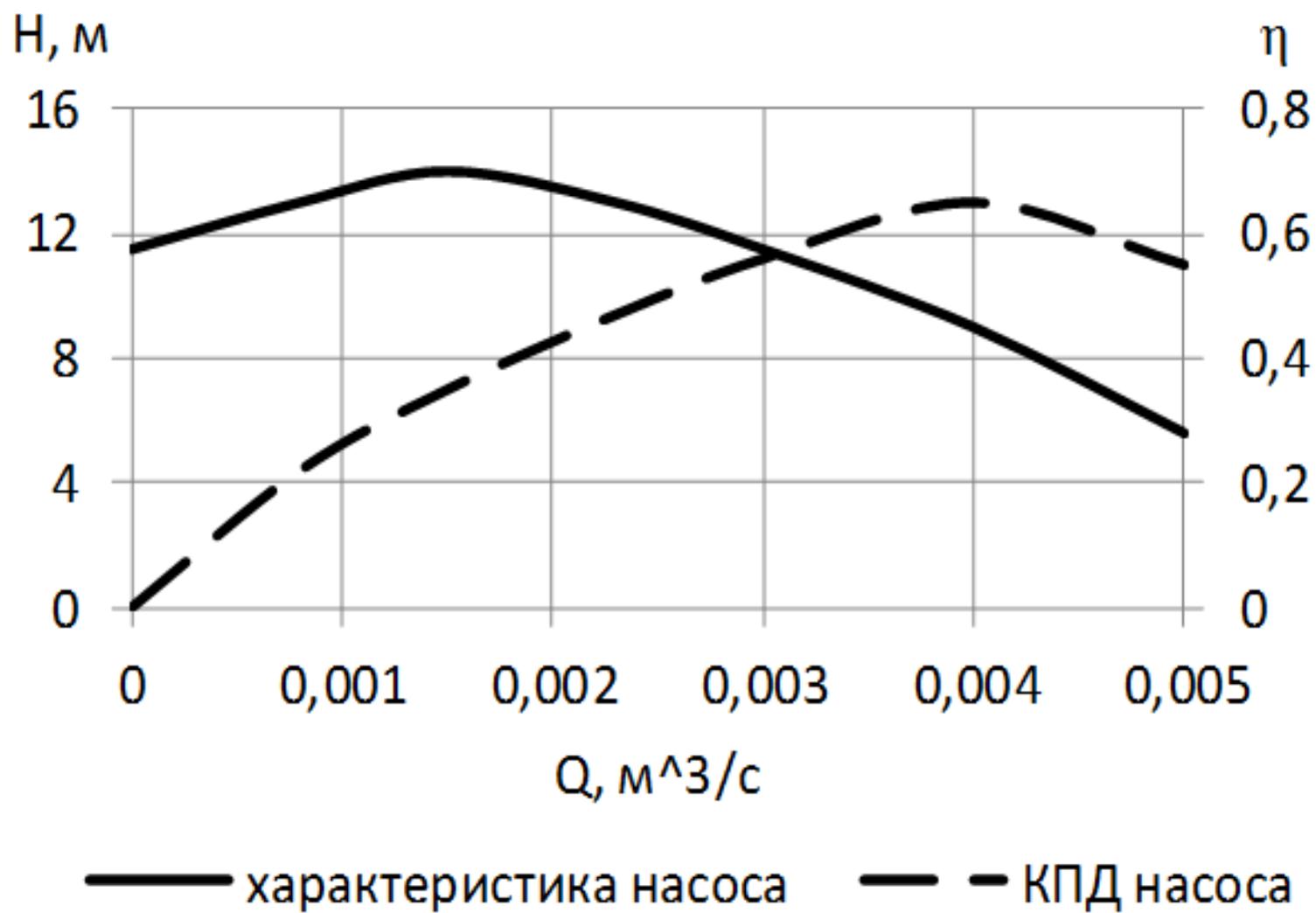


Рис. 4.2. Характеристика насоса

**Ивановский государственный энергетический университет
Всероссийская студенческая олимпиада «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА-2022»**

ШИФР	
Задача 5	15 баллов

Определить размеры коробов уходящих газов после парового котла, сжигающего сернистый мазут. Расход мазута $B_m = 8,3$ кг/с, температура уходящих газов $t_{yx} = 150$ °С при коэффициенте избытка воздуха равном 1,18. Принять скорость уходящих газов $w_2 = 10$ м/с, соотношение сторон газохода 1:4, количество коробов 2.

Таблица. Расчетные характеристики сернистого мазута

Состав рабочей массы топлива, %							V^0 ,	V_2^0 ,
W^p	A^p	S^p	C^p	H^p	N^p	O^p	м ³ /кг	м ³ /кг
3,0	0,1	1,4	83,8	11,2	–	0,5	10,45	11,27

Ивановский государственный энергетический университет
Всероссийская студенческая олимпиада «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА-2022»

Номинации «Промышленная теплоэнергетика», «Энергообеспечение предприятий», «Энергетика теплотехнологий»	
Задача 6.1	25 баллов

В сушильной камере мебельного комбината осуществляется мягкая сушка древесины. В исходном варианте подогрев сушильного агента (воздуха) осуществляется только в калорифере, источником теплоты для которого является водогрейный котел.

Определите суточную экономию топлива в водогрейной котельной в случае использования в системе предварительного подогрева сушильного агента парокомпрессионного теплового насоса (ТН), в котором источником низкопотенциальной энергии является удаляемый из сушильной камеры воздух.

Исходные данные: Параметры удаляемого из сушильной камеры воздуха: $G = 0,85 \text{ кг/с}$, $t_{yx} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$. Параметры хладагента ТН (фреон 134а): энтальпия пара на всасе компрессора $h_1 = 401 \text{ кДж/кг}$, температура фреона после сжатия в компрессоре $t_2 = 50 \text{ }^\circ\text{C}$, температура конденсации фреона $t_k = 46 \text{ }^\circ\text{C}$, энтальпии фреона после конденсатора $h_3 = h_4 = 263 \text{ кДж/кг}$; энтальпия паров фреона после сжатия в компрессоре $h_2 = 423 \text{ кДж/кг}$.

Принять: температура воздуха после испарителя ТН $t''_8 = 23 \text{ }^\circ\text{C}$; требуемая температура горячего воздуха для сушки древесины $t_{2.в.} = 34 \text{ }^\circ\text{C}$; расчёт произвести для г. Муром с расчётной температурой наружного воздуха $t_n = -30 \text{ }^\circ\text{C}$; КПД котла $\eta_k = 90 \text{ } \%$, потери в тепловых сетях составляют $7 \text{ } \%$; низшая теплота сгорания природного газа $Q_n^p = 35590 \text{ кДж/м}^3$; удельная теплоемкость воды при средней температуре в конденсаторе $c_p = 4,17 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{ }^\circ\text{C)}$; удельная теплоемкость воздуха постоянна $c_{pv} = 1,002 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{ }^\circ\text{C)}$.

**Ивановский государственный энергетический университет
Всероссийская студенческая олимпиада «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА-2022»**

Номинации <i>«Тепловые электрические станции» и «Паровые турбины»</i>	
Задача 6.2	25 баллов

Определить давление пара перед соплами регулирующей ступени p_0 и степень реактивности ступени ρ при следующих известных параметрах:

- параметры за сопловой решеткой: $p_1 = 17,6$ МПа, $t_1 = 508^\circ\text{C}$;
- давление за ступенью: $p_2 = 17,2$ МПа;
- средний диаметр ступени: $d_{pc} = 1,1$ м;
- скоростной коэффициент сопловой решетки, $\varphi = 0,95$;
- относительная скорость на входе в рабочую решетку, $W_1 = 216$ м/с;
- угол направления относительной скорости, $\beta_1 = 21^\circ$

**Ивановский государственный энергетический университет
Всероссийская студенческая олимпиада «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА-2022»**

Номинация <i>«Технология воды и топлива на ТЭС и АЭС»</i>	
Задача 6.3	25 баллов

Предложите две схемы ВПУ (традиционную и малоотходную) для котла-утилизатора энергоблока ПГУ-450 МВт, обоснуйте ваши решения. Какие достоинства и недостатки есть у той и другой схемы?

Нормы качества подпиточной воды следующие:

- удельная электропроводность воды – менее 0,3 мкСм/см,
- содержание соединений кремниевой кислоты – менее 20 мг/дм³,
- общая жесткость – отсутствие.

Качество исходной воды:

- $J_0=3,0$ мг-экв/дм³,
- $Щ_0=2,5$ мг-экв/дм³,
- содержание ионов натрия 23 мг/дм³,
- хлорид-ионов 35,5 мг/дм³, сульфат-ионов 24 мг/дм³,
- содержание соединений кремниевой кислоты 8 мг/дм³,
- окисляемость 8 мгО/дм³,
- содержание взвешенных веществ 70 мг/дм³.

Ивановский государственный энергетический университет
Всероссийская студенческая олимпиада «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА-2022»

Номинация	
<i>«Атомные электрические станции»</i>	
Задача 6.4	25 баллов

В реактор типа ВВЭР тепловой мощностью 3000 МВт загружено 75 т двуокси урана с обогащением по урану-235 $x_5 = 3,6\%$. Средняя температура теплоносителя в реакторе равна $t_{тн} = 306$ °С. Начальный запас реактивности холодного ($t = 20^\circ$ С) неотравленного реактора $\Delta\rho_{зап}^x = 0,2$. Температурный и мощностной коэффициенты реактивности равны соответственно $\alpha_{тн}^{тн} = -0,8 \cdot 10^{-4} \frac{1}{град}$, $\alpha_N = -0,23 \cdot 10^{-4} 1/\%$, а стационарное отравление ксеноном равняется -4% . Определить кампанию реактора в эффективных сутках $T_{эфф}$, а также долю выгоревшего урана-235 от его первоначально загруженного количества.

Средний темп выгорания $d\rho/dQ_0$, принять $q_p = 0,6 \cdot 10^{-8} 1/(МВт \cdot ч)$.

Считать, что при делении 1 г урана-235 выделяется 0,95 МВт·сут тепловой энергии. Отношение сечений радиационного захвата σ_c и деления σ_f равно $\alpha = 0,17$.

**Ивановский государственный энергетический университет
Всероссийская студенческая олимпиада «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА-2022»**

Номинация	
<i>«Автоматизация технологических процессов»</i>	
Задача 6.5	25 баллов

Манометр с диапазоном измерений $0 \div 45$ кгс/см² проходил поверку на соответствие его метрологических характеристик паспортным данным. Класс точности манометра 1,0. На отметке шкалы 30 кгс/см² были получены следующие данные:

- при прямом ходе 29,7; 29,9; 30,1; 27,8; 30,0
- при обратном ходе 30,1; 30,25; 30,2; 30,15; 30,3

Дать оценки систематической составляющей погрешности, СКО случайной составляющей погрешности, вариации и погрешности манометра в соответствии с ГОСТ 8.009-84; сделать заключение о соответствии манометра НМХ в данной точке шкалы.

НМХ – нормированные метрологические х