

Содержание

1. Введение

.1 Схема паросилового цикла Ренкина с перегревом пара

.2 Термодинамические процессы

. Задание на проектирование

.1 Данные для расчета

.2 Агрегатное состояние рабочего тела

. Расчет параметров состояния рабочего тела в характерных точках цикла

. Расчет потерь энергии (работоспособности) рабочего тела в процессах цикла (элементах установки)

. Эксергетический анализ исследуемого цикла

. Вывод

Список литературы

1.

Введение

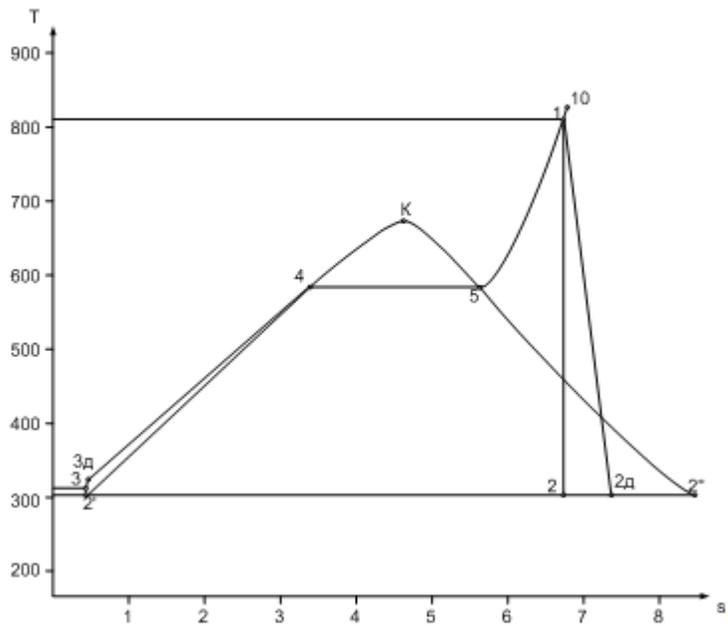
Ренкина цикл, идеальный термодинамический цикл (Круговой процесс), в котором совершается превращение теплоты в работу (или работы в теплоту); принимается в качестве теоретической основы для приближённого расчёта реальных циклов, осуществляемых в паросиловых установках (энергетическая установка, обычно состоящая из паровых котлов (парогенераторов) и паровых двигателей (паровых машин или паровых турбин) для пароходов, паровозов, паровых автомобилей или электрических генераторов (тепловых и атомных электростанций). Назван по имени У. Дж. Ранкина, одного из создателей технической термодинамики.

Известно, что большая часть мировых энергетических ресурсов направляется на выработку электроэнергии и работу транспорта, где бесчисленное количество тепловых преобразователей энергии, превращают их в полезную работу. Эффективность преобразователей энергии, к которым относятся двигатели внутреннего сгорания, газотурбинные, паротурбинные и другие энергетические установки, способна снизить не только экономические, но и экологические проблемы, что заставляет постоянно совершенствовать их конструкцию.

1.1 Схема паросилового цикла Ренкина с перегревом пара

Цикл Ренкина с перегревом пара является основным циклом паросиловых установок, применяемой в современной теплоэнергетике. В качестве рабочего тела используется водяной пар. Перегретый пар с параметрами состояния точки 1 (p_1, T_1) поступает в турбину Т, в которой, расширяясь, производит полезную работу. Полученная механическая работа турбины преобразуется генератором Г в электрическую

1.2 Термодинамические процессы



T-S диаграмма холодильного цикла

Термодинамический цикл этого теплового двигателя производится между двумя изобарами - изобарой отвода тепла в конденсаторе ($2'-2-2д$) и изобарой подвода тепла в котлоагрегате ($3-3д-4-5-1^0$) как показано на рис. 2.

2. Задание на проектирование

Произвести расчет эффективности работы цикла Ренкина, рассчитать параметры состояния рабочего тела в различных точках цикла, определить потери энергии и работоспособности в реальных процессах рабочего тела и в элементах оборудования, а также всей установки в целом.

.1 Данные для расчета

$D=12$ т/ч; $P_{10}=10$ МПа; $t_{10}=550^{\circ}\text{C}$; $\eta^{ka}=91\%$; $\eta^{r_{oi}}=87\%$;
 $\eta^{h_{oi}}=86\%$; $\eta^{m}=99\%$; $\eta^m=99\%$; $\eta^r=98\%$; $P_2=0,004$ МПа

.2 Агрегатное состояние рабочего тела

Точка 1 - перегретый пар

Точка 1⁰ - сухой перегретый пар

Точка 2 - влажный пар

Точка 2³ - жидкость (вода)

Точка 2^{3p} - сухой насыщенный пар

Точка 2_д - влажный пар

Точка 3 - насыщенная жидкость

Точка 3^o - нагретая жидкость

Точка 4 - кипящая вода

Точка 5 - сухой насыщенный пар

3. Расчет значений основных параметров состояния в характерных точках цикла

Точка 1

$$P_1=10, \text{МПа}$$

$$i_1 = [(t_2 - t_1)/(i_2 - i_1)] * (i_{изв} - i_1) + t_1$$

$$i_1 = [(550 - 500)/(3500 - 3374)] * (3466,34 - 3374) = 536,6, \quad {}^0C_1 = S_2 = 6,715, \\ \text{кДж/кг} \cdot \text{К}$$

$$i_1 = [(V_2 - V_1)/(i_2 - i_1)] * (i_{изв} - i_1) + V_1$$

$$i_1 = [(0.003561 - 0.03277)/(3500 - 3374)] * (3466.34 - 3374) + 0.03277 = 0.03485, \\ \text{м}^3/\text{кг}$$

$$i_1 = [(S_2 - S_1)/(i_2 - i_1)] * (i_{изв} - i_1) + S_1$$

$$i_1 = [(6.757 - 6.598)/(3500 - 3374)] * (3466.34 - 3374) + 6.598 = 6.715, \text{кДж/кг} \cdot \text{К}$$

Точка 2

$$P_2=0,004, \text{МПа}$$

t_2 получаем из таблицы 1 (Приложение 3), при заданном давлении

$$t_2 = 28,98, \text{ } ^0C$$

$$S_2 = S_1 = 6,715, \text{кДж/кг} \cdot \text{К}$$

$$V_2 = V_2^{''} * x_2 + V_2^{'''} * (1 - x_2)$$

$$V_2 = 34,80 * 0,78 + 121,4 * (1 - 0,78) = 53,85, \text{м}^3/\text{кг}$$

$$x^2 = (S^2 - S_2^2) / (S^{22} - S_2^2) = (6,715 - 0,4224) / (8,475 - 0,4224) = 0,782 = i_2^{22} * x^2 + i_2^2$$

$$/ (1 - x^2)$$

$$q_2 = 2554 * 0,78 + 121,4(1 - 0,78) = 2018,8 \text{ кДж/кг}$$

Точка 2^д

$$P_{2д} = 0,004 \text{ МПа}$$

$$i_{2д} = \eta_{oi} \cdot (i_1 - i_2) + i_1$$

$$q_{2д} = -0,87 \cdot (3466,34 - 2018,8) + 3466,34 = 2206,98 \text{ кДж/кг} = t_{2д}^{22} = 28,98 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$V_{2д} = [(V_2^{22} - V_2^2) x^{2д}] + V_2^2$$

$$V_{2д} = (34,80 - 0,001004) 0,86 + 0,001004 = 29,928 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$q_{2д} = (S_2^{22} - S_2^2) x^{2д} + S_2^2$$

$$q_{2д} = (8,475 - 0,4224) 0,86 + 0,4224 = 7,348 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$$

$$x_{2д} = (i_{2д} - i_2^2) / (i_2^{22} - i_2^2) = (2206,98 - 121,4) / (2554 - 121,4) = 0,86$$

Точка 2³

Параметры состояния рабочего тела в точках 2³, 2²² находятся из таблиц насыщенного водяного пара (таблица 1 приложения):

$$P_2^3 = 0,004 \text{ МПа}$$

$$t_2^3 = 28,98 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$V_2^3 = 0,001004 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$i_2^3 = 121,4 \text{ кДж/кг}$$

$$S_2^3 = 0,4224 \text{ кДж/кг}$$

Точка 2²²

$$t_2^{22} = 28,98 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P_2^{22} = 0,004 \text{ МПа}$$

$$V_2^{22} = 34,80 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$i_2^{22} = 2554 \text{ кДж/кг}$$

$$S_2^{22} = 8,475 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$$

Точка 3

Параметры состояния жидкости после сжатия в насосе (точки 3 и 3^д) определяются по таблицам для воды и перегретого водяного пара (таблица 2 приложения):

По известному давлению $P_3=10, \text{МПа}$

$$i_3 = [(i^2 - i_1)/(S^2 - S_1)] * (S_{изв} - S_1) + i_1$$

$$i_3 = [(1763 - 93,2)/(0,5682 - 0,2942)] * (0,4224 - 0,2942) + 93,2 = 132,08, \text{ кДж/кг}$$

$$t_3 = [(t^2 - t_1)/(S^2 - S_1)] * (S_{изв} - S_1) + t_1$$

$$t_3 = [(40 - 20)/(0,5682 - 0,2942)] * (0,4224 - 0,2942) + 20 = 29,36, \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$V_3 = [(V^2 - V_1)/(i^2 - i_1)] * (i_{изв} - i_1) + V_1 \cdot 10^{-3}, \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$V_3 = [(0,001034 - 0,0009972)/(176,3 - 93,2)] * (132,08 - 93,2) + 0,0009972 = 0,0010001, \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$S_3 = S^2 = 0,4224, \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$$

Точка 3^д

$$P_3^d = 10, \text{ МПа}$$
$$i_3^d = i^2 + [(i_3 - i^2)/\eta^{oi}]$$

$$i_3^d = 121,4 + [(132,8 - 121,4)/0,86] = 133,82, \text{ кДж/кг}$$

$$t_3^d = [(t^2 - t_1)/(i^2 - i_1)] * (i_{изв} - i_1) + t_1$$

$$t_3^d = [(40 - 20)/(176,3 - 93,2)] * (133,82 - 93,2) + 20 = 29,78, \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$V_3^d = [(V^2 - V_1)/(i^2 - i_1)] * (i_{изв} - i_1) + V_1$$

$$V_3^d = [(0,001034 - 0,0009972)/(176,3 - 93,2)] * (133,82 - 93,2) + 0,0009972 = 0,0010001, \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$S_3^d = [(S^2 - S_1)/(i^2 - i_1)] * (i_{изв} - i_1) + S_1$$

$$S_3^d = [(0,56 - 0,2942)/(176,3 - 93,2)] * (133,82 - 93,2) + 0,2942 = 0,4281, \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$$

Точка 4

Параметры состояния точек 4 и 5 определяют по значению давления или температуры насыщения в них, (таблица 1 приложения)

$$t_4 = 584,15, \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P_4 = 10, \text{ МПа}$$

$$V_4 = 0,001453, \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$i_4 = 1409, \text{ кДж/кг}$$

$$S_4 = 3,362, \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$$

Точка 5

$$t_5 = 584,15, \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P_5 = 10, \text{ МПа}$$

$$V_5 = 0,01800 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$i_5 = 2724, \text{ кДж/кг}$$

$$S_5 = 5,614, \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$$

Точка 10

Параметры перегретого пара в точке 10 определяются по тем же таблицам, по известным температуре и давлению :

$$t_{10}=550, \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$P_6=10, \text{ МПа}$$

$$V_{10}=0,03561, \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$S_{10}=6,757, \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$$

$$i_{10}=3500, \text{ кДж/кг}$$

4. Расчет потерь энергии (работоспособности) рабочего тела в процессах цикла(элементах установки)

Теплота, подводимая в котёл:

$$q^1 = (i_{10} - i_3) = 3500 - 133082 = 3366,18 \text{ кДж/кг.}$$

Теплота, отданная в конденсаторе:

$$q^2 = i_{2d} - i_2^3 = 2206,98 - 121,4 = 2085,58 \text{ кДж/кг.}$$

Полезная внешняя работа теплового двигателя:

$$l_{\text{ц.д.}} = q^1 - q^2 = 3366,18 - 2085,58 = 1280,6 \text{ кДж/кг.}$$

Количество выделяющейся теплоты:

$$q = q^1 / \eta_{\text{ка}} = 3366,18 / 0,91 = 3699,099, \text{ кДж/кг}$$

Эффективное КПД двигателя :

$$\eta^e = l_{\text{ц.д.}} / q = 1280,6 / 3699,099 = 0,346$$

Эффективное абсолютное КПД двигателя:

$$\eta^a = l_{\text{ц.д.}} / q^1 = 1280,6 / 3366,18 = 0,380$$

Внутреннее относительное КПД комплекса "турбина- насос":

$$\eta_{oi} = l_{ц.д.} / l_{ц.м} = 0,89$$

Полезная работа теоретического цикла :

$$l_{ц.м} = [(i_1 - i_2) - (i_3 - i_2)] = (3466,34 - 2018,8) - (132,08 - 121,4) = 1436,14, \text{ кДж/кг}$$

Термический КПД теоретического цикла :

$$\eta_t = l_{ц.м} / q_1 = 1436,14 / 3366,18 = 0,4266$$

Эффективный КПД может быть представлен в виде :

$$\eta_e^{уст} = \eta_{ка} * \eta_m * \eta_r * \eta_{пп} * \eta_t * \eta_{oi} = 0,91 * 0,99 * 0,98 * 0,99 * 0,43 * 0,89 = 0,335$$

Теплота, теряемая в котлоагрегате :

$$\Delta q_{пот}^{ка} = q - q_1 = 3699,099 - 3366,18 = 332,92, \text{ кДж/кг}$$

Теплота ,теряемая в паропроводе:

$$q_{пот}^{пп} = [(i_1 - i_1^0)] = 3500 - 3466,34 = 33,66, \text{ кДж/кг.}$$

Теплота, превращенная в электроэнергию:

$$l_{эл} = q * \eta_e^{уст} = 3699,099 * 0,335 = 1239,198, \text{ кДж/кг}$$

Работа действительного цикла:

$$I_{ц.д.} = (i^1 - i^2) - (i_3 - i^2) = (3466,34 - 2206,98) - (133,82 - 121,4) = 1246,94, \text{ кДж/кг}$$

Эффективная работа:

$$I^e = I_{ц.д.} * \eta_m = 1246,94 * 0,99 = 1234,47, \text{ кДж/кг}$$

Потери механические в турбине:

$$\Delta I_{пот}^T = I_{ц.д.} - I^e = 1246,94 - 1234,47 = 12,47, \text{ кДж/кг}$$

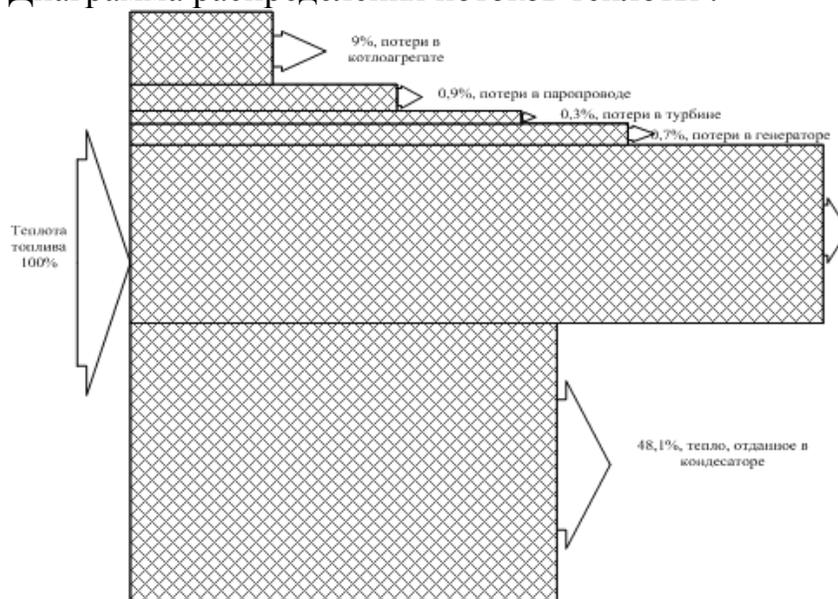
$$\Delta I_{пот}^Г = I^e * (1 - \eta_r) = 1234,47 * (1 - 0,98) = 24,69, \text{ кДж/кг}$$

Уравнение теплового баланса паротурбинной установки:

$$q = I_{вн} + q^2 + \Delta I_{пот}^T + \Delta I_{пот}^Г + \Delta q_{пот}^{ка} + q_{пот}^{пп}$$

$$3699,099 = 1239,198 + 2085,58 + 12,47 + 24,69 + 332,92 + 33,66$$

Диаграмма распределения потоков теплоты :



5. Эксергетический анализ исследуемого цикла

При анализе цикла Ренкина принимается, что $P_0=10$ МПа

$T_0=293$ К

Эксергия потока тепла

$$e^q = q \left(1 - \frac{T_0}{T}\right) = 3699,099 \left(1 - \frac{293}{1573}\right) = 3010,95, \text{ кДж/кг}$$

Работоспособность системы:

$$e^{3д} = (i_{3д} - i^0) - T^0 (S_{3д} - S^0) = (133,82 - 93,2) - 293(0,4281 - 0,2942) = 1,387, \text{ кДж/кг}$$

$$e^{10} = (i^{10} - i^0) - T^0 (S_{10} - S^0) = (3500 - 93,2) - 293(6,757 - 0,2942) = 1513,2, \text{ кДж/кг}$$

Потери работоспособности в котлоагрегате:

$$\Delta I^{ка} = e^{3д} - e^{10} + e^q = 1,387 - 1513,2 + 3010,95 = 1499,137, \text{ кДж/кг}$$

Потери работоспособности в паропроводе:

$$\Delta I^{пп} = e_{вх}^{пп} - e_{вых}^{пп} = [(i^{10} - i^0) - T^0 (S_{10} - S^0)] - [(i^1 - i^0) - T^0 (S_1 - S^0)] = [1513,2] - [(3466,34 - 93,2) - 293(6,715 - 0,2942)] = 21,354, \text{ кДж/кг}$$

Потери работоспособности в турбине :

$$\Delta I^T = (e_{вх}^{пп} - e_{вых}^T) - l^e$$

Эксергия отработавшего пара из турбины:

$$e_{\text{вых}}^T = (i_{2\text{д}} - i^0) - T^0 (S_{2\text{д}} - S^0) = (2206,98 - 93,2) - 293(7,348 - 0,2942) = 47,017, \text{ кДж/кг}$$

$$\Delta I^T = (1491,846 - 47,017) - 1234,47 = 210,359, \text{ кДж/кг}$$

Потери эксергии в конденсаторе:

$$\Delta I^K = e_{\text{вых}}^T - e_{\text{вых}}^K = e_{\text{вых}}^T - [(i_{2^{\circ}} - i^0) - T^0 (S_{2^{\circ}} - S^0)] = 47,017 - [(121,4 - 93,2) - 293(0,4224 - 0,2942)] = 47,017 + 9,363 = 56,38, \text{ кДж/кг}$$

Потери работоспособности в насосе :

$$\Delta I^H = (e_{\text{вых}}^K - e_{\text{вых}}^H) - I_{\text{д}}^H = [e_{\text{вых}}^K - [(i_{3\text{д}} - i^0) - T^0 (S_{3\text{д}} - S^0)]] - I_{\text{д}}^H$$

Действительная работа насоса:

$$I_{\text{д}}^H = (i_{3^{\circ}} - i_{2^{\circ}}) = 133,82 - 121,4 = 12,42$$

$$\Delta I^H = [-9,363 - ((133,82 - 93,2) - 293(0,4224 - 0,2942))] + 12,42 = 1,6, \text{ кДж/кг}$$

Уравнение эксергетического баланса:

$$e^Q = I_{\text{вн}} + \Delta I^{\text{ка}} + \Delta I^{\text{пп}} + \Delta I^T + \Delta I^K + \Delta I^H$$

$$,95 = 1239,138 + 1499,137 + 21,354 + 210,359 + 56,3796 + 1,67, \text{ кДж/кг}$$

Удельный расход пара :

$$d = 1 / l^e = 1 / 1234,47 = 0,00081 \text{ кг/кДж}$$

Удельный расход теплоты :

$$q = (BQ_n^p)/N, B = \frac{q}{Q_n^p} = \frac{3699,099}{23000} = 0,161$$

Количество электроэнергии ,вырабатываемой электрогенератором в течении 1 часа:

$$N = I_e * D = 1234,47 * 3,3 = 4114,9, \text{ кДж/с}$$

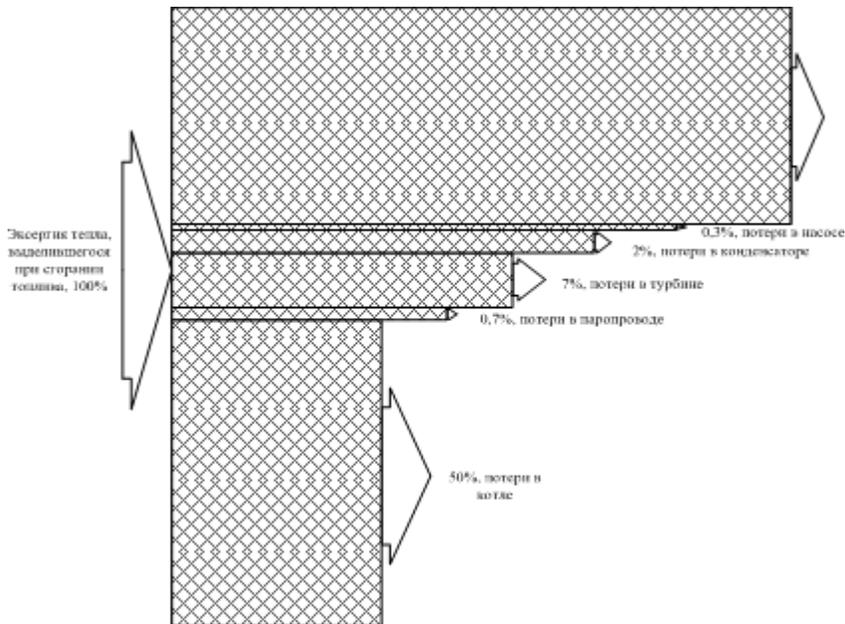
Удельный расход теплоты:

$$q = (BQ_n^p)/N = (0,161 * 23000)/4114,9 = 0,8999, \text{ кДж}$$

Мощность установки действительного цикла:

$$N_e = I_{en} * D = 1239,198 * 3,3 = 4089,35, \text{ кВт}$$

Диаграмма потоков эксергии :



6. Вывод

В ходе расчёта курсовой работы был произведен анализ эффективности работы паросилового цикла Ренкина, были рассчитаны параметры состояния рабочего тела в различных точках цикла, определены потери энергии и работоспособности в реальных процессах рабочего тела и в элементах оборудования цикла, а также установки в целом. На основании полученных данных были построены T-s и i-s диаграммы паросилового цикла Ренкина, а также энергетическая и эксергетическая диаграммы. По рассчитанной полезной работе ($l_{пл} = 1280.6 \text{ кДж/кг}$) и заданному расходу пара ($D = 12, \text{ т/ч}$) были определены мощность паросилового цикла ($N = 4089.4 \text{ кВт}$) и удельный расход пара на единицу мощности ($d = 0.00081 \text{ кг/кДж}$). Исходя из эффективности работы реального паросилового цикла оценивается эффективное КПД установки ($\eta_e = 0,335$).

Список литературы

1. Мазур Л.С. Техническая термодинамика и теплотехника: Учебник.-М.: ГЭОТАР - МЕД, 2003.-352с.
. Расчет циклов тепловых и холодильных машин. Методические указания к курсовому проекту по дисциплине "Техническая термодинамика и теплотехника" для студентов специальностей 240401, 240301,240403, 240502" очной и заочной формы обучения:-Кемерово.2007.