



Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Астраханский государственный технический университет»
Система менеджмента качества в области образования, воспитания, науки и инноваций
сертифицирована DQS по международному стандарту ISO 9001:2015

Институт морских технологий, энергетики и транспорта

Кафедра «Теплоэнергетика и холодильные машины»

**Методические указания по выполнению практической
и самостоятельной работы по дисциплине «Методы энергосбережения
в современных энергопотребляющих производствах»
для аспирантов направления 13.06.01 «Электро- и теплотехника»**

Астрахань – 2017

Автор: Ильин Р.А. – к.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Теплоэнергетика и холодильные машины».

В методических указаниях представлены материалы по выполнению практической и самостоятельной работы аспирантов по направлению 13.06.01 «Электро- и теплотехника» направленности «Промышленная теплоэнергетика» по дисциплине «Методы энергосбережения в современных энергопотребляющих производствах».

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Теплоэнергетика и холодильные машины» от «26» июня 2017г., протокол № 6.

Рецензент – заведующий кафедрой «Судостроение и энергетические комплексы морской техники» к.т.н., доцент Рубан А.Р.



1. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Код	Определение	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы		
		Знать	Уметь	Владеть навыками и (или) иметь опыт
ПК-1	способность и готовность к самостоятельному проведению научных исследований в области теплоэнергетики, к анализу и использованию научно-технической информации, нормативно-правовых документов, к изучению отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования	основы государственной политики в области энергосбережения; организацию управления энергосбережения на федеральном и региональном уровнях; нормативно-правовую базу энергосбережения; методы и критерии оценки эффективности использования энергии;	пользоваться методическими нормативными материалами, технической и технологической документацией, современными техническими средствами и информационными технологиями;	сбора, обобщения и систематизации информации об энергетическом хозяйстве, используемых энергоносителях, показателях производства и продукции и других сведений, характеризующих обследуемое предприятие;
ПК-2	способность и готовность к участию в разработке и осуществлении мероприятий по энерго- и ресурсосбережению и проведению расчетов процессов тепломассообмена в теплоэнергетике	основы энергоаудита объектов теплоэнергетики и промышленных предприятий; типовые формы энергетического паспорта; типовые (стандартные) технические решения, широко применяемые в целях энергосбережения в промышленности, топливно-энергетическом комплексе, ЖКХ и др.	составлять и рассчитывать топливный, энергетический и материальный балансы предприятия, технологической установки; энергоемкость продукции; определять энергетические потери, потенциал энергосбережения, самостоятельно принимать технические решения и разрабатывать проекты, способствующие энергосбережению; оценивать затраты и экономический эффект от внедрения рекомендаций по повышению энергетической эффективности предприятия, установки, процесса	навыками работы с приборами учета и контроля тепловой энергии; определения и разработки основных энергосберегающих мероприятий для исследуемого объекта

ВВЕДЕНИЕ

Целью выполнения практических заданий является закрепление теоретических знаний, полученных студентом при изучении курса, и использование этих знаний при решении практических задач на производстве.

В данном методическом пособии приведены задачи, целью которых является оценка потенциала энергосбережения на промышленных объектах, включая промышленные котельные, системы теплоснабжения, теплообменные аппараты, теплопотребляющие технологические установки. Задания учитывают специфику использования энергии в различных технологических процессах. По каждому разделу приведены примеры решения задач или указана последовательность решения задач.

1 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЭНЕРГИИ И ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ

1.1 Пример решения задач.

Задача 1.1. Определить необходимую площадь поверхности нагрева теплообменного аппарата типа водовоздушного рекуператора для обеспечения степени утилизации теплоты сточных вод, равной 0,8. Сточная вода используется для предварительного нагревания дутьевого (приточного) воздуха. Поверхность нагрева выполнена в виде коридорного пучка оребренных труб. Наружный диаметр труб $d = 12$ мм; толщина стенки трубы $\delta = 1$ мм; рабочая длина $L = 5,2$ м; диаметр круглых ребер $D = 23$ мм; толщина ребра $\delta_p = 0,3$ мм; степень оребрения $\psi = 8,2$; гидравлический диаметр $d_g = 4,7$ мм. Теплопроводность материала ребра $\lambda = 116$ Вт/м К. Вода движется по трубам, воздух – в межтрубном пространстве. Число ходов греющего теплоносителя $z = 5$. Термическим сопротивлением стенки и гидравлическим сопротивлением при повороте воды в трубах пренебречь. Мощность, затрачиваемая на прокачку воды по трубам, не должна превышать 60 Вт. Скорость воздуха принять равной 5 м/с. Начальную температура воды $t_2' = 49$ °С, воздуха $t_1' = 6$ °С; расход воды $G_2 = 0,65$ кг/с, воздуха $G_1 = 0,3$ кг/с.

Решение

1. Температура воздуха на выходе из аппарата при эффективности теплообменника

$$\varepsilon = \frac{t_1'' - t_1'}{t_2' - t_1'} = 0,8$$

$$t_1'' = \varepsilon (t_2' - t_1') + t_1' = 0,8 (49 - 6) + 6 = 40,4 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

2. Средняя температура воздуха

$$t_1 = \frac{t_1'' + t_1'}{2} = \frac{40,4 + 6}{2} = 23,2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

3. Теплофизические свойства воздуха при t_1 :

$$\rho_1 = 1,2 \text{ кг/м}^3, \quad C_{p1} = 1005 \text{ Дж/(кг К)}, \quad \lambda_1 = 0,0259 \text{ Вт/(м К)}, \quad \nu_1 = 15,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}, \quad Pr_1 = 0,703.$$

4. Тепловая мощность аппарата

$$Q = G_1 C_{p1} (t_1'' - t_1') = 0,3 \cdot 1005 (40,4 - 6) = 10370 \text{ Вт}.$$

5. Температура греющего теплоносителя (воды) на выходе из аппарата

$$t_2'' = t_2' - Q / G_2 C_{p2} = 49 - 10370 / 0,65 \cdot 4180 = 45,2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Здесь теплоемкость воды взята при средней температуре воды 46,5°С. Проверяем значение средней температуры воды

$$t_2 = \frac{t_2'' + t_2'}{2} = \frac{45,2 + 49}{2} = 47,1 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Оно близко к ранее принятому $t_2 = 46,5$ °С, поэтому окончательно $t_2 = 47,1$ °С.

6. Теплофизические свойства воды при $t_2 = 47,1$ °С:

$$\rho_2 = 985 \text{ кг/м}^3, \quad C_{p2} = 4180 \text{ Дж/(кг К)}, \quad \lambda_2 = 0,638 \text{ Вт/(м К)}, \quad \nu_2 = 0,669 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с},$$

$$Pr_2 = 3,6.$$

7. Мощность, затрачиваемая на прокачку воды по трубам с внутренним диаметром d_2 и длиной L , может быть рассчитана по формуле

$$N = \frac{G_2 \Delta P}{\rho_2 \eta} = \frac{G_2 \xi \cdot W_2^2 L}{2 \cdot \eta \cdot d_2},$$

где $\eta = 0,65$ – КПД насоса; $\Delta P = \xi \rho_2 W_2^2 L / 2 d_2$; ΔP – гидравлическое сопротивление. Принимаем, что режим течения воды турбулентный. Тогда коэффициент сопротивления для гидравлически гладких труб $\xi = 0,316 Re^{-0,25}$ и скорость воды внутри труб равна

$$W_2 = \left(\frac{2 \cdot N \eta \cdot d_2^{1,25}}{0,316 \cdot G_2 \cdot L \cdot \nu_2^{0,25}} \right)^{\frac{1}{1,75}} =$$

$$\left(\frac{2 \cdot 14 \cdot 0,65 \cdot 0,01^{1,25}}{0,316 \cdot 0,65 \cdot 5,2 \cdot (0,669 \cdot 10^{-6})^{0,25}} \right)^{\frac{1}{1,75}} = 1,47 \text{ м/с.}$$

8. Число Рейнольдса для воды

$$Re_2 = \frac{W_2 \cdot d_2}{\nu_2} = \frac{1,45 \cdot 0,01}{0,571 \cdot 10^{-6}} = 25700,$$

9. Число Нуссельта при турбулентном течении воды в трубе

$$Nu_2 = 0,023 Re_2^{0,8} Pr_2^{0,4} = 0,023 \cdot 25700^{0,8} \cdot 3,6^{0,4} = 129,7.$$

10. Коэффициент теплоотдачи со стороны воды

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_2} = \frac{129,7 \cdot 0,618}{0,01} = 8017 \text{ Вт/(м}^2 \text{ К)}.$$

11. Число Рейнольдса для воздуха

$$Re_1 = \frac{w_1 \cdot d_{\text{э}}}{\nu_1} = \frac{5 \cdot 0,0047}{15,6 \cdot 10^{-6}} = 1506$$

12. Число Нуссельта

$$Nu_1 = 0,3 Re_1^{0,625} \varphi^{-0,375} Pr_1^{0,333} = 0,3 \cdot 1506^{0,625} \cdot 8,2^{-0,375} \cdot 0,703^{0,333} = 11,7.$$

13. Коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_{\text{э}}} = \frac{11,7 \cdot 0,0259}{0,0047} = 64,7 \text{ Вт/(м}^2 \text{ К)}.$$

14. Эффективность оребрения:

эффективная высота круглого ребра

$$l' = [(D - d)/2] [1 + 0,805 \lg (D/d)] = \\ = [(0,023 - 0,012)/2] [1 + 0,805 \lg (0,023/0,012)] = 0,006751 \text{ м}$$

комплекс

$$m l' = (2 \alpha_1 / (\lambda_p \delta_p))^{0,5} l' = \\ = (2 \cdot 64,5 / (116 \cdot 0,0003))^{0,5} \cdot 0,006751 = 0,411;$$

эффективность одиночного ребра

$$\frac{th(ml')}{ml'} = \frac{th(0,411)}{0,411} = 0,947;$$

эффективность ребристой поверхности

$$\eta_0 = 1 - (\Psi - 1)/\Psi (1 - \eta_p) = 1 - 0,878(1 - 0,947) = 0,953$$

15. Коэффициент теплопередачи, отнесенный к внутренней поверхности труб

$$k_2 = \left(\frac{1}{\alpha_2} + \frac{1}{\alpha_1 \cdot \eta_0 \cdot \psi} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{8017} + \frac{1}{64,7 \cdot 0,953 \cdot 8,2} \right)^{-1} = 475 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}.$$

17. Логарифмический температурный напор между теплоносителями

$$\Delta t = \frac{\Delta t_b - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_b}{\Delta t_m}} \varepsilon_{\Delta t} = \frac{39,2 - 8,6}{\ln \frac{39,2}{8,6}} 0,95 = 20,2 \text{ } ^\circ\text{C},$$

где $\Delta t_b = t''_2 - t'_1 = 45,2 - 6,0 = 39,2 \text{ } ^\circ\text{C}$ и $\Delta t_m = t'_2 - t''_1 = 49,0 - 40,4 = 8,6 \text{ } ^\circ\text{C}$;

$\varepsilon_{\Delta t} = 0,95$ – поправка на вид относительного движения теплоносителей (для перекрестного тока) при

$$P = \frac{t''_1 - t'_1}{t'_2 - t'_1} = \frac{40,6 - 6,0}{49,0 - 6,0} = 0,8 \quad \text{и} \quad R = \frac{t'_2 - t''_2}{t''_1 - t'_1} = \frac{49,0 - 45,2}{40,4 - 6,0} = 0,11.$$

18. Поверхность теплообмена

$$F = \frac{Q}{k \Delta t} = \frac{10370}{475 \cdot 20,2} = 1,08 \text{ м}^2.$$

1.2 Задачи для самостоятельного решения

Задача 1.2. Расход дымовых газов через воздухоподогреватель составляет 8000 м³/ч, температура на входе 300 °С и на выходе 150 °С. Расход воздуха 6000 м³/ч, начальная и конечная температуры 20 °С и 250 °С. Предложить компоновку трубного пучка воздухоподогревателя и определить длину, шаги и количество труб при скорости дымовых газов 5...15 м/с и воздуха в межтрубном пространстве 5...10 м/с, диаметре труб 58/54 мм и коэффициенте теплопередачи 30 Вт/(м²К). Определить экономию топлива при оснащении парового котла воздухоподогревателем. Теплотворная способность топлива (природный газ) 35000 кДж/м³. Расход воздуха на горение 10 м³/м³. Выход дымовых газов 11,5 м³/м³. Температура продуктов сгорания перед котельным пучком 1400°С. Среднюю теплоемкость дымовых газов в диапазоне температур 150...300°С принять равной 1,35 кДж/(м³ К), в диапазоне 0...1400°С – 1,6 кДж/(м³ К), воздуха – 1,3 кДж/(м³ К).

Задача 1.3. Рассчитать площадь поверхности теплообмена воздухоподогревателя из труб со спиральным наружным оребрением. Материал труб – алюминий ($\lambda = 100 \text{ Вт/(м К)}$); диаметр $d_n/d_v = 27/25 \text{ мм}$, диаметр оребрения $D = 75 \text{ мм}$, шаг ребер 3 мм , средняя толщина ребра $0,3 \text{ мм}$. Подогреватель выполнен в виде шахматного пучка труб с продольным (в направлении по-току воздуха) шагом $S_1 = 1,2 D$ поперечным $S_2 = 1 D$. Расход воздуха 10 кг/с , начальная температура 20°C , конечная 70°C . Греющий теплоноситель – конденсат водяного пара из системы отопления. Начальная и конечная температура конденсата 110 и 80°C . Коэффициенты теплоотдачи конденсата и воздуха (для воздуха коэффициент теплоотдачи отнесен к полной поверхности с учетом оребрения) принять равными 5000 и $50 \text{ Вт/(м}^2 \text{ К)}$.

Задача 1.4. В топке котельного агрегата паропроизводительностью $D = 5,6 \text{ кг/с}$ сжигается уголь с низшей теплотой сгорания $Q_n^p = 13997 \text{ кДж/кг}$. Определить экономию топлива в процентах, получаемую за счет предварительного подогрева конденсата в регенеративных подогревателях, если известны температура топлива на входе в топку $t_T = 20^\circ\text{C}$, удельная теплоемкость топлива $c_T = 2,1 \text{ кДж/(кг*К)}$, КПД котлоагрегата $\eta_{\text{ка}}^{\text{оп}} = 91,5 \%$, давление перегретого пара $p_{\text{пп}} = 4,0 \text{ МПа}$, температура перегретого пара $t_{\text{пп}} = 430^\circ\text{C}$, температура конденсата $t_k = 32^\circ\text{C}$, температура питательной воды после регенеративных подогревателей $t_{\text{пв}} = 130^\circ\text{C}$ и величина непрерывной продувки $p = 3\%$.

Задача 1.5. Определить количество теплоты, отдаваемое уходящими газами котельной завода водяному экономайзеру (утилизатору), для получения горячей воды, если температура газов на выходе из экономайзера $t_{\text{вых}}^g = 200^\circ\text{C}$, температура газов на входе в экономайзер $t_{\text{вх}}^g = 320^\circ\text{C}$, коэффициент избытка воздуха за экономайзером $\alpha_{\text{эк}} = 1,4$, средняя объемная теплоемкость газов $C_{\text{рг}}^1 = 1,415 \text{ кДж/(м}^3 \text{ К)}$ и расчетный расход топлива одного котла $B_p = 0,25 \text{ кг/с}$. В котельной установлены два одинаковых котла ($n=2$), работающих на донецком каменном угле марки D состава: $C^p=49,3\%$; $H^p=3,6\%$; $S^p=3\%$; $N^p=1\%$; $O^p=8,3\%$; $A^p=21,8\%$; $W^p=13\%$.

2 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

2.1 Пример решения задач

Задача 2.1. Определить тепловую мощность, гидравлические сопротивления и степень утилизации теплоты низкопотенциального источника ВЭР – турбинного масла при его охлаждении водой, направляемой затем в систему комбинированного производства теплоты и холода. Охлаждение масла осуществляется в кожухотрубном теплообменнике с перегородками в межтрубном пространстве. При решении задачи использовать методику теплового поверочного расчета. Масло течет в межтрубном пространстве, вода – внутри труб. Внутренний диаметр кожуха $D_0 = 0,16$ м; наружный диаметр труб $d_1 = 0,012$ м; внутренний $d_2 = 0,01$ м; рабочая длина $L = 746$ мм; число труб $n = 64$ штук; теплопроводность материала труб $\lambda = 58$ Вт/(м К); поверхность теплообмена со стороны воды $F_2 = 1,5$ м²; число перегородок в межтрубном пространстве $m = 10$; расположение трубок – по углам равностороннего треугольника, шаг между трубками $S = 0,02$ м; толщина перегородки $\delta = 0,002$ м. Горячий теплоноситель (масло турбинное):

расход G_1 , кг/с..... 0,75;

температура масла на входе t_1' , °C..... 45;

Холодный теплоноситель (вода):

расход G_2 , кг/с..... 5,4;

температура воды на входе t_2' , °C..... 25.

Решение

1. Для определения теплофизических свойств теплоносителей зададимся их температурами на выходе из теплообменника. Примем, что на выходе масла и воды соответственно они равны: $t_1'' = 36$ °C, $t_2'' = 26$ °C.

2. Средние температуры теплоносителей

$$t_1 = \frac{t_1'' + t_1'}{2} = \frac{36 + 45}{2} = 40,5 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad t_2 = \frac{t_2'' + t_2'}{2} = \frac{26 + 25}{2} = 25,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

3. Теплофизические свойства теплоносителей при средних температурах:

Масло: $\rho_1 = 865$ кг/м³, $C_{P1} = 1930$ Дж/(кг К), $\lambda_1 = 0,128$ Вт/(м К),

$\nu_1 = 35 \cdot 10^{-6}$ м²/с, $\mu_{CT} = 30,3 \cdot 10^{-3}$ кг/(м с), $Pr_1 = 421$.

Вода: $\rho_2 = 995$ кг/м³, $C_{P2} = 4180$ Дж/(кг К), $\lambda_2 = 0,61$ Вт/(м К),

$\nu_2 = 0,985 \cdot 10^{-6}$ м²/с, $Pr_2 = 6,5$.

4. Шаг между поперечными перегородками в межтрубном пространстве

$$t_n = \frac{L}{m} = 0,0746 \text{ м.}$$

5. Скорость воды в трубах

$$w_2 = \frac{4 \cdot G_2}{C_2 \cdot \pi \cdot d_2^2 \cdot n} = \frac{4 \cdot 5,4}{995 \cdot 3,14 \cdot 0,01^2 \cdot 64} = 1,06 \text{ м/с.}$$

6. Число Рейнольдса для воды

$$Re_2 = \frac{w_2 \cdot d_2}{\nu_2} = \frac{1,06 \cdot 0,01}{0,985 \cdot 10^{-6}} = 10800.$$

7. Число Нуссельта при турбулентном течении

$$Nu_2 = 0,023 Re_2^{0,8} Pr_2^{0,4} = 0,023 \cdot 10800^{0,8} \cdot 6,5^{0,4} = 81,7.$$

8. Коэффициент теплоотдачи со стороны воды

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_2} = \frac{81,7 \cdot 0,61}{0,01} = 4985 \text{ Вт/(м}^2 \text{ К)}.$$

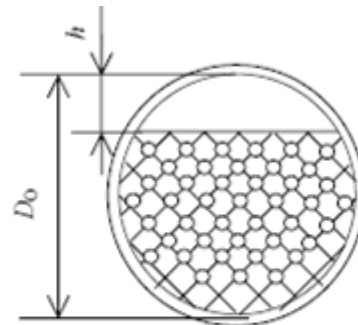
9. Число трубок в среднем сечении кожуха теплообменника

$$n_0 = \frac{D_0}{s_1} = \frac{0,16}{0,02} = 8.$$

10. Принимаем отношение высоты сегмента к диаметру обечайки $h/D_0 = 0,25$. Тогда для $t_n/D_0 = 0,0746/0,16 = 0,466$ из табл. 1 находим $\chi = 0,81$.

Таблица 1

	$\sqrt{\chi}$			
h/D_0	0,15	0,2	0,25	0,3
0,2	0,83	1,051	1,23	1,4
0,3	0,67	0,858	1,05	1,135
0,4	0,58	0,743	0,872	0,983
0,5	0,52	0,665	0,775	0,880



11. Живое сечение по межтрубному пространству равно

$$F_{\text{ж}} = \frac{(L - m \cdot \delta) \cdot (S_1 - d_1) \cdot n_0}{m} \cdot \chi =$$

$$= \frac{(0,746 - 10 \cdot 0,002) \cdot (0,02 - 0,012) \cdot 8}{10} \cdot 0,81 = 0,00408 \text{ м}^2.$$

12. Скорость масла в межтрубном пространстве

$$w_1 = \frac{G_1}{\rho_1 \cdot F_{\text{ж}}} = \frac{0,75}{865 \cdot 0,00408} = 0,218 \text{ м/с}.$$

13. Число Re_1

$$Re_1 = \frac{w_1 \cdot d_1}{\nu_1} = \frac{0,218 \cdot 0,012}{35 \cdot 10^{-6}} = 72,8.$$

14. Принимая число рядов труб Z равным числу труб в среднем сечении кожуха теплообменника n_0 , из уравнения находим поправку на число рядов труб по ходу теплоносителя в межтрубном пространстве.

$$\begin{aligned}\varphi_Z &= 0,816 + 0,0361 Z + 0,18 \cdot 10^{-3} \cdot Re - 0,143 \cdot 10^{-2} \cdot Z^2 + \\ &\quad + 0,353 \cdot 10^{-7} \cdot Re^2 + 0,932 \cdot 10^{-5} \cdot Z \cdot Re = \\ &= 0,816 + 0,0361 \cdot 8 + 0,18 \cdot 10^{-3} \cdot 100 - 0,143 \cdot 10^{-2} \cdot 8^2 + \\ &\quad + 0,353 \cdot 10^{-7} \cdot 100^2 + 0,932 \cdot 10^{-5} \cdot 8 \cdot 100 = 1,00\end{aligned}$$

15. Принимаем температуру стенки труб в теплообменнике $t_c = 31^\circ\text{C}$, число Прандтля при этой температуре $Pr_c = 919$. И число Нуссельта

$$Nu_1 = 0,6 Re_1^{0,5} Pr_1^{0,36} \left(\frac{Pr_1}{Pr_c} \right)^{0,25} \varphi_Z = 0,6 \cdot (72,8)^{0,5} \cdot 421^{0,36} \left(\frac{884}{919} \right)^{0,25} \cdot 1 = 58,3.$$

16. Коэффициент теплоотдачи со стороны горячего теплоносителя

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_1} = \frac{58,3 \cdot 0,128}{0,01} = 622 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}.$$

17. Коэффициент теплопередачи, отнесенный к внутренней поверхности трубок

$$\begin{aligned}K_2 &= \left(\frac{d_2}{d_1 \alpha_1} + \frac{d_2}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^{-1} = \\ &= \left(\frac{0,01}{0,012 \cdot 622} + \frac{0,01}{2 \cdot 58} \cdot \ln \frac{0,012}{0,01} + \frac{1}{4985} \right)^{-1} = 417 \text{ Вт / (м}^2 \text{К)}.\end{aligned}$$

18. Тепловые эквиваленты теплоносителей

$$W_1 = G_1 C_{p1} = 0,75 \cdot 1930 = 1450 \text{ Вт/К}, W_2 = G_2 C_{p2} = 5,4 \cdot 4180 = 22200 \text{ Вт/К}.$$

Так как $W_2 > W_1$, W_2 – максимальный тепловой эквивалент ($W_{\text{МАКС}}$), а W_1 – минимальный ($W_{\text{МИН}}$). Обозначим $\omega = W_{\text{МИН}} / W_{\text{МАКС}} = 0,0653$.

Тогда число единиц переноса

$$N = \frac{K_2 \cdot F_2}{W_1} = \frac{417 \cdot 1,5}{1450} = 0,666.$$

19. Эффективность теплообменника (при числе ходов больше трех в противоточно-перекрестном аппарате можно использовать зависимость $\varepsilon = f(N; \omega)$ для чистого противотока)

$$\varepsilon = \frac{1 - e^{-N \cdot (1 - \omega)}}{1 - \omega \cdot e^{-N \cdot (1 - \omega)}} = \frac{1 - e^{-0,666 \cdot (1 - 0,0653)}}{1 - 0,0653 \cdot e^{-0,666 \cdot (1 - 0,0653)}} = 0,48.$$

20. Температура горячего и холодного теплоносителей на выходе из аппарата

$$\begin{aligned}t_1'' &= t_1' - \varepsilon (t_1' - t_2') = 45 - 0,48 (45 - 25) = 35,4^\circ\text{C}; \\ t_2'' &= \varepsilon W_1 (t_1' - t_2') / W_2 + t_2' = (0,48 \cdot 1450 (45 - 25) / 22200 + 25) = 25,6^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Полученные значения температур теплоносителей на выходе из теплообменника не существенно отличаются от ранее принятых (см. п. 2), поэтому считаются окончательными.

21. Тепловая мощность аппарата без учета потерь теплоты в окружающую среду

$$Q = W_1 (t_1' - t_1'') = 0,212 (45 - 35,4) = 13900 \text{ Вт}.$$

С учетом тепловых потерь в теплообменнике (обычно до 3 %)

$$Q^* = 0,97 Q = 0,97 \cdot 13900 = 13483 \text{ Вт.}$$

С учетом тепловых потерь при транспорте нагретой воды (5 %) и в установке комбинированного производства теплоты и холода (3 %)

$$Q^{**} = 0,95 * 0,97 * Q^* = 0,95 * 0,97 * 13483 = 11912 \text{ Вт.}$$

22. Степень утилизации теплоты турбинного масла (максимально возможное количество утилизируемой теплоты при работающей турбине определяется диапазоном изменения температуры масла в ее системах смазки и регулирования).

$$Q^{**}/Q = 11912/13900 = 0,857.$$

Расчет гидравлических сопротивлений

22. Средняя температура стенки

$$t_{CT} = \frac{t_1'' + t_1'}{2} - \frac{Q}{\alpha_1 F_2} = \frac{45 + 35,4}{2} - \frac{13900}{622 * 1,5} = 25,3^\circ\text{C}$$

Данной температуре соответствует коэффициент динамической вязкости

$$\mu_{CT} = 61,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/(м с).}$$

23. Коэффициент сопротивления по межтрубному пространству находим по уравнению

$$\xi_1 = 157,8 \text{ Re}_1^{-0,99} (\mu_1/\mu_{CT})^{-0,14} = 157,8 * 72,8^{-0,99} (30,3 \cdot 10^{-3}/61,2 \cdot 10^{-3})^{-0,14} = 2,51.$$

24. Гидравлическое сопротивление по межтрубному пространству с m числом перегородок и, следовательно, с $(m + 1)$ числом ходов по межтрубному пространству $\Delta P_1 = (m + 1) n_0 \xi_1 \rho_1 w_1^2/2 = (10 + 1) \cdot 8 * 2,51 \cdot 865 \cdot 0,218^2/2 = 391 \text{ Па.}$

25. Коэффициент сопротивления по водяному тракту при турбулентном режиме течения внутри гидравлически гладкой трубы

$$\xi_2 = 0,316/\text{Re}_2^{-0,25} = 0,316/10800^{-0,25} = 0,031.$$

26. Гидравлическое сопротивление по водяному тракту

$$\Delta P_2 = \xi_2 \frac{\rho_2 \cdot w_2^2}{2} \cdot \frac{L}{d_2} = 0,031 \cdot \frac{995 \cdot 1,06^2}{2} \cdot \frac{0,746}{0,01} = 1292 \text{ Па}$$

2.2 Задачи для самостоятельного решения

Задача 2.2. Определить расход греющего пара и количество труб в греющей камере аппарата для выпаривания 36 т/ч раствора, поступившего на регенерацию из травильного отделения цеха. Начальная концентрация раствора 5 %, конечная 15 %. Камера кожухотрубчатого типа. Диаметр греющих труб 38x2 мм. Длина труб 4 м. Температура

раствора перед камерой 100 °С, его температура кипения 105 °С. Температура насыщения вторичного пара 100 °С. Параметры греющего пара 0,6 МПа и 165 °С. Плотность раствора 1,2 т/м³, теплоемкость 4 кДж/(кг К), коэффициенты теплоотдачи пара и раствора принять равными 5000 и 800 Вт/(м² К). Толщина слоя накипи 1 мм, ее теплопроводность 1 Вт/(м К). Материал труб – сталь с теплопроводностью 40 Вт/(м К). Оценить возможную экономию греющего пара при выпаривании того же раствора в прямоточной трехкорпусной выпарной установке.

Задача 2.3. Рассчитать теплообменник для нагрева воздуха водой из водогрейного котла-утилизатора, установленного за циклонной печью. Начальные и конечные температуры воздуха – 10 °С и + 15 °С, воды 130 °С и 70 °С. Поверхность теплообмена выполнена в виде шахматного пучка

оребранных снаружи труб. Диаметр труб $d_n/d_v = 20/18$ мм, поперечно-спиральных ребер $D = 40$ мм. Толщина ребра 0,3 мм. Материал труб и ребер – сталь. Теплопроводность стали $\lambda_{ст} = 40$ Вт/(м К). Шаги труб в пучке $S_1 = S_2 = 1,5 D$. Живое сечение каналов для прохода воздуха в межтрубном пространстве принять равным 2 м². Скорость воды в трубах 1 м/с.

Задача 2.4. Расход воды по трубам, из которых выполнена поверхность теплообмена размером 60 м², 45 т/ч, скорость воды 1 м/с. Предложите компоновку трубного пучка конденсатора флегмы, т.е. смеси паров на выходе из ректификационной колонны. Диаметр труб 22/18 мм, длину труб выбрать в пределах 3...6 м. Плотность греющего

пара 2 кг/м³, скорость не более 10 м/с. Доля образующегося конденсата от начального расхода паров – 0,8. Вода после конденсатора используется в моечных машинах. Определить количество утилизируемой теплоты в конденсаторе, если температура воды на входе в моечные машины 65 °С, на выходе из них 45 °С, потери теплоты в трубопроводах между конденсатором флегмы и моечной машиной 5 % полезно использованной теплоты.

Задача 2.5. Рассчитать размеры греющей поверхности и расход насыщенного водяного пара, образующегося при вскипании конденсата и используемого для нагрева 7,2 т воды в аппарате периодического действия с рубашкой. Начальная температура воды 20 °С, конечная 80 °С. Давление пара 0,2 МПа. Соотношение внутреннего диаметра корпуса аппарата и его рабочей высоты 1:2. Коэффициент теплоотдачи пара принять равным 5000 Вт/(м² К), воды – 800 Вт/(м² К). Выбрать формулы для расчета коэффициентов теплоотдачи при заданных условиях и проверить ранее принятые их значения. Рассчитать

водоподогреватель, если паровую рубашку заменить на погружной змеевик.

Задача 2.6. Рассчитать площадь поверхности теплообмена вертикального кожухотрубчатого водоподогревателя. 72 т/ч воды проходит по трубам диаметром 18/22 мм. Она нагревается от 70 °С до 110 °С. Греющий теплоноситель – вторичный пар из первого корпуса выпарной установки подается в межтрубное пространство. Параметры пара на входе в теплообменник 0,4 МПа и 140 °С. Коэффициент теплоотдачи пара принять равным 5000 Вт/(м² К), коэффициент теплоотдачи воды – 4000 Вт/(м² К). Теплопроводность материала труб – 50 Вт/(м К).

Задача 2.7. Определить количество использованной теплоты ВЭР при использовании выработанной теплоты в виде пара в котле - утилизаторе за счет теплоты уходящих газов трех промышленных печей, если температура газов на выходе из печей $\theta = 700$ °С, температура газов на выходе из котла - утилизатора $\theta^1 = 200$ °С, коэффициент избытка воздуха за котлом утилизатором $\alpha_y = 1,3$, расчетный расход топлива трех печей $B_p = 0,05$ м³/с; коэффициент, учитывающий несоответствие расчета и числа часов работы котла - утилизатора и печей, $\beta = 1,0$, коэффициент потерь теплоты котла - утилизатора в окружающую среду $\xi = 0,1$ и коэффициент утилизации ВЭР $\delta = 0,75$. Печи работают на природном газе Ставропольского месторождения состава: CO₂=0,2%; CH₄=98,2%; C₂H₆=0,4%; C₃H₈=0,1%; C₄H₁₀=0,1%; N₂=1%.

Задача 2.8. Определить экономию условного топлива при использовании теплоты вторичных энергоресурсов в котле - утилизаторе за счет теплоты уходящих газов двух промышленных печей, если температура газов на выходе из печей $\theta = 700$ °С, температура на выходе из котла - утилизатора $\theta^1 = 200$ °С, коэффициент избытка воздуха за котлом - утилизатором $\alpha_y = 1,35$, расчетный расход топлива двух печей $B_p = 0,036$ м³/с, коэффициент, учитывающий несоответствие режима и числа часов работы котла - утилизатора и печей, $\beta = 1,0$, коэффициент потерь теплоты котла - утилизатора в окружающую среду $\xi = 0,12$, КПД замещаемой котельной $\eta_{кы} = 0,86$ и коэффициент утилизации ВЭР $\delta = 0,76$. Печь работает на природном газе Шебелинского месторождения состава: CH₄=94,1%; C₂H₆=3,1%; C₃H₈=0,6%; C₄H₁₀=0,2%; C₅H₁₂=0,8%; N₂=1,2%.

3 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

3.1 Задача с указанием последовательности решения.

Задача 3.1. Определить поверхность теплообмена фреонового конденсатора теплонасосной установки, используемой для нагрева приточного воздуха в системе кондиционирования воздухом, удаляемым из помещений. Поверхность нагрева конденсатора набрана из труб, внутри которых конденсируются пары фреона 22 (далее хладон), трубы имеют наружное оребрение и омываются воздухом, поступающим с улицы. Схема движения теплоносителей – перекрестный ток. Расположение труб в пучке – коридорное. Температура паров хладона на входе $T_1^1 = 343$ К. Температура хладона на выходе $T_1^{11} = 324$ К. Температура насыщения хладона $T_s = 327$ К, теплота испарения $r_1 = 148,7$ кДж/кг. Наружный диаметр труб $d_n = 12$ мм, внутренний $d_v = 10$ мм. Поперечный и продольный шаги труб $S_1 = S_2 = 23$ мм. Диаметр поперечно-спиральных ребер $D = 22$ мм, средняя толщина ребра $\delta_p = 0,5$ мм, шаг оребрения $S_p = 0,5$ мм. Температура окружающего воздуха $T_2^{11} = 3080$ К. Расход хладона $G_1 = 0,06$ кг/с. Теплопроводность материала поверхности теплообмена и ребер $\lambda = 116$ Вт/(м К).

Последовательность решения

1. Всю область изменения параметров хладона в конденсаторе разбивают на три зоны:

- зону охлаждения перегретых паров хладона до состояния насыщения;
- зону конденсации насыщенных паров хладона;
- зону переохлаждения конденсата.

Зоной переохлаждения конденсата, как правило, пренебрегают.

2. Схема движения хладона и воздуха в конденсаторе перекрестная. В межтрубном пространстве происходит интенсивное перемешивание воздуха. Поэтому его температуру на выходе из конденсатора можно считать во всех точках сечения канала практически одинаковой.

3. Задаются температурой воздуха на выходе из конденсатора T_2^{11} и выполняют расчет первой зоны.

Расчет первой зоны

3.1. Рассчитывают средние (среднеарифметические) температуры теплоносителей в зоне.

3.2. Используя таблицы или интерполяционные формулы, определяют теплофизические паров хладона и воздуха при их средних температурах.

3.3. Задаются скоростью парообразного хладона в трубах (порядка 3 м/с) и рассчитывают число Рейнольдса.

3.4. Убедившись в том, что режим течения паров хладона турбулентный, выбирают соответствующую формулу и рассчитывают коэффициент теплоотдачи хладона.

3.5. Задаются скоростью (около 6 м/с) и рассчитывают число Рейнольдса для воздуха.

3.6. Выбирают соответствующую формулу и находят коэффициент теплоотдачи от стенки трубы к воздуху.

3.7. Рассчитывают эффективность (КПД) ребра и оребренной поверхности, коэффициент теплопередачи отнесенный к гладкой (внутренней) поверхности трубы.

3.8. Средний температурный напор между теплоносителями для первой зоны.

3.9. Тепловую нагрузку первой зоны.

3.10. Поверхность теплообмена с внутренней стороны труб.

4. Переходят к расчету второй зоны

Расчет второй зоны

4.1. Принимают во внимание, что во второй зоне коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха и эффективность (КПД) оребренной поверхности такие же, как в первой зоне.

4.2. По уравнению теплового баланса для второй зоны рассчитывают ее тепловую нагрузку.

4.3. Определяют средний температурный напор.

4.4. Коэффициент теплоотдачи от конденсирующегося хладагента к стенке.

Поскольку величина плотности теплового потока q или температура стенки трубы неизвестны, решение осуществляют методом последовательных приближений. Для этого можно задаться, например, коэффициентом теплоотдачи при конденсации $\alpha_1 = 2500 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$, рассчитать коэффициент теплопередачи, отнесенный к внутренней поверхности трубы. Зная средний температурный напор, рассчитать плотность теплового потока через стенку трубы и по зависимости коэффициента теплоотдачи хладагента от плотности теплового потока – уточненное значение коэффициента теплоотдачи. Последнее сравнивают с ранее принятым. В случае их существенного расхождения расчет повторяют до тех пор, пока это расхождение не станет пренебрежимо малым. Можно задаваться не плотностью теплового потока, а температурой стенки. Но тогда используют зависимость коэффициента теплоотдачи при конденсации паров хладагента от разности температур хладагента и стенки.

4.5. Рассчитывают коэффициент теплопередачи.

4.6. По уравнению теплопередачи рассчитывают площадь поверхности теплообмена.

4.7. По уравнению неразрывности и геометрическим соотношениям линейных размеров, проходных сечений и площади поверхности теплообмена определяют рабочую длину, количество труб в продольном и поперечном рядах пучка.

4.8. Рассчитывают живые сечения каналов для прохода паров хладагента и воздуха в конденсаторе и по уравнениям неразрывности вычисляют значения их скоростей. При существенном (более 5 %) отличии полученных значений скоростей от ранее принятых, расчет повторяют.

Ответ: Площадь поверхности теплообмена $S = S_1 + S_2 = 4,0 \text{ м}^2$.

Рабочая длина труб $L = 0,5 \text{ м}$.

Количество труб в пучке $n = 44$.

Количество труб в поперечном ряду пучка $z_1 = 22$.

Количество рядов труб по ходу воздуха $z_2 = 2$.

Количество труб, включенных параллельно,

в одном ходе хладагента $n_1 = 3$.

3.2 Задачи для самостоятельного решения

Задача 3.1. Рассчитать площади поверхностей теплообмена калориферов, используемых для нагрева 10 кг/с наружного воздуха от -26°C до $+10^\circ\text{C}$ воздухом, удаляемым из помещения, в системе утилизации теплоты последнего с жидкостно-воздушными теплообменниками утилизаторами (калориферами) и циркулирующим между ними промежуточным теплоносителем. В качестве промежуточного теплоносителя используется вода. Ее минимальная температура в системе $+5^\circ\text{C}$, конечная $+8^\circ\text{C}$. Температур вытяжного воздуха $+25^\circ\text{C}$, относительная влажность 50 %.

Подобрать стандартные калориферы.

Задача 3.2. При расчете воздухоподогревателя в системе утилизации теплоты вентиляционных выбросов получены следующие данные: площадь поверхности теплообмена 450 м^2 , проходные сечения по воздуху 2 м^2 и по воде $0,006 \text{ м}^2$. Каким образом необходимо компоновать воздухоподогреватель из калориферов с поверхностью теплообмена $122,4 \text{ м}^2$, проходными сечениями $1,045 \text{ м}^2$ и $0,003 \text{ м}^2$?

Задача 3.3. Рассчитать экономию тепловой энергии в течение отопительного сезона административного здания при понижении с помощью системы автоматического регулирования теплопотребления здания, его внутренней температуры с 18°C до 12°C в ночное время и выходные дни. Расчётная тепловая нагрузка здания $Q_0 = 0,7 \text{ МВт}$. Расчётная температура наружного воздуха -27°C . Средняя температура наружного воздуха за отопительный период $-2,3^\circ\text{C}$. Продолжительность отопительного периода 221 день. Длительность снижения теплопотребления в ночное время – 8 часов.

а) основная литература:

1. Григорьева, О.К. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: учебное пособие / О.К. Григорьева, А.А. Францева, Ю.В. Овчинников. Новосибирск: НГТУ, 2015. 258 с. [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436027>. (Университетская библиотека ONLINE)
2. Герасимова, А.Г. Контроль и диагностика тепломеханического оборудования ТЭС и АЭС : учебное пособие / А.Г. Герасимова. Минск: Вышэйшая школа, 2011. 272 с. [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=119839>. (Университетская библиотека ONLINE)
3. Крежевский, Ю.С. Общая энергетика: учебно-практическое пособие / Ю.С. Крежевский ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Ульяновский государственный технический университет", Институт дистанционного и дополнительного образования. Ульяновск: УлГТУ, 2014. 110 с. [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=363480>. (Университетская библиотека ONLINE)
4. Общая энергетика : учебник : в 2 кн. / В.П. Горелов, С.В. Горелов, В.С. Горелов и др. ; под ред. В.П. Горелова, Е.В. Ивановой. - М. ; Берлин : Директ-Медиа, 2016. - Кн. 1. Альтернативные источники энергии. - 434 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-5763-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=447693>.
5. 6. Ушаков, В.Я. Современные проблемы электроэнергетики: учебное пособие / В.Я. Ушаков; Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», Министерство образования и науки Российской Федерации. Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2014. 447 с. [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=442813>. (Университетская библиотека ONLINE)
6. Салихов, А.А. Неоцененная и непризнанная «малая» энергетика / А.А. Салихов. - М. : Новости теплоснабжения, 2009. - 176 с. - ISBN 978-5-94296-020-9 ; [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=56216>.
7. Маряхина, В.С. Теплогенерирующие установки : учебное пособие / В.С. Маряхина, Р. Мансуров ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет». - Оренбург : ОГУ, 2014. - 104 с. [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259259>.

б) дополнительная литература:

1. Теплоэнергетика и теплотехника: справочник : В 4-х кн./ под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. Кн. 1: Теплоэнергетика и теплотехника. Общие вопросы / под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. 4-е изд., стер. М.: МЭИ, 2007. 528с. (2 экз.)
2. Теплоэнергетика и теплотехника: справочник : В 4-х кн./ под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. Кн. 2: Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент / под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. 4-е изд., стер. М.: МЭИ, 2007. 564с. (2 экз.)
3. Теплоэнергетика и теплотехника: справочник : В 4-х кн./ под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. Кн. 3: Тепловые и атомные электростанции / под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. 4-е изд., стер. М.: МЭИ, 2007. 648с. (2 экз.)
4. Теплоэнергетика и теплотехника: справочник : В 4-х кн./ под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. Кн. 4: Промышленная теплоэнергетика и теплотехника / под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. 4-е изд., стер. М.: МЭИ, 2007. 632с. (2 экз.)
5. Щинников, П.А. Перспективные ТЭС: особенности и результаты исследования: монография / П.А. Щинников. Новосибирск: НГТУ, 2007. 284 с. [Электронный ресурс]. -

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436259>. (Университетская библиотека ONLINE)

7. Афонин, В.В. Электрические станции и подстанции : учебное пособие : в 3 ч. / В.В. Афонин, К.А. Набатов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. Ч. 1. 91 с. (ч. 1) [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444619>. (Университетская библиотека ONLINE)

8. Алхасов, А.Б. Возобновляемая энергетика / А.Б. Алхасов ; под ред. В.Е. Фортова. - М. : Физматлит, 2010. - 256 с. - ISBN 978-5-9221-1244-4 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82940>.

в) периодическая литература:

1. «Энергетик» - ежемесячный производственно-массовый журнал. Периодичность издания – 12 номеров/год. Москва. ISSN 0013-7278. Интернет адрес: <http://www.energetik.energy-journals.ru>.

2. «Промышленная энергетика». Периодичность – 12 номеров/год. Москва. ISSN 0033-1155. Интернет адрес: <http://www.promen.energy-journals.ru>.

3. «Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики». Периодичность – 6 номеров/год. Казань. ISSN 1998-9903. Интернет адрес: <http://www.kgeu.ru/nauka/zhurnaly/ivuz-problemy-energetiki>.

4. «Электрические станции». Периодичность – 12 номеров/год. Москва. ISSN 0201-4564. Интернет адрес: <http://elst.energy-journals.ru>.

5. «Химическое и нефтегазовое машиностроение» - ежемесячный международный научно-технический и производственный журнал. Периодичность – 12 номеров/год. Москва. ISSN 0023-1126. Интернет адрес: <http://www.himnef.ru>.

6. «Энергосбережение и водоподготовка» - научно-технический журнал. Периодичность – 6 номеров/год. Москва. ISSN 1992-4658. Интернет адрес: <http://www.energija.ru>.

7. «Газотурбинные технологии» - специализированные информационно-аналитический журнал. г. Рыбинск. Периодичность – 10 номеров/год. Интернет адрес: <http://www.gtt.ru>.

8. «Теплоэнергетика». Москва. Периодичность – 12 номеров/год. ISSN 0040-3636.

9. «Академия энергетики». Периодичность – 6 номеров/год. Москва. ISSN 1813-7881. Интернет адрес: <http://www.energoacademy.ru>

10. «Новости теплоснабжения» - научно-технический журнал. Периодичность – 12 номеров/год. Москва. ISSN 1609-4638. Интернет адрес: <http://www.ntsni.ru>.

г) Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Специализированные и образовательные сайты

№	Наименование электронного ресурса	Адрес сайта	Наименование организации-владельца
1	ЭБС «Университетская библиотека on-line»	http://www.biblioclub.ru	ЭБС «Университетская библиотека on-line» http://biblioclub.ru
2	Национальный цифровой ресурс «Руконт» (коллекция изданий Астраханского государственного технического университета)	http://www.rucont.ru	ОАО "Центральный коллектор библиотек "БИБКОМ" (г. Москва)
3	ЭБСelibrary (периодические издания)	http://elibrary.ru (елайбери.ру)	ООО "РУНЭБ" (г. Москва)

д) Перечень информационных технологий, включая перечень лицензионного программного обеспечения и информационных справочных систем

Перечень информационных технологий, используемых в учебном процессе

Наименование программного обеспечения	Назначение
Образовательный портал Moodle	Образовательный портал АГТУ построен на обучающей виртуальной среде Moodle и доступен по адресу www.portal.astu.org из любой точки, имеющей подключение к сети Интернет, в том числе из локальной сети АГТУ. Образовательный портал АГТУ подходит как для организации online- классов, так и для традиционного обучения. Портал разделен на «открытую» (общедоступную) и «закрытую» части. Доступ к закрытой части осуществляется после предъявления персональной пары «логин-пароль» преподавателем или студентом.
Электронно-библиотечная система ФГБОУ ВО «АГТУ»	Обеспечивает доступ к электронно-библиотечным системам издательств, доступ к электронному каталогу книг, трудам преподавателей, учебно-методическим разработкам АГТУ, периодическим изданиям. Позволяет принимать участие в виртуальных выставках.
Базы данных	Полнотекстовая база данных ScienceDirect; Реферативная и наукометрическая база данных Scopus; Национальный цифровой ресурс «Руконт».

Перечень лицензионного учебного программного обеспечения

<i>Наименование программного обеспечения</i>	<i>Назначение</i>
AdobeReader (Открытое лицензионное соглашение GNU General Public License)	Программа для просмотра электронных документов
FoxitReader (Открытое лицензионное соглашение GNU General Public License)	Программа для просмотра электронных документов
GoogleChrome (Открытое лицензионное соглашение GNU General Public License)	Браузер
KasperskyAntivirus	Средство антивирусной защиты
OpenOffice (Apache Software Foundation)	Программное обеспечение для работы с электронными документами
Opera (Открытое лицензионное соглашение GNU General Public License)	Браузер
7-Zip (Открытое лицензионное соглашение GNU General Public License)	Свободный файловый архиватор с высокой степенью сжатия данных

*Доступ к современным профессиональным базам данных
(в том числе международным реферативным базам данных научных изданий)
и информационным справочным системам*

Наименование электронного ресурса	Адрес сайта	Наименование организации-владельца
1	2	3
Web-ресурс «Научная библиотека АГТУ»	http://library.astu.org/	ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет».
ЭБС издательства Лань («Инженерные науки»)	http://lanbook.com	ООО Издательство "Лань"
ЭБС «Университетская библиотека on-line»	http://www.biblioclub.ru	Общество с ограниченной ответственностью «НексМедиа» (г. Москва)
Национальная электронная библиотека	http://нэб.рф/	ФГБУ «Российская государственная библиотека» (г. Москва)
ЭБС elibrary (периодические издания)	http://elibrary.ru (елайбрери.ру)	ООО "РУНЭБ" (г. Москва)
Полнотекстовая база национальных стандартов РФ в электронном виде в формате ИПС «Технорма»	Читальные залы (главный и 2-ой уч. корпуса) научной библиотеки университета	ООО «Глосис-Сервис» (г. Санкт-Петербург)
Информационно-правовой портал «ГАРАНТ»	Локальная сеть АГТУ	ООО НПП «Гарант-Сервис»

Сведения об обновлении программного обеспечения представлены в локальной сети АГТУ по адресу \\172.20.20.20\Soft\Список Лицензий.pdf и на сайте АГТУ: <http://www.astu.org/Content/Page/5820>