

Блок № 1

Контрольные вопросы и задачи для студентов 3 курса Механического факультета специальности 280102 «Безопасность технологических процессов и производств на воздушном транспорте» по дисциплине «Теплотехника» в весеннем семестре 2007/2008 учебного года.

1. Изобразите и поясните схему и принцип действия газотурбинного двигателя.
Задача. Изобразите и поясните график зависимости теплоёмкости рабочего тела ГТД от процесса (показателя политропы).
2. Изобразите и поясните изменение параметров потока по тракту ГТД.
Задача. На весах стоят две одинаковые банки. В одной из них сухой воздух, в другой влажный. Какая банка тяжелее?
3. Укажите и поясните термодинамические процессы в основных элементах ГТД.
Задача. Определить газовую постоянную для водорода, углекислого газа и метана.
4. Изобразите и поясните схему и принцип действия осевой ступени компрессора.
Задача. Поясните, почему воздух в компрессоре перемещается из области пониженного давления в область повышенного давления.
5. Основные параметры компрессоров авиационных ГТД.
Задача. Определить температуру материала рабочих лопаток осевой ступени компрессора на их периферии ($T_{л\text{ }pk} \approx T_{1w}^*$), если известна окружная скорость на концах лопаток $u_k=320$ м/с, осевой вход потока ($\alpha_1=90^\circ$) и температура торможения на входе в ступень равна $T_1^*=288$ К.
6. Изобразите и поясните изменение параметров потока по тракту ступени осевого компрессора.
Задача. Определить температуру материала рабочих лопаток осевой ступени компрессора на их внутреннем диаметре ($T_{л\text{ }pk} \approx T_{1w}^*$), если известна окружная скорость на концах лопаток $u_k=320$ м/с, относительный диаметр втулки равен $\bar{d}_1 = 0.6$, осевой вход потока ($\alpha_1=90^\circ$) и температура торможения на входе в ступень равна $T_1^*=288$ К.
7. Изобразите и поясните планы (треугольники) скоростей ступени осевого компрессора.
Задача. Изобразите и поясните градиент температуры и направление теплового потока в рабочей лопатки осевой ступени компрессора.
8. Течение воздуха в межлопаточных каналах рабочего колеса и направляющего аппарата ступени осевого компрессора.
Задача. Поясните сущность газодинамического способа определения скорости газового потока в каналах.
9. Изменение параметров потока по высоте лопаток ступени осевого компрессора.
Задача. Определить режим течения газового потока, если по результатам измерений известны: $p=720$ мм рт.ст., $p^*=760$ мм рт.ст.
10. Виды теплообмена в осевой ступени компрессора.
Задача. Изобразите и поясните градиент температуры и направление теплового потока по высоте рабочих и направляющих лопаток осевой ступени компрессора.
11. Изобразите и поясните схему и принцип действия камеры сгорания авиационного ГТД.
Задача. Изобразите и поясните примерный график изменения скорости в потоке газа по тракту камеры сгорания.

12. Поясните рабочий процесс в зоне торможения воздушного потока и разделения его на первичный и вторичный части.

Задача. Определить приведенную скорость на выходе из компрессора ГТД, если по результатам измерений известны: $p_k=9.5$ бар, $p_k^*=9.8$ бар.

13. Поясните рабочий процесс в зоне подготовки топливоздушнoй смеси жаровой трубы камеры сгорания ГТД.

Задача. Определить качество топливоздушнoй смеси, если известны: расход воздуха $G_B=1$ кг/с, $G_T=0.1$ кг/с.

14. Поясните рабочий процесс в зоне горения смеси в жаровой трубе камеры сгорания ГТД.

Задача. Поясните виды теплообмена, протекающие в зоне горения топливоздушнoй смеси в жаровой трубе камеры сгорания ГТД.

15. Изобразите и поясните изменение основных параметров потока по тракту камеры сгорания ГТД.

Задача. Поясните, какие виды теплообмена и массообмена имеют место в камере сгорания ГТД.

16. Выбросы загрязняющих веществ при работе камеры сгорания ГТД.

Задача. Определить количество теплоты, подводимое к воздуху в камере сгорания ГТД, если известны: расход воздуха $G_B=10$ кг/с, температура воздуха за компрессором равна $T_k^*=600$ К, температура газа перед турбиной $T_T^*=1400$ К.

Принять условную теплоёмкость процесса подвода тепла равной $c_{II} = 1.24 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$.

17. Изобразите и поясните схему и принцип действия осевой ступени турбины ГТД.

Задача. Изобразите и поясните градиент температуры и направление теплового потока в рабочей лопатке осевой ступени турбины.

18. Поясните изменение параметров потока по тракту ступени турбины.

Задача. Определить температуру материала рабочих лопаток осевой ступени турбины на среднем диаметре ($T_{л\text{рк}} \approx T_{1w}^*$), если известна окружная скорость $u_{\text{ср}}=320$ м/с, кинематический параметр $\frac{u}{c_1} = 0.65$, угол направления скорости на

выходе из соплового аппарата $\alpha_1=20^\circ$ и температура торможения на входе в ступень равна $T_0^*=1400$ К.

19. Изобразите и поясните схему и принцип действия входного устройства авиационного ГТД.

20. Изобразите и поясните схему и принцип действия выходного устройства авиационного ГТД.

21. Изобразите и поясните схему и принцип действия турбореактивного двигателя.

Задача. Изобразите и поясните графики изменений давления, температуры, плотности и скорости по тракту ТРД (по данным лабораторной работы).

22. Контроль за работой ТРД.

23. Изобразите и поясните схему и принцип действия двухконтурного турбореактивного двигателя.

Задача. Изобразите и поясните график зависимости экономичности ТРДД от степени двухконтурности.

24. Контроль за работой ТРДД.

28. Изобразите и поясните схему и принцип действия турбовинтового двигателя.

29. Контроль за работой ТВД.

30. Тяга и экономичность ТРД.

**Задача. Определить тягу ТРД на стенде ($H=0$, $M_n=0$) при стандартных атмосферных условиях, если по результатам измерений в выходном сечении реактивного сопла известны:
 $P_c^*=2.5$ бар, $F_c=1$ м² и $p_c=p_n$.**

Контрольные вопросы и задачи для студентов 2 курса Механического факультета специальности 280102 «Безопасность технологических процессов и производств на воздушном транспорте» по дисциплине «Теплотехника» в весеннем семестре 2007/2008 учебного года.

1. Основные виды теплообмена и массообмена.

Задача. Приведите конкретные примеры теплопроводности и конвективного теплообмена в элементах турбореактивного двигателя.

2. Общие положения теории теплопроводности (температурное поле, изотермическая поверхность поля, градиент температуры, плотность теплового потока).

3. Основной закон теплопроводности.

Задача. Определить потерю теплоты через кирпичную стенку длиной 5 м, высотой 3 м и толщиной 250 мм, если на поверхностях стенки поддерживаются температуры $t_{ст1}=20^{\circ}\text{C}$ и $t_{ст2}= - 30^{\circ}\text{C}$. Коэффициент теплопроводности кирпича $\lambda=0.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$.

4. Теплопроводность веществ.

Задача. Определить значение коэффициента теплопроводности материала стенки, если при толщине $\delta=30$ мм и температурном напоре $\Delta T=30^{\circ}\text{C}$ плотность теплового потока равна $q=100 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$.

5. Дифференциальное уравнение теплопроводности.

Задача. Во сколько раз уменьшаются теплотери через стенку здания, если между двумя слоями кирпичей толщиной по 250 мм установить прокладку пенопласта толщиной 50 мм. Принять $\lambda_{кирп}=0.5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{пенопл}=0.05 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$.

6. Дифференциальное уравнение теплопроводности в различных формах.

Задача. Во сколько раз уменьшаются теплотери через стенку здания, если между двумя слоями кирпичей толщиной по 250 мм сделать воздушный зазор толщиной 50 мм. Принять $\lambda_{кирп}=0.5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, $\lambda_{возд}=0.03 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$.

7. Условия однозначности.

Задача. Определить плотность теплового потока, проходящего через стенку котла, если её $\delta_1=20$ мм, коэффициент теплопроводности материала $\lambda_1=50 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ и с внутренней стороны стенка покрыта слоем котельной накипи толщиной $\delta_2=2$ мм с коэффициентом теплопроводности $\lambda_2=1 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Температура наружной поверхности $t_1=250^{\circ}\text{C}$, а внутренней - $t_3=200^{\circ}\text{C}$.

8. Теплопроводность в плоской стенке.

Задача. Определить плотность теплового потока, проходящего через стенку котла, а также температуру внутренней поверхности железного листа (под накипью), если толщина стенки котла $\delta_1=20$ мм, коэффициент теплопроводности материала $\lambda_1=50 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ и с внутренней стороны стенка покрыта слоем котельной накипи толщиной $\delta_2=2$ мм с коэффициентом теплопроводности $\lambda_2=1 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Температура наружной поверхности $t_1=250^{\circ}\text{C}$, а внутренней - $t_3=200^{\circ}\text{C}$.

9. Теплопроводность в многослойной стенке.

Задача. Определить плотность теплового потока, проходящего через стенку котла, если её $\delta_1=20$ мм, коэффициент теплопроводности материала $\lambda_1=50 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ и с внутренней стороны стенка покрыта слоем котельной накипи толщиной $\delta_2=2$ мм с коэффициентом теплопроводности $\lambda_2=1 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$. Температура наружной поверхности $t_1=250^\circ\text{C}$, а внутренней - $t_3=200^\circ\text{C}$.

10. Контактное термическое сопротивление.

Задача. Определить контактное термическое сопротивление между двумя пластинами с шероховатостью 5 класса $\delta_{\text{max}}=0.03$ мм и в воздухе комнатной температуры 20°C , при которой коэффициент теплопроводности равен $\lambda_{\text{возд}}=0.0259$ Вт/(м.К).

11. Теплопроводность цилиндрической стенки.

Задача. Алюминиевый провод диаметром 3 мм покрыт резиновой изоляцией толщиной 1.2 мм. Определить допустимую силу тока для этого провода при условии, что температура на внешней стороне изоляции $t_{\text{ст2}}=45^\circ\text{C}$, а максимальная температура на внутренней стороне изоляции не должна превышать 65°C . Коэффициент теплопроводности резины $\lambda_2=0.175$ Вт/(м.К); удельное электрическое сопротивление алюминиевого провода $\rho=2.5 \times 10^{-8}$ Ом.м.

12. Теплопроводность шаровой стенки.

Задача. Определить тепловой поток через стенку вращающегося шарообразного котла, внутренний диаметр которого $d_1=1.2$ м, а общая толщина стенки котла и слоя изоляции $\delta=100$ мм. Температура внутренней поверхности $t_1=140^\circ\text{C}$, внешней – $t_2=40^\circ\text{C}$, эквивалентный коэффициент теплопроводности $\lambda=0.1$ Вт/(м.К).

13. Критический диаметр тепловой изоляции трубопровода.

Задача. Для уменьшения тепловых потерь в окружающую среду необходимо изолировать паропровод диаметром 50/44 мм. Целесообразно ли применять в качестве изоляции асбест, имеющий коэффициент теплопроводности $\lambda=0.14$ Вт/(м.К), если коэффициент теплоотдачи с

14. Теплопроводность стержня конечной длины.

Задача. Электропровод диаметром 2 мм необходимо изолировать каучуковой изоляцией, чтобы отдача теплоты от провода бала максимальной при условии, если коэффициент теплопроводности каучука равен $\lambda=0.163$ Вт/(м.К), коэффициент теплоотдачи поверхности изоляции воздуху равен $\alpha=16.3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$.

15. Теплопроводность круглых плоских ребер.

Задача. Определить, какое из ребер чугунное или стальное, алюминиевое или медное имеет больший коэффициент эффективности, если они имеют одинаковые условия теплообмена со средой и одинаковую форму и размеры. Например, даны ребра прямые, прямоугольного сечения, толщиной 3 мм и длиной 50 мм. Коэффициент теплопроводности чугуна $\lambda=62.8$, стали $\lambda=46.5$, алюминия $\lambda=203.5$ и меди $\lambda=384$ Вт/(м.К). Коэффициент теплоотдачи ребра среде $\alpha=69.8$ Вт/(м².К).

16. Основные понятия и определения конвективного теплообмена.

Задача. Изобразите и поясните передачу теплоты через гидродинамический и тепловой пограничный слой около твердой поверхности.

17. Напишите и поясните уравнение теплопроводности Фурье-Кирхгофа.

Задача. Плоская пластина длиной $l=2.5$ м омывается потоком воздуха со скоростью $c=2$ м/с при температуре $t_{\text{ж}}=20^\circ\text{C}$. Определить характер пограничного слоя и его толщину δ на расстоянии от передней кромки пластины $\bar{x} = 0.5$, а также коэффициент теплоотдачи в этом сечении, если известны следующие

теплофизические свойства теплоносителя: $\nu=15.06 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$,
 $\lambda=2.593 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, $Pr=0.703$.

18. Напишите и поясните уравнение движения Навье-Стокса в проекции на ось x .

Задача. Плоская пластина длиной $l=2.5$ м омывается потоком воздуха со скоростью $c=2$ м/с при температуре $t_{\text{ж}}=20^\circ\text{C}$. Определить характер пограничного слоя и его толщину δ на расстоянии от передней кромки пластины $\bar{x} = 0.2$, а также коэффициент теплоотдачи в этом сечении, если известны следующие

теплофизические свойства теплоносителя: $\nu=15.06 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$,
 $\lambda=2.593 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, $Pr=0.703$.

19. Напишите и поясните уравнение движения Навье-Стокса в проекции на ось y .

Задача. Плоская пластина длиной $l=2.5$ м омывается потоком воздуха со скоростью $c=2$ м/с при температуре $t_{\text{ж}}=20^\circ\text{C}$. Определить характер пограничного слоя и его толщину δ на расстоянии от передней кромки пластины $\bar{x} = 0.75$, а также коэффициент теплоотдачи в этом сечении, если известны следующие

теплофизические свойства теплоносителя: $\nu=15.06 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$,
 $\lambda=2.593 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, $Pr=0.703$.

20. Напишите и поясните уравнение движения Навье-Стокса в проекции на ось z .

Задача. Плоская пластина длиной $l=2.5$ м омывается потоком воздуха со скоростью $c=2$ м/с при температуре $t_{\text{ж}}=20^\circ\text{C}$. Определить характер пограничного слоя и его толщину δ на расстоянии от передней кромки пластины $\bar{x} = 1.0$, а также коэффициент теплоотдачи в этом сечении, если известны следующие

теплофизические свойства теплоносителя: $\nu=15.06 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$,
 $\lambda=2.593 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, $Pr=0.703$.

21. Напишите и поясните уравнение сплошности.

Задача. Плоская пластина длиной $l=2.5$ м омывается потоком воздуха со скоростью $c=3$ м/с при температуре $t_{\text{ж}}=20^\circ\text{C}$. Определить характер пограничного слоя и его толщину δ на расстоянии от передней кромки пластины $\bar{x} = 1.0$, а также коэффициент теплоотдачи в этом сечении, если известны следующие

теплофизические свойства теплоносителя: $\nu=15.06 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$,
 $\lambda=2.593 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$,

$Pr=0.703$.

22. Напишите и поясните уравнение переноса тепла.

Задача. Рассчитать коэффициент теплоотдачи от стенки подогревателя воды. Длина трубы $l=2$ м, внутренний диаметр $d=16$ мм, скорость течения воды $c_{\text{ж}}=1$ м/с, средняя температура воды $t_{\text{ж}}=40^\circ\text{C}$, а стенки трубы $t_{\text{с}}=100^\circ\text{C}$. Теплофизические свойства воды при $t_{\text{ж}}=40^\circ\text{C}$: $\lambda_{\text{ж}}=0.634 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, $\nu_{\text{ж}}=0.659 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, $Pr_{\text{ж}}=4.3$, а при $t_{\text{с}}=100^\circ\text{C}$, $Pr_{\text{с}}=1.75$.

23. Дайте краткую характеристику крайевых условий при решении задач конвективного теплообмена.

Задача. Рассчитать тепловой поток от стенки подогревателя воды. Длина трубы $l=2$ м, внутренний диаметр $d=16$ мм, скорость течения воды $c_{\text{ж}}=1$ м/с, средняя

температура воды $t_{ж}=40^{\circ}\text{C}$, а стенки трубы $t_{с}=100^{\circ}\text{C}$. Теплофизические свойства воды при $t_{ж}=40^{\circ}\text{C}$: $\lambda_{ж}=0.634 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, $\nu_{ж}=0.659\cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, $Pr_{ж}=4.3$, а при $t_{с}=100^{\circ}\text{C}$, $Pr_{с}=1.75$.

24. Основные понятия теории подобия (геометрическое, кинематическое, тепловое подобие). Сформулируйте три основные теоремы подобия.

Задача. Для отопления испытательного бокса используют трубу, в которой протекает горячая вода. Рассчитать коэффициент теплоотдачи и конвективный тепловой поток, если известны: размеры трубы $d_{н}=0.1 \text{ м}$, $l=10 \text{ м}$; температура стенки трубы $t_{ст}=85^{\circ}\text{C}$ и воздуха $t_{ж}=20^{\circ}\text{C}$; теплофизические свойства воздуха при определяющей температуре $\lambda=2.84\cdot 10^{-2} \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, $\nu=18.2\cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, $Pr=0.697$.

25. Составьте и поясните уравнение движения для стационарной изотермической жидкости для двух потоков с константами подобия.

Задача. Изобразите и поясните характер пограничного слоя (ламинарный, переходный, турбулентный) при обтекании плоской пластины, а также график изменения коэффициента теплоотдачи по длине пластины.

26. Напишите соотношения для критериев подобия Re , Nu , Fo , Eu и поясните их физический смысл.

Задача. Определить среднее значение коэффициента теплоотдачи и количество передаваемой теплоты при течении воды в горизонтальной трубе диаметром $d=3 \text{ м}$ и длиной $l=0.5 \text{ м}$, если скорость воды $c=0.3 \text{ м}/\text{с}$, средняя по длине температура воды $t_{ж}=60^{\circ}\text{C}$ (теплофизические свойства воды: $\lambda_{ж}=0.659 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, $\nu_{ж}=0.478\cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, $Pr_{ж}=2.98$), средняя температура стенки $t_{ст}=20^{\circ}\text{C}$ ($Pr_{ст}=7.02$).

27. Напишите соотношения для критериев подобия Pr , Pe , Gr , Ar и поясните их физический смысл.

Задача. По трубе $d=60 \text{ мм}$ и длиной $l=2.1 \text{ м}$ протекает воздух со скоростью $c=5 \text{ м}/\text{с}$. Определить значение среднего коэффициента теплоотдачи, если средняя температура воздуха $t_{ж}=100^{\circ}\text{C}$ (теплофизические свойства воздуха: $\lambda_{ж}=0.0321 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, $\nu_{ж}=23.13\cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, $Pr_{ж}=0.688$) и поправка на l/d равна 1.04.

28. Критериальные уравнения в общем виде. Определяющие и определяемые критерии подобия; определяющий размер и определяющая температура и примеры их использования в конвективном теплообмене и массообмене.

Задача. Через трубу $d=50 \text{ мм}$ и длиной $l=3 \text{ м}$ протекает вода со скоростью $c=0.8 \text{ м}/\text{с}$. Определить средний коэффициент теплоотдачи, если средняя температура воды $t_{ж}=50^{\circ}\text{C}$ (теплофизические свойства воды; $\lambda_{ж}=0.648 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, $\nu_{ж}=5.56\cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$, $Pr_{ж}=3.54$), а температура стенки $t_{ст}=70^{\circ}\text{C}$ ($Pr_{ст}=2.55$).

29. Напишите и поясните критериальное уравнение теплоотдачи при вынужденном движении теплоносителя относительной плоской поверхности и формулы для расчета динамического пограничного слоя при ламинарном обтекании пластины.

Задача. Плоская пластина длиной $l=2.5 \text{ м}$ омывается потоком воздуха со скоростью $c=2 \text{ м}/\text{с}$ при температуре $t_{ж}=20^{\circ}\text{C}$. Определить характер пограничного слоя и его толщину δ на расстоянии от передней кромки пластины $\bar{x} = 0.3$, а также коэффициент теплоотдачи в этом сечении, если известны следующие теплофизические свойства теплоносителя: $\nu=15.06 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, $\lambda=2.593 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, $Pr=0.703$.

30. Напишите и поясните критериальное уравнение теплоотдачи при вынужденном движении теплоносителя относительной плоской поверхности и формулы для расчета динамического пограничного слоя при турбулентном обтекании пластины.

Задача. Плоская пластина длиной $l=2.5$ м омывается потоком воздуха со скоростью $c=50$ м/с при температуре $t_{ж}=20^{\circ}\text{C}$. Определить характер пограничного слоя и его толщину δ на расстоянии от передней кромки пластины $\bar{x} = 0.3$, а также коэффициент теплоотдачи в этом сечении, если известны следующие теплофизические свойства теплоносителя: $\nu=15.06 \cdot 10^{-6}$ м²/с, $\lambda=2.593 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$, $Pr=0.703$.

31. Напишите и поясните критериальное уравнение теплоотдачи при вынужденном движении теплоносителя при обтекании шара.

Задача. Через трубу $d=50$ мм и длиной $l=3$ м протекает вода со скоростью $c=1.5$ м/с. Определить средний коэффициент теплоотдачи, если средняя температура воды $t_{ж}=50^{\circ}\text{C}$ (теплофизические свойства воды; $\lambda_{ж}=0.648$ Вт/(м.К), $\nu_{ж}=5.56 \cdot 10^{-7}$ м²/с, $Pr_{ж}=3.54$), а температура стенки $t_{ст}=70^{\circ}\text{C}$ ($Pr_{ст}=2.55$).

32. Особенности теплоотдачи при вынужденном движении теплоносителя при обтекании одиночной трубы и пучка труб.

Задача. Определить средний коэффициент теплоотдачи в поперечном потоке воздуха для трубы диаметром $d=20$ мм, если температура воздуха $t_{ж}=30^{\circ}\text{C}$ (теплофизические свойства воздуха; $\lambda_{ж}=0.0267$ Вт/(м.К), $\nu_{ж}=16.0 \cdot 10^{-6}$ м²/с, $Pr_{ж}=0.701$) и скорость $c=5$ м/с.

33. Напишите и поясните критериальное уравнение теплоотдачи при вынужденном движении теплоносителя внутри трубы.

Задача. Рассчитать коэффициент теплоотдачи и тепловой поток от стенки трубы подогревателя воды. Длина трубы $l=2$ м, внутренний диаметр $d_{вн}=16$ мм, скорость течения воды $c_{ж}=1$ м/с, средняя температура воды $t_{ж}=50^{\circ}\text{C}$ (теплофизические свойства воды: $\lambda_{ж}=0.634$ Вт/(м.К), $\nu_{ж}=0.659 \cdot 10^{-6}$ м²/с, $Pr_{ж}=4.3$), а температура стенки $t_{ст}=100^{\circ}\text{C}$ ($Pr_{ст}=1.75$).

34. Напишите и поясните критериальное уравнение теплоотдачи при естественной конвекции.

Задача. Для отопления испытательного бокса используют трубу, в которой протекает горячая вода. Рассчитать коэффициент теплоотдачи и конвективный тепловой поток от трубы к воздуху, если известны размеры трубы $d_{нар}=0.15$ м, $l=19$ м, температура стенки трубы $t_{ст}=85^{\circ}\text{C}$ и воздуха $t_{ж}=20^{\circ}\text{C}$, теплофизические свойства воздуха при определяющей температуре: $\lambda_{ж}=0.0284$ Вт/(м.К), $\nu_{ж}=18.20 \cdot 10^{-6}$ м²/с, $Pr_{ж}=0.697$.

35. Вывод формулы для коэффициента теплопередачи между двумя теплоносителями через разделяющую их плоскую стенку.

Задача. Определить потерю теплоты через 1 м² кирпичной обмуровки котла толщиной $\delta=250$ мм и температуры стенки $t_{ст1}$ и $t_{ст2}$, если температура газов $t_{ж1}=600^{\circ}\text{C}$, температура воздуха $t_{ж2}=30^{\circ}\text{C}$, коэффициенты теплоотдачи со стороны газов $\alpha_1=20$ Вт/(м²К), коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха $\alpha_2=8$ Вт/(м²К) и коэффициент теплопроводности обмуровки $\lambda=0.7$ Вт/(м.К).

36. Напишите и поясните формулы для коэффициента теплопередачи между двумя теплоносителями через разделяющую их цилиндрическую стенку.

Задача. Показать графически изменение температуры в плоской, цилиндрической и шаровой стенках при постоянном коэффициенте теплопроводности.

37. Мероприятия по интенсификации теплопередачи.

Задача. Определить плотность теплового потока через стенку, холодная сторона которой оребрена и коэффициент оребрения $F_2/F_1=13$. Толщина стенки $\delta=10$ мм и коэффициент теплопроводности материала $\lambda=40$ Вт/(м.К). Коэффициенты

теплоотдачи соответственно $\alpha_1=200$ и $\alpha_2=10$ Вт/(м²К) и температуры $t_{ж1}=75^\circ\text{C}$ и $t_{ж2}=15^\circ\text{C}$.

38. Типы теплообменных аппаратов. Расчетные уравнения для теплообменных аппаратов.

Задача. Определить температуру воздуха на выходе из теплообменного аппарата ГТД, если известны: температура воздуха на входе в этот аппарат $T_k=556$ К, температура газа на входе в теплообменный аппарат $T_r=699$ К и степень регенерации $\sigma_{рег}=0.7$.

39. Изобразите и поясните схему и принцип действия авиационного ГТД с регенерацией тепла.

Задача. Напишите и поясните алгоритм расчета теплообменного аппарата ГТД с регенерацией тепла.

40. Связь площади теплообмена со степенью регенерации тепла.

Задача. Изобразите и поясните изменение температуры теплоносителей в рекуперативном теплообменном аппарате при прямотоке и противотоке.

41. Процесс парообразования. Основные понятия и определения.

Задача. Определить коэффициент теплоотдачи наружной поверхности трубки испарителя и тепловой поток при пузырьковом кипении воды в большом объеме, если температура поверхности трубки $t_{ст}=120^\circ\text{C}$, а вода находится при температуре насыщения под стандартным давлением $p=760$ мм рт.ст., наружный диаметр трубки $d=40$ мм, её длина $l=1$ м.

42. Расчет теплоотдачи при конденсации пара.

Задача. Почему в сауне с температурой более 100°C человек может находиться довольно долго, а в кипящей воде нет?

43. Влажный воздух. Основные определения.

Задача. Определить газовую постоянную влажного воздуха, если известно влагосодержание его $d=0.06$.

44. Тепловое излучение и его основные законы.

Задача. Определить потерю теплоты путем излучения с поверхности стальной трубы диаметром $d=70$ мм и длиной $l=3$ м при температуре поверхности $t_1=227^\circ\text{C}$, если эта труба находится: а) в большом кирпичном помещении, температура стенок которого $t_2=27^\circ\text{C}$; б) в кирпичном канале, площадь которого равна 0.3×0.3 м при температуре стенок $t_2=27^\circ\text{C}$. Принять степень черноты для окисленной стали $\varepsilon_1=0.79$, для кирпича $\varepsilon_2=0.78$.

45. Структура основных понятий массообмена.

Задача. Над бассейном шириной $l=1$ м движется воздух со скоростью $c=3$ м/с. Температура воздуха $T=293$ К, давление 740 мм рт.ст., относительная влажность 40% . Требуется определить удельный поток массы испаряющейся воды.