

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«Курганский государственный университет»

Кафедра «Энергетика и технология металлов»

Решения задач размещены на сайте zadachi24.ru

Теплопередача

Методические указания

к выполнению самостоятельной работы

по дисциплине «Тепломассообмен»

для бакалавров направлений 13.03.01, 13.03.02

Курган 2020

Кафедра : « Энергетика и технология металлов»

Дисциплина: «Тепломассообмен»

направления 13.03.01,13.03.02.

Составил: канд. техн. наук, доц. В.А. Савельев.

Утверждены на заседании кафедры « 4 » сентября 2020г.

Рекомендованы методическим советом университета « 16 »декабря 2020 г.

ВВЕДЕНИЕ

Теплота занимает важное место в жизнедеятельности человека. Получение, преобразование и использование тепловой энергии возможно только при знании законов технической термодинамики.

Дисциплина «Тепломассообмен» знакомит студентов теплоэнергетиков и электромехаников с фундаментальными законами обмена тепловой энергией между физическими телами, технологиями преобразования ими тепловой энергии, оборудованием и аппаратами, обеспечивающими тепломассообмен.

Общие положения

Теплопередача – наука, изучающая законы переноса, преобразования и использования тепловой энергии. Теоретической основой теплопередачи (тепломассообмена) является *молекулярная физика*. Дисциплина «Тепломассообмен» изучает законы взаимного обмена тепловой энергией между физическими телами, а также устройства и аппараты, осуществляющие этот теплообмен.

Студенту предлагается самостоятельно проработать материал, указанный в предлагаемом перечне разделов и тем изучаемой дисциплины, а затем решить задачи по следующим темам курса: расчёт теплопередачи при конвективном и лучистом теплообмене.

Изучаемые разделы и темы

ШИФР РАЗДЕЛА ТЕМЫ	НАИМЕНОВАНИЕ РАЗДЕЛА, ТЕМЫ ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕОРИЯ ТЕПЛООБМЕНА	
1	Основные понятия и определения. Виды переноса теплоты. Теплопроводность, конвекция и излучение. Сложный теплообмен. Значение теплообмена в промышленных процессах.
2	Теплопроводность. Основные положения учения о теплопроводности. температурное поле и температурный градиент, тепловой поток. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности для процессов теплопроводности. . Теплопроводность плоской, многослойной и цилиндрической стенок.
3	Конвективный теплообмен. Основные положения и определения. . Физическая сущность конвективного теплообмена. Закон конвективного теплообмена Ньютона – Рихмана, коэффициент теплоотдачи. Критериальные уравнения конвективного теплообмена. Критерии Нуссельта, Рейнольдса, Грасгофа, Прандтля.. Понятие гидродинамического и теплового пограничных слоев. Теплоотдача при

	вынужденном и свободном движении жидкости. Теплоотдача при ламинарном и турбулентном пограничном слое.
4	Теплообмен излучением, основные законы теплового излучения. Виды лучистых потоков. Теплообмен излучением в системе тел. Защита от излучения, экраны. Излучение газов; лучистый теплообмен в топках и камерах сгорания.
5	Основы расчёта теплопередачи. Коэффициент теплопередачи. Теплопередача через плоскую, многослойную, цилиндрическую стенку. Пути интенсификации процесса теплопередачи. Критический диаметр тепловой изоляции. Выбор целесообразного материала тепловой изоляции..
6	Типы теплообменных аппаратов (ТА).Рекуперативные, регенеративные и смешительные. Расчетные уравнения и схемы движения жидкости в ТА. Определение температурных напоров. Основы расчета теплообменных аппаратов..
7	Теплообмен при изменении агрегатного состояния. Теплообмен при конденсации. Пленочная и капельная конденсация. Теплообмен при кипении, механизм процессов теплообмена при пузырьковом и пленочном режимах кипения.. Основные режимы кипения. Кривая кипения. Частота и скорость роста паровых пузырей.

Основная литература

№ п/п	Наименование	Используется при изучении разделов, тем
1	Теплотехника: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению "Энергомашиностроение"/ А. М. Архаров [и др.] под общ. ред. А. М. Архарова В. Н. Афанасьева. - М.: Издательство МГТУ, 2004. – 711с,	1 - 7.
2	Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика. – М.: Высшая школа, 2003.	1 - 7.
3	Теплотехника /под ред. А.П. Баскакова. – М.: Энергоиздат, 1991.	1 - 7.

Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Используется при изучении разделов, тем
1	Техническая термодинамика / под ред. В.И. Крутова– М.: Высшая школа, 1981.	1 - 7.
2	Нащокин, В.В. Техническая термодинамика и теплопередача [Текст] / В.В. Нащокин. – М.: Высшая школа,1980.	1 - 7
3	Рабинович О.М. Сборник задач по технической термодинамике. М.: Машиностроение, 1973. –344 с.	1 - 7.

4	Луканин, В.Н. Теплотехника [Текст] / В.Н. Луканин [и др.]. – М.: Высшая школа, 2004.	1 - 7.
---	--	--------

Методические указания и задание к выполнению самостоятельной работы

Студенту выдается индивидуальное задание, согласно которому он должен решить три задачи. Перед каждой задачей предлагается изучить теоретический материал и разобрать пример расчета. В каждой задаче исходные данные выбираются из соответствующих таблиц по последней и предпоследней цифре зачетной книжки студента. При выполнении задания необходимо соблюдать следующие требования:

1. Работу можно выполнять в тетради и набирать в электронном виде. На титульном листе указать № группы, Фамилию и инициалы студента, шифр зачетной книжки. Внизу посередине листа указать год и место выполнения работы.
2. Обязательно перед решением записать условие задачи и исходные данные для решения каждой задачи согласно шифру.
3. Решение сопровождать кратким пояснительным текстом, в котором должно быть указано: какая величина определяется и по какой формуле, какие величины подставляются в формулу (из условия задачи, из учебника, задачника, определена ранее и т.д.).
4. Вычисления давать в развернутом виде.
5. Обязательно проставлять размерности всех заданных и рассчитанных величин в международной системе СИ.
6. Графический материал должен быть выполнен четко, в масштабе и на миллиметровой бумаге, как исключение можно использовать бумагу в клеточку.
7. При изучении настоящего курса следует пользоваться литературой, которая приведена в программе дисциплины. Решение типовых задач можно найти в учебниках и задачаниках. При использовании таблиц, формул и других справочных материалов, необходимо непосредственно при решении задачи указывать ссылку на литературный источник в квадратных скобках, например - [6].
8. После решения задачи должен быть произведен краткий анализ полученных результатов и сделаны соответствующие выводы.
В конце работы показать перечень использованной литературы.

Задачи

Задача 1. По горизонтально расположенной стальной трубе $\lambda = 20 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ со скоростью ω течет вода, имеющая температуру t_g . Снаружи труба охлаждается окружающим воздухом, температура которого $t_{\text{воз}}$, давление 0,1 МПа. Определить коэффициенты теплоотдачи α_1 и α_2 соответственно от воды к стенке трубы и от стенки трубы к воздуху; коэффициент теплопередачи и тепловой поток q_1 , отнесенный к 1 м длины трубы, если внутренний диаметр трубы равен d_1 , внешний – d_2 . Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из табл. 1.

Указание. Для определения α_2 принять в первом приближении температуру наружной поверхности трубы t_2 равной температуре воды.

Таблица 1

Последняя цифра шифра	$t_g, ^\circ\text{C}$	$10 \cdot \omega, \text{ м/с}$	Предпоследняя цифра шифра	$t_{\text{воз}}, ^\circ\text{C}$	$d_1, \text{ мм}$	$d_2, \text{ мм}$
0	120	2,5	0	18	190	210
1	130	3,6	1	16	180	200
2	140	2,7	2	14	170	190
3	150	3,8	3	12	160	180
4	160	1,9	4	10	150	170
5	170	2,1	5	8	140	160
6	180	2,3	6	6	130	150
7	200	4,2	7	4	120	140
8	210	4,3	8	2	110	130
9	220	4,4	9	0	100	120

Ответить на вопросы: Какой режим течения внутри трубы в вашем варианте задачи? Какой режим движения окружающего трубу воздуха? Почему можно при расчете принять равенство температур $t_2 \cong t_g$?

Указание. При определении коэффициента теплоотдачи использовать табл. 3 приложения.

Пример решения задачи №1
Исходные данные для решения задачи 1

Последняя цифра шифра	$t_e, ^\circ\text{C}$	$10 \cdot \omega, \text{м/с}$	Предпоследняя цифра шифра	$t_{\text{воз}}, ^\circ\text{C}$	$d_1, \text{мм}$	$d_2, \text{мм}$
8	210	4,3	8	2	110	130
9	220	4,4	9	0	100	120

Ответить на вопросы: Какой режим течения внутри трубы в вашем варианте задачи? Какой режим движения окружающего трубу воздуха? Почему можно при расчете принять равенство температур $t_2 \cong t_e$?

Решение:

Потери теплоты можно определить по формуле:

$$q_l = k_l \pi (t_1 - t_2),$$

где $k_l = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}}$ - коэффициент теплопередачи,

$\alpha_1 = \frac{Nu \lambda}{d_1}$ - коэффициент теплоотдачи,

$Nu = f(Re, Gr, Pr)$ – число Нуссельта.

Определим режим течения воды внутри трубы по числу Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega \cdot d_1}{\nu} = \frac{0,44 \cdot 0,11}{\nu} = \frac{0,44 \cdot 0,11}{0,000942} = 51,38$$

$$\nu = \frac{0,01775}{1+0,0337 \cdot t + 0,000221 \cdot t^2} = \frac{0,01775}{1+0,0337 \cdot 220 + 0,000221 \cdot 220^2} = 0,000942 \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$$

Режим турбулентный:

$$Nu = 0,021 Re^{0,8} Pr^{0,43} \left(\frac{Pr_{\text{ж}}}{Pr_c} \right)^{0,25} = 753, \quad Pr = 0,89$$

$$\alpha_1 = Nu \cdot \lambda / d_1 = \frac{753 \cdot 64,5}{0,11 \cdot 100} = 4415 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$$

Определим коэффициент α_2 принимая $t_c = t_{\text{H}_2\text{O}}$

При свободной конвекции:

$$Nu_B = 0,5 \cdot (G_r \cdot P_r)^{0,25} \cdot \left(P_{r_{ж}} / P_{rc} \right)^{0,25}$$

Для воздуха $Nu_{ж} = 0,47 \cdot G_{r_{ж}}^{0,25}$

$$G_{r_{ж}} = \frac{g \cdot \beta \cdot d^3 \cdot \Delta t}{\nu_{ж}^2} = \frac{9,81 \cdot 1 \cdot 0,13^3 \cdot 218}{(273 + 2) \cdot (13,28 \cdot 10^{-6})^2} = 96878345,67$$

$$Nu_{ж} = 0,47 \cdot 96878345,67^{0,25} = 46,6$$

$$\alpha_2 = \frac{46,6 \cdot 2,5}{0,13 \cdot 100} = 8,96 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$$

$$\text{Определяем } K = \frac{1}{\frac{1}{4415 \cdot 0,11} + \frac{1}{2 \cdot 30 \ln \frac{130}{110}} + \frac{1}{8,96 \cdot 0,13}} = \frac{1}{0,002 + 0,0028 + 0,858} = 1,159 \frac{\text{Вт}}{\text{мК}}$$

Определим потери теплоты:

$$q_l = K \cdot \pi \cdot (220 - 2) = 1,159 \cdot 3,14 \cdot 218 = 793,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$$

Какой режим движения окружающего трубу воздуха?

Воздух, окружающий трубу, по законам конвекции движется снизу вверх: нагретый около трубы воздух, имеющий меньшую плотность, поднимается вверх, и его место занимает холодный воздух, имеющий большую плотность, который опускается вниз.

Почему можно при расчете принять равенство температур $t_2 \cong t_e$?

Принять равенство температур $t_2 \cong t_e$ можно в связи с высокой теплопроводностью стали. На практике температуры наружной и внутренней стенок стальных труб различаются незначительно.

Задача 2. Определить потери теплоты в единицу времени с 1 м длины горизонтально расположенной цилиндрической трубы, охлаждаемой свободным потоком воздуха, если температура стенки трубы t_c , температура

воздуха в помещении t_{θ} , а диаметр трубы d . Степень черноты трубы $\varepsilon_c = 0,9$.
Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из табл.2.

Таблица 2

Последняя цифра шифра	d, мм	Предпоследняя цифра шифра	$t_c, ^\circ\text{C}$	$t_{\theta}, ^\circ\text{C}$	Последняя цифра шифра	d, мм	Предпоследняя цифра шифра	$t_c, ^\circ\text{C}$	$t_{\theta}, ^\circ\text{C}$
0	220	0	150	15	5	270	5	100	20
1	230	1	140	20	6	300	6	190	15
2	210	2	130	25	7	320	7	180	10
3	240	3	120	35	8	340	8	170	5
4	250	4	110	25	9	360	9	160	0

Указание. Для определения коэффициента теплоотдачи α воспользоваться таблицей приложения.

Пример решения задачи №2
Исходные данные для решения задачи 2

Последняя цифра шифра	d, мм	Предпоследняя цифра шифра	$t_c, ^\circ\text{C}$	$t_{\theta}, ^\circ\text{C}$
8	340	8	170	5
9	360	9	160	0

Решение:

Тепловой поток определим по формуле:

$$q = \alpha \cdot (t_c - t_{\text{ж}}) \cdot F ,$$

где $F = 2\pi r l = d\pi l$ – поверхность теплообмена, м²

$t_{\text{ж}}$ – температура окружающей среды, °C

α - коэффициент теплоотдачи.

Следовательно, $q = \alpha \cdot (t_c - t_{\text{ж}}) \cdot \pi d l$

$$q_l = \alpha \cdot (t_c - t_{\text{ж}}) \cdot \pi d$$

$$\alpha = \alpha_k + \alpha_{\text{и}}$$

Определяем $\alpha_{\text{и}}$ излучение:

$$\alpha_{\text{и}} = \frac{q_{\text{и}}}{(t_c - t_{\text{ж}})}$$

$$q_{\text{и}} = \alpha_{\text{и}} \cdot (t_c - t_{\text{ж}})$$

$$q_{\text{и}} = \varepsilon_c \cdot C_0 \left(\frac{T_c}{100} \right)^4 ,$$

где $C_0 = 5,67 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}^4}$ - коэффициент излучения абсолютно черного тела;

$$q_{\text{и}} = 0,9 \cdot 5,67 \left(\frac{T_c}{100} \right)^4$$

$$T_c = t + 273 = 170 + 273 = 443 \text{ К}$$

$$q_{\text{и}} = 0,9 \cdot 5,67 \left(\frac{443}{100} \right)^4 = 0,9 \cdot 5,67 \cdot 385,14 = 1965,35 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

$$\alpha_{\text{и}} = \frac{q_{\text{и}}}{(t_c - t_{\text{ж}})} = \frac{1965,35}{(170 - 5)} = 11,9 \approx 12 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{°C}}$$

Определяем α_k

Теплоотдача горизонтальной трубы при свободной конвекции определяется зависимостью (число Нуссельта):

$$Nu = 0,5 \cdot (Gr_{\text{ж}} \cdot Pr_{\text{ж}})^{0,25} \cdot \left(\frac{Pr_{\text{ж}}}{Pr_c} \right)^{0,25}$$

Для воздуха, когда критерий Прандтля изменяется незначительно $Pr \approx 0,7$ расчет можно производить по формуле:

$$Nu = 0,47 \cdot Gr_{\text{ж}}^{0,25} ,$$

где $Gr_{\text{ж}}$ - число Грасгофа.

$$G_{r_{\text{ж}}} = \frac{g \cdot \beta \cdot d^3 \cdot \Delta t}{\nu_{\text{ж}}^2} = \frac{9,81 \cdot 1 \cdot 0,36^3 \cdot 165}{278 \cdot (13,72 \cdot 10^{-6})^2} = 1443136580$$

где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения,

$\beta = \frac{1}{t_{\text{ж}} + 273}$ - коэффициент объемного расширения воздуха, 1/К.

при $t_{\text{с}} = 5^\circ\text{C}$

$\nu_{\text{ж}} = 13,72 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ - кинематический коэффициент вязкости

$$G_{r_{\text{ж}}}^{0,25} = 194,9$$

$$Nu = 0,47 \cdot 194,9 = 91,6$$

$$Nu = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda}$$

Следовательно, коэффициент теплоотдачи от трубы к воздуху:

$$\alpha_k = Nu \cdot \frac{\lambda}{d}$$

где $\lambda = 2,55 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{C}}$ - коэффициент теплопроводности.

$$\alpha_k = \frac{91,6 \cdot 2,55 \cdot 10^{-2}}{0,36} = 6,49 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{C}}$$

$$\alpha = \alpha_k + \alpha_{\text{и}} = 6,49 + 12 = 18,49 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{C}}$$

$$q_l = 18,49 \cdot (170 - 5) \cdot 3,14 \cdot 0,36 = 3448,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$$

Задача 3. Определить удельный лучистый тепловой поток q (в ваттах на квадратный метр) между двумя параллельно расположенными плоскими стенками, имеющими температуру t_1 и t_2 и степени (коэффициенты) черноты ε_1 и ε_2 , если между ними нет экрана. Определить q при наличии экрана со степенью (коэффициентом) черноты ε_3 (с обеих сторон). Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из табл. 3.

Таблица 3

Последняя цифра шифра	ε_1	ε_2	ε_3	Предпоследняя цифра шифра	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$
0	0,5	0,6	0,04	0	200	30
1	0,55	0,52	0,045	1	250	35
2	0,6	0,7	0,05	2	300	25
3	0,52	0,72	0,02	3	350	20
4	0,58	0,74	0,03	4	400	40
5	0,62	0,54	0,025	5	450	45
6	0,7	0,58	0,032	6	500	50
7	0,65	0,62	0,055	7	550	55
8	0,75	0,73	0,06	8	600	60
9	0,8	0,77	0,023	9	650	65

Пример решения задачи №3

Исходные данные для решения задачи

Последняя цифра шифра	ε_1	ε_2	ε_3	Предпоследняя цифра шифра	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$
8	0,75	0,73	0,06	8	600	60
9	0,8	0,77	0,023	9	650	65

Решение:

1) Определим удельный лучистый тепловой поток между двумя параллельно расположенными плоскими стенками без экрана:

$$q_{12} = \varepsilon_{\text{пр}} \cdot C_0 \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

где $C_0 = 5,67 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}^4}$ - коэффициент излучения абсолютно черного тела;

$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} = \frac{1}{\frac{1}{0,8} + \frac{1}{0,77} - 1} = \frac{1}{1,25 + 1,3 - 1} = 0,645$ - приведенная степень черноты поверхностей пластин;

$T_1 = 273 + t_1 = 273 + 600 = 873 \text{ K}$ - температура поверхности 1 пластины;

$T_2 = 273 + t_2 = 273 + 60 = 333 \text{ K}$ - температура поверхности 2 пластины.

$$\begin{aligned} q_{12} &= 0,645 \cdot 5,67 \cdot \left[\left(\frac{873}{100} \right)^4 - \left(\frac{333}{100} \right)^4 \right] = 0,645 \cdot 5,67 \cdot [5808,4 - 123] = \\ &= 20792 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \end{aligned}$$

2) Определим удельный лучистый тепловой поток между двумя параллельно расположенными плоскими стенками с экраном:

$$q_3 = q_{12} \cdot \frac{1}{1 + \varepsilon_{\text{пр}} \left(\frac{2}{\varepsilon_3} - 1 \right)} = 20792 \cdot \frac{1}{1 + 0,645 \cdot \left(\frac{2}{0,023} - 1 \right)} = \frac{20792}{56,44} = 368,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

3) С экраном теплопередача уменьшилась в $20792/368,4 = 56,4$ раза.

Список использованных источников

1. Архаров, А. М. Теплотехника [Текст] : учебник для студентов вузов / А. М. Архаров [и др.]. – М. : Машиностроение, 1986. – 432 с.
2. Кудинов, В. А. Техническая термодинамика [Текст] / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов. – М. : Высш. шк., 2001. – 261 с.

3. Крутов, В.И. *Техническая термодинамика* [Текст] / В. И. Крутов [и др.]. – М. : Высшая школа, 1991. – 384 с.
4. Нащокин, В. В. *Техническая термодинамика и теплопередача* [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. В. Нащокин. – М. : Высшая школа, 1980. – 469 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Мольные теплоемкости газов по данным молекулярно-кинетической теории, кДж/(моль·К)

Газы	μC_V	μC_p
Одноатомные	12,5	20,8
Двухатомные	20,8	29,1
Трех- и многоатомные	29,1	37,4

2. Средние изобарные мольные теплоемкости некоторых газов кДж/(кмоль·К)

$t, ^\circ\text{C}$	Воздух	Кислород O_2	Азот N_2	Водород H_2	Водяной пар H_2O	Окись углерода CO	Углекислый газ CO_2
0	29,073	29,274	29,115	28,617	33,499	29,123	35,860
100	29,153	29,538	29,144	29,935	33,741	29,178	38,112
200	29,299	29,931	29,228	29,073	34,188	29,303	40,059
300	29,521	30,400	29,383	29,123	34,575	29,517	41,755
400	29,789	30,878	29,601	29,186	35,090	29,789	43,250
500	30,095	31,334	29,864	29,249	35,630	30,099	44,573
600	30,405	31,761	30,149	29,316	36,195	30,426	45,758
700	30,723	32,150	30,451	29,408	36,789	30,752	46,813
800	31,028	32,502	30,748	29,517	37,392	31,070	47,763
900	31,321	32,825	31,037	29,647	38,008	31,376	48,617
1000	31,598	33,118	31,313	29,789	38,619	31,665	49,392
1200	32,109	33,633	31,828	30,107	39,825	32,192	50,740
1400	32,565	34,076	32,293	30,467	40,976	32,653	51,858
1600	32,967	34,474	32,699	30,832	42,056	33,051	52,800

1800	33,319	34,834	33,055	31,192	43,070	33,402	53,604
2000	33,641	35,169	33,373	31,548	43,995	33,708	54,290
2200	33,296	35,483	33,658	31,891	44,853	33,980	54,881
2400	34,185	35,785	33,909	32,222	45,645	34,223	55,391

**3. Физические параметры сухого воздуха при давлении
101,3 кПа**

$t, ^\circ\text{C}$	$10^2 \cdot \lambda, \text{Вт/(м}\cdot\text{К)}$	$10^6 \cdot \nu, \text{м}^2/\text{с}$	Pr
0	2,44	13,28	0,707
100	3,21	23,13	0,688
200	3,94	34,85	0,680
300	4,60	48,33	0,674
400	5,21	63,09	0,678
500	5,75	79,38	0,687
600	6,23	96,89	0,699
700	6,71	115,4	0,706
800	7,19	134,8	0,713
900	7,64	155,1	0,717
1000	8,08	177,1	0,719

Савельев Виктор Андреевич

Методические указания
к выполнению самостоятельной работы
по дисциплине «Тепломассообмен»
для бакалавров направлений 13.03.01, 13.03.02.

Редактор

Подписано в печать	Формат 60x84 1/16	Бумага тип. 65 гр м. ²
Печать цифровая	Усл.печ.л. 1,25	Уч.-изд. л.
Заказ	Тираж 50 не для продажи	

РИЦ Курганского государственного университета.
640000, г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.