

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.ДВ.03.01

(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕПЛОФИЗИКА ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки (специальности)

15.04.05 КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

(код и наименование направления подготовки, специальности в соответствии с ФГОС ВПО/ФГОС ВО)

ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

(направленность (профиль))

Форма обучения очная

Год набора: 2019

Распределение часов дисциплины по семестрам и видам занятий (по учебному плану)

Количество ЗЕТ	8											
Часов по РУП	288											
Виды контроля в семестрах:	Экзамены		Зачеты		Курсовые проекты			Курсовые работы		Контрольные работы		
	2											
	№№ семестров											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Итого
ЗЕТ по семестрам		10										10
Лекции		12										12
Лабораторные												
Практические		48										48
Контактная работа		60										60
Сам. работа		192										192
Контроль		36										36
Итого		288										288

Тольятти, 2019

Рабочая программа составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки магистра 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Рецензирование рабочей программы дисциплины:



Отсутствует



Учебная (рабочая) программа одобрена на заседании кафедры «Оборудование и технологии машиностроительного производства» (протокол заседания № 1 от «31» августа 2018 г.)



Рецензент

(должность, ученое звание, степень)
« » 20 г.

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Срок действия рабочей программы дисциплины до « » _____.

Срок действия утвержденной РПД: для ООП бакалавров – 4 года; для ООП магистров – 2 года; для ООП специалистов – 5 лет.

Информация об актуализации рабочей программы дисциплины:

Протокол заседания кафедры № от « » _____ 20 г.

Протокол заседания кафедры № от « » _____ 20 г.

Протокол заседания кафедры № от « » _____ 20 г.

Протокол заседания кафедры № от « » _____ 20 г.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(разработавшей РПД)

« » 20 г.

(подпись)

Н.Ю. Логинов
(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ
дисциплины (учебного курса)
Б1.В.ДВ.03.01 Теплофизика процессов обработки в машиностроении
(индекс и наименование дисциплины (учебного курса))

1. Цель и задачи изучения дисциплины (учебного курса)

Цель – подготовка будущего магистра, владеющего совокупностью методов, средств, способов и приемов науки и техники, направленных на создание и производство конкурентоспособной машиностроительной продукции за счет эффективного конструкторско-технологического обеспечения.

Задачи:

1. Научить анализировать и оптимизировать теплофизические процессы, происходящие в технологических системах обработки материалов резанием;
2. разрабатывать конструкции режущего инструмента с системами внутреннего охлаждения, обеспечивающие целесообразное распределение теплоты в компонентах процесса резания;
3. Научить разрабатывать технологические процессы обработки с дополнительным локальным нагревом обрабатываемого материала, в том числе с помощью низкотемпературной плазменной дуги и луча лазера.

2. Место дисциплины (учебного курса) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (учебный курс) относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)» (вариативная часть, дисциплины по выбору).

Дисциплины, учебные курсы, на освоении которых базируется данная дисциплина (учебный курс) – «Высшая математика», «Физика», «Металлорежущий инструмент и инструментальная оснастка», «Технология физико-технической обработки материалов», «Компьютерное моделирование в машиностроении»

Дисциплины, учебные курсы, для которых необходимы знания, умения, навыки, приобретаемые в результате изучения данной дисциплины (учебного курса) – «Расчет и конструирование оборудования с компьютерным управлением», подготовка и защита магистерской диссертации.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (учебному курсу), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Формируемые и контролируемые компетенции	Планируемые результаты обучения
– способностью применять современные методы исследования	Знать: математические методы решения теплофизических задач

ния, оценивать и представлять результаты выполненной работы (ОПК-2)	зических задач
	Уметь: выбрать математическую модель, адекватную конкретной теплофизической задаче
	Владеть: навыками решения теплофизических задач современного машиностроения
– способностью осознавать основные проблемы своей предметной области, при решении которых возникает необходимость в сложных задачах выбора, требующих использования современных научных методов исследования, ориентироваться в постановке задач и определять пути поиска и средства их решения, применять знания о современных методах исследования, ставить и решать прикладные исследовательские задачи (ПК-15)	Знать: теоретические основы расчета тепловых потоков и температурных полей в компонентах процесса резания
	Уметь: выполнить расчеты тепловых потоков и температурных полей в компонентах процесса резания, рассчитать параметры режущего инструмента и режим резания, обеспечивающие целесообразное распределение теплоты в этих компонентах
	Владеть: навыками расчета параметров режущего инструмента и режима резания, обеспечивающих целесообразное распределение теплоты компонентах технологической системы
– способностью проводить научные эксперименты, оценивать результаты исследований, сравнивать новые экспериментальные данные с данными принятых моделей для проверки их адекватности и при необходимости предлагать изменения для улучшения моделей, выполнять математическое моделирование процессов, средств и систем машиностроительных производств с использованием современных технологий проведения научных исследований, разрабатывать теоретические модели, позволяющие исследовать качество выпускаемых изделий, технологических процессов, средств и систем машиностроительных производств (ПК-16)	Знать: пути повышения размерной стойкости инструментальных наладок, способы модификации рабочих поверхностей инструмента с целью достижения целесообразного распределения теплоты в этих компонентах
	Уметь: разрабатывать технологические процессы обработки с дополнительным локальным нагревом обрабатываемого материала пути повышения размерной стойкости инструментальных наладок, способы модификации рабочих поверхностей инструмента с целью достижения целесообразного распределения теплоты в этих компонентах
	Владеть: навыками разработки эскизных и рабочих проектов режущего инструмента и сопутствующей им конструкторской и технологической документации

4. Содержание дисциплины (учебного курса)

Раздел, модуль	Подраздел, тема
Основные положения учения о теплопроводности	Температурное поле в твердом теле. Градиент температуры
	Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности и методы его решения
Схематизация компонентов технологических систем	Условия однозначности при решении дифференциального уравнения теплопроводности
	Классификация источников (стоков) теплоты по форме, скорости движения, длительности действия
	Схематизация теплофизических характеристик твердых тел. Эквивалентные коэффициенты теплопроводности составных тел
	Схематизация геометрической формы твердых тел. Кодирование тепловых задач
Методы описания процессов теплопроводности в системах твердых тел	Классический метод
	Метод источников. Принцип конструирования решения. Принцип отражения
	Численные методы решения дифференциального уравнения теплопроводности
Теплофизический анализ как средство повышения эффективности процессов механической обработки материалов	Теплообмен при резании материалов. Составляющие и итоговые тепловые потоки
	Теплообразование в узлах и механизмах станков

Общая трудоемкость дисциплины (учебного курса) – 8 ЗЕТ.

4. Структура и содержание дисциплины (учебного курса) «Теплофизика процессов обработки в машиностроении»

Семестр изучения 4

Раздел, модуль	Подраздел, тема	Виды учебной работы						Необходимые материально- технические ресурсы	Формы текущего контроля	Рекоменду- емая лите- ратура (№)
		Аудиторные занятия (в часах)				Самостоятельная работа				
		всего			в т.ч. в интерак- тивной форме	в ча- сах	формы организации самостоятельной работы			
		лек- ций	лабо- ратор- ных	прак- тиче- ских						
1. Введение	Роль тепловых явлений в оптими- зации технологических систем (ТС). Виды теплообмена в ТС	1		—		16	Изучение теоретического материала, работа с научно- технической литературой		Устный опрос	1
2. Основные положене- ния учения о тепло- проводности	2.1. Температурное поле в твер- дом теле. Градиент температуры	1		4		16	Изучение теоретического материала, работа с научно- технической литературой		Устный опрос	1
	2.2. Закон Фурье. Дифференци- альное уравнение теплопроводно- сти	1		4		16	Изучение теоретического материала, работа с научно- технической литературой		Устный опрос	1
3. Схематизация компонентов техно- логических систем	3.1. Условия однозначности при решении дифференциального уравнения теплопроводности	1		4		16	Изучение теоретического материала, работа с научно- технической литературой		Устный опрос	1
	3.2. Классификация источников (стоков) теплоты по форме, ско- рости движения, длительности действия	1		4		16	Изучение теоретического материала, работа с научно- технической литературой		Устный опрос	1
	3.3. Схематизация теплофизиче- ских характеристик твердых тел. Эквивалентные коэффициенты теплопроводности составных тел	1		8		16	Изучение теоретического материала, работа с научно- технической литературой		Устный опрос	1
	3.4. Схематизация геометриче- ской формы твердых тел. Кодиро- вание тепловых задач	1		4		16	Изучение теоретического материала, работа с научно- технической литературой		Устный опрос	1
4. Методы описания процессов теплопро- водности в системах твердых тел	4.1. Классический метод	1		4		16	Изучение теоретического материала, работа с научно- технической литературой		Устный опрос	1
	4.2. Метод источников. Принцип конструирования решения. Прин-	1		4		16	Изучение теоретического материала, работа с научно-		Устный опрос	1

	цип отражения					технической литературой				
	4.3. Численные методы решения дифференциального уравнения теплопроводности	1		4		16	Изучение теоретического материала, работа с научно-технической литературой		Устный опрос	1
5. Теплофизический анализ как средство повышения эффективности процессов механической обработки материалов	5.1. Теплообмен при резании материалов. Составляющие и итоговые тепловые потоки	1		4		16	Изучение теоретического материала, работа с научно-технической литературой		Устный опрос	1
	5.2. Теплообразование в узлах и механизмах станков	1		4		16	Изучение теоретического материала, работа с научно-технической литературой		Устный опрос	1
Итого:		12		48		192				
		60								

5. Критерии и нормы текущего контроля и промежуточной аттестации

Формы текущего контроля	Условия допуска	Критерии и нормы оценки	
Устный опрос	наличие конспекта лекций	«зачтено»	магистрант владеет материалом, правильно формулирует ответы на поставленные вопросы
		«не зачтено»	магистрант не имеет представления о рассмотренных вопросах
Тестирование	решённые задачи по соответствующей теме курса	«зачтено»	даны верные ответы на не менее чем 50% вопросов теста
		«не зачтено»	даны верные ответы на менее чем 50% вопросов теста

Форма проведения промежуточной аттестации	Условия допуска	Критерии и нормы оценки	
Письменный экзамен	не менее чем два из трех текущих тестирований пройдены с оценкой «зачтено»; выполнена курсовая работа	«отлично»	правильно решены обе задачи билета
		«хорошо»	задачи билета решены с незначительными недочетами
		«удовлетворительно»	обе задачи билета решены с существенными недочетами
		«неудовлетворительно»	задачи билета решены неправильно

6. Критерии и нормы оценки курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не предусмотрены учебным планом

7. Примерная тематика письменных работ (курсовых, рефератов, контрольных, расчетно-графических и др.)

№ п/п	Темы
1	Основные положения учения о теплопроводности. Схематизация компонентов технологических систем
2	Методы описания процессов теплопроводности в системах твердых тел
3	Теплофизический анализ как средство повышения эффективности процессов механической обработки материалов

8. Вопросы к экзамену

Каждый экзаменационный билет содержит теоретический вопрос и задачу.

№ п/п	Вопросы
1	Роль тепловых явлений в оптимизации технологических систем (ТС)
2	Виды теплообмена в ТС
3	Температурное поле в твердом теле. Градиент температуры
4	Закон Фурье и его частные случаи для плоских и цилиндрических стенок
5	Дифференциальное уравнение теплопроводности
6	Условия однозначности при решении дифференциального уравнения теплопроводности
7	Классификация источников (стоков) теплоты по форме, скорости движения, длительности действия. Критерии Пекле и Фурье
8	Схематизация теплофизических характеристик твердых тел. Эквивалентные коэффициенты теплопроводности составных тел
9	Схематизация геометрической формы твердых тел. Кодирование тепловых задач
10	Методы описания процессов теплопроводности в системах твердых тел. Классический метод и область его применения.
11	Метод источников теплоты. Принцип конструирования решения. Принцип отражения
12	Численные методы решения дифференциального уравнения теплопроводности (МКР, МКЭ, МГЭ)
13	Теплообмен при резании материалов. Составляющие и итоговые тепловые потоки в компонентах процесса резания
14	Теплообразование в узлах и механизмах станков
15	Процессы резания с дополнительным локальным нагревом обрабатываемого материала плазменной дугой и лучом лазера

9. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

9.1. Паспорт фонда оценочных средств

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Основные положения учения о теплопроводности. Схематизация компонентов технологических систем	ОПК-2, ПК-15, ПК-16	Контрольная работа
2	Методы описания процессов теплопроводности в системах твердых тел	ОПК-2, ПК-15, ПК-16	Контрольная работа
3	Теплофизический анализ как средство повышения эффективности процессов механической обработки материалов	ОПК-2, ПК-15, ПК-16	Контрольная работа

9.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

9.2.1. Контрольные работы

Контрольная работа 1. Тепловые цепи (см. прил. 1)

Контрольная работа 2. Кодирование тепловых задач (см. прил. 2)

Контрольная работа 3. Инженерная методика расчета температур (см. прил. 3)

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если задача решена правильно или с небольшими недочетами;
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если решена неправильно или с существенными недочетами.

10. Образовательные технологии и методические указания по освоению дисциплины (учебного курса)

В процессе изучения дисциплины используется технология традиционного обучения (лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа студента)

Ведущей деятельностью в процессе обучения является учебная деятельность студентов, характеризующаяся действующей системой познавательных процессов, начиная с восприятия информации и заканчивая сложнейшими творческими процессами, способностями общего и частного характера, эмоциональными явлениями, которые мотивируют многие системы учебных действий, а так же общими и частными мотивациями.

Подготовка к практическим занятиям заключается в работе с конспектом лекций по данной теме, в изучении соответствующего раздела учебника или учебно-методического пособия, в просмотре дополнительной литературы. Практическая работа выполняется в аудитории.

Цель практических работ: закрепить приобретённые на лекциях теоретические знания, научиться решать реальные теплофизические задачи.

Промежуточный контроль знаний студентов проводится на основании проведения контрольных опросов при защите лабораторных работ, выполнения и защиты расчетных заданий.

11. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (учебного курса)

11.1. Обязательная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Количество в библиотеке
1.	Резников А. Н. Тепловые процессы в технологических системах [Электронный ресурс] : учебник / А. Н. Резников, Л. А. Резников. - Изд. 2-е, испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 292 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-2272-2.	учебник	ЭБС «Лань»
2.	Солоненко В. Г. Резание металлов и режущие инструменты [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Г. Солоненко, А. А. Рыжкин. - Москва : ИНФРА-М, 2016. - 416 с. : ил. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-004719-5.	учебное пособие	ЭБС "ZNANIUM.COM"

11.2. Дополнительная литература и учебные материалы (аудио-, видеопособия и др.)

- фонд научной библиотеки ТГУ:

№ п/п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, аудио - видеопособия и др.)	Количество в библиотеке
1	Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с. : ил. - Библиогр.: с. 55-56. - Прил. : с. 57-140. - ISBN 978-5-8259-0817-5.	учебно-методическое пособие	Репозиторий ТГУ

СОГЛАСОВАНО

Директор научной библиотеки

«___» _____ 20___ г.
МП

(подпись)

А.М. Асаева
(И.О. Фамилия)

11.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

- WebofScience[Электронный ресурс] : мультидисциплинарная реферативная база данных. – Philadelphia: ClarivateAnalytics, 2016– . – Режим доступа : apps.webofknowledge.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
- Scopus[Электронный ресурс] : реферативная база данных. – Netherlands: Elsevier, 2004– . – Режим доступа : scopus.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
- Elibrary[Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Москва : НЭБ, 2000– . – Режим доступа : elibrary.ru. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

11.3. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Количество лицензий	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows	1398	Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия - бессрочно);
2	Office Standart	1398	Договор № 727 от 20.07.2016г., срок действия - бессрочно)

11.4. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий	Перечень основного оборудования	Фактический адрес учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др.	Площадь, м ²	Количество посадочных мест
1	Лаборатория "Методы исследования физических свойств перспективных материалов" (Е-205)	Стол ученический двухместный (моноблок., доска аудиторная (меловая), стол преподавательский., стул преподавательский., кафедра	445020, Самарская обл., г. Тольятти, ул. Белорусская, 16 В позиция по ТП №26, 2 этаж, (Е-205)	36	30
2	Компьютерный класс. Помещение для самостоятельной работы. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория	Стол ученический, стул, ПК с выходом в сеть интернет	445020 Самарская область, г. Тольятти, ул.Белорусская,14, позиция по ТП № 48, 4 этаж, (Г-401)	84,8	16

№ п/п	Наименование оборудо- ванных учебных кабине- тов, лабораторий, ма- стерских и др. объектов для проведения практи- ческих и лабораторных занятий	Перечень основного оборудования	Фактический адрес учебных кабинетов, лабораторий, мастер- ских и др.	Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	для проведения груп- повых и индивидуаль- ных консультаций. Учебная аудитория для проведения заня- тий текущего кон- троля и промежуточ- ной аттестации. (Г- 401)				

Задачи для контрольной работы № 1

Вариант 1

Верхняя крышка шпиндельной коробки токарного станка изготовлена из серого чугуна ($\lambda = 40$ Вт/м. $^{\circ}$ С) и имеет размеры $880 \times 650 \times 12$ мм³. При длительной работе станка крышка имеет фактическую температуру на внутренней поверхности $\theta_1 = 33^{\circ}$ С, а на наружной $\theta_2 = 32,7^{\circ}$ С.

Определите средний градиент температуры по толщине крышки и рассчитайте, какое количество теплоты Q она отдает в окружающую среду в течение каждой минуты работы станка при установившемся режиме.

Найдите термическое сопротивление крышки в направлении теплового потока.

Вариант 2

Вал радиусом $R = 30$ мм из хромоникелевой стали 12Х18Н9Т вращается в подшипнике скольжения. Распределение температур по радиусу вала в некоторый момент времени τ описывается выражением

$$\theta(r) = \theta_s \exp \left[-m\tau \left(1 - \frac{r}{R} \right) \right],$$

а увеличение диаметра вала из-за температурного расширения выражением

$$\Delta = 2\alpha^* \int_0^R \theta(r) dr, \text{ мм.}$$

Здесь θ_s – температура на поверхности вала в момент времени τ ; r – текущий радиус; $m = 0,05$ с⁻¹ – размерный коэффициент; α^* – коэффициент линейного расширения материала.

Рассчитайте градиент температуры по радиусу вала в точке, равно удаленной от оси вала и от его наружной поверхности, если в момент времени $\tau = 60$ с наружная поверхность оказалась нагретой до 100° С.

Рассчитайте, насколько изменится радиальный зазор между валом и подшипником из-за нагрева вала при $\alpha^* = 1,4 \cdot 10^{-5}$ 1/ $^{\circ}$ С.

Вариант 3

В тонкий стержень с одного торца поступает тепловой поток q . Распределение температуры вдоль оси стержня описывается выражением

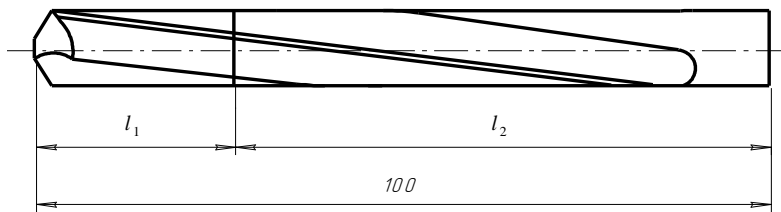
$$\theta(x) = \sqrt{A^2 + B(l-x)} - A,$$

где $A = 2,1 \cdot 10^3$ и $B = 4 \cdot 10^7$ – некоторые постоянные величины.

Полагая, что коэффициент теплопроводности материала стержня зависит от температуры, получите формулу для описания зависимости $\lambda(\theta)$ при $q = 4 \cdot 10^5 \text{ Вт/м}^2$ и $l = 0,03 \text{ м}$.

Рассчитайте температуры на обоих торцах стержня.

Вариант 4



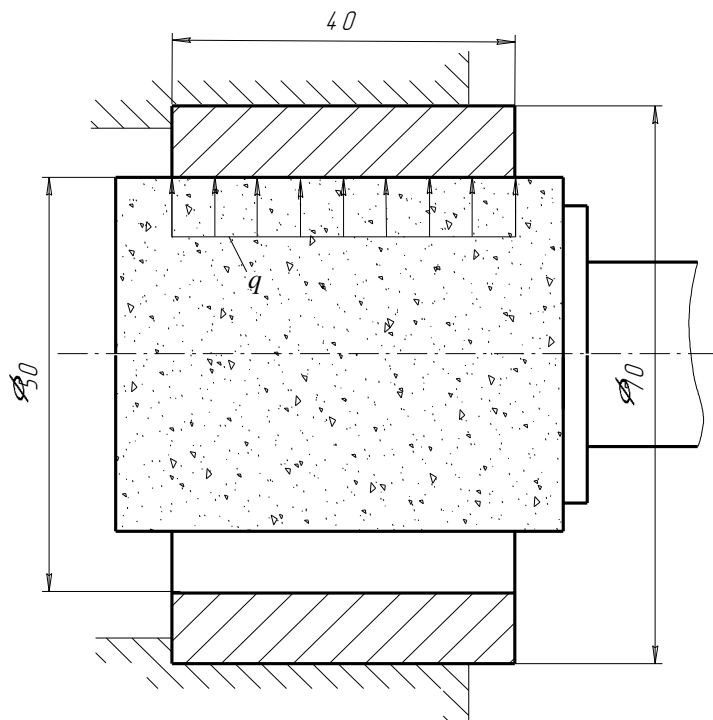
Для обработки отверстий в закаленных заготовках применяют сверла с рабочей частью длиной $l_1 = 30 \text{ мм}$ из твердого сплава Т14К8 ($\lambda_1 = 34 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$) и хвостовиком из стали 45 ($\lambda_2 = 40 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$).

По условиям производства требуется заменить твердый сплав Т14К8 сплавом Т15К6 ($\lambda_3 = 27 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$).

Как следует изменить длины l_1 и l_2 , чтобы при той же общей длине сверла его эквивалентный коэффициент теплопроводности не изменился?

Определите термическое сопротивление отдельных частей нового сверла и всего инструмента в целом, если площадь его поперечного сечения $F = 25 \text{ мм}^2$. Изменением сечения у хвостовика можно пренебречь.

Вариант 5



На внутришлифовальном станке производится врезное шлифование отверстия диаметром 50 мм во втулке из стали ШХ15 ($\lambda = 34 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$). Охлаждающая жидкость в процессе шлифования не применяется.

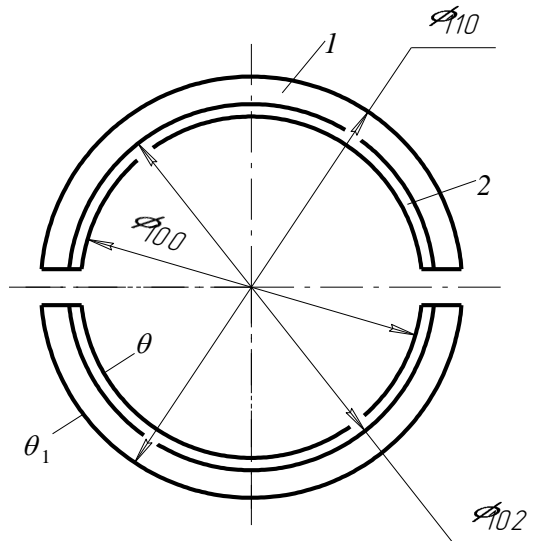
Измерения показали, что при установившемся теплообмене температуры на наружной и внутренней поверхностях втулки составляют, в среднем, $\theta_n = 40^\circ\text{C}$ и $\theta_v = 128^\circ\text{C}$ соответственно.

Эффективная мощность, подведенная к шлифовальному кругу, составляет $W = 2,5 \text{ кВт}$.

Рассчитайте тепловой поток q в материал заготовки на шлифуемой поверхности и определите, какая часть W_1 эффективной мощности расходуется на нагревание втулки в процессе шлифования.

Тепловой поток примите равномерно распределенным по всей внутренней поверхности втулки.

Вариант 6

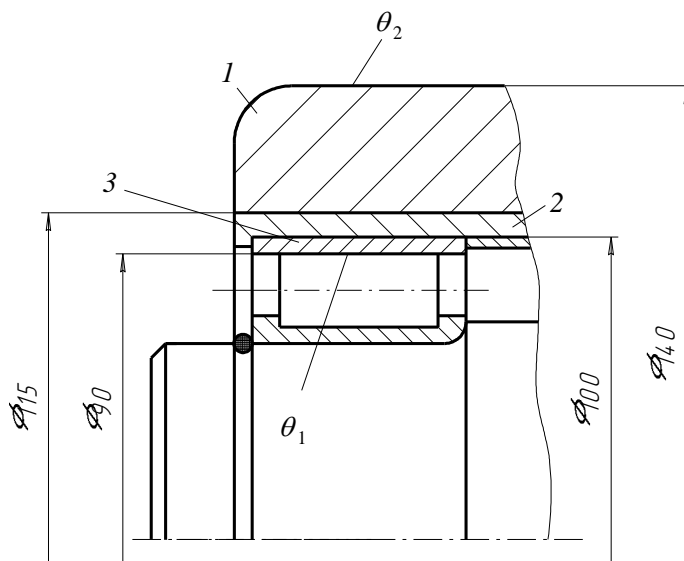


Двухслойный вкладыш подшипника состоит из бронзовой втулки 1 ($\lambda_1 = 105$ Вт/м. $^{\circ}$ С) и слоя баббита 2 ($\lambda_2 = 33,5$ Вт/м. $^{\circ}$ С). В процессе эксплуатации подшипникового узла температура на внутренней поверхности вкладыша достигает $\theta = 150^{\circ}$ С, а на наружной $\theta_1 = 140^{\circ}$ С.

Рассчитайте эквивалентный коэффициент теплопроводности вкладыша и тепловой поток на его внутренней поверхности.

Определите температуру θ_2 на поверхности соединения баббитового слоя и бронзовой втулки.

Вариант 7



Через дорожку качения $\varnothing 90$ наружного кольца 3 роликового подшипника передается тепловой поток $q = 7600$ Вт/м 2 , в результате чего эта поверхность нагревается до температуры $\theta_1 = 45^{\circ}$ С.

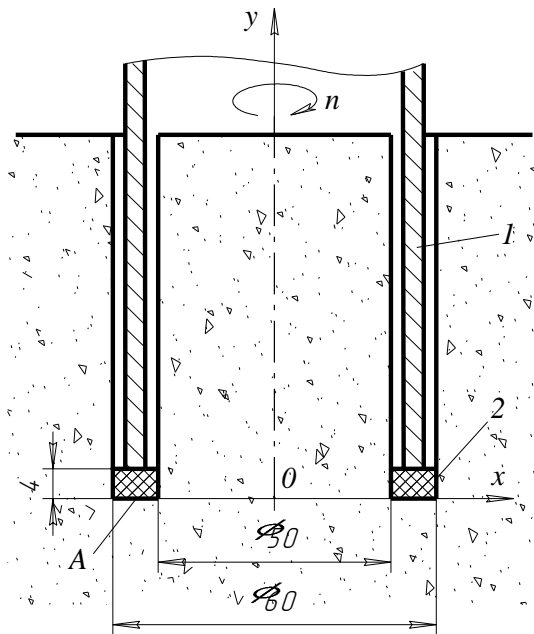
Кольцо изготовлено из стали ШХ15 ($\lambda_3 = 33$ Вт/м. $^{\circ}$ С), стакан 2 – из стали 40Х ($\lambda_2 = 34$ Вт/м. $^{\circ}$ С), а ступица 1 – из чугуна ($\lambda_1 = 40$ Вт/м. $^{\circ}$ С).

Рассчитайте эквивалентный коэффициент теплопроводности узла, состоящего из

деталей 3, 2 и 1, а также температуру θ_2 наружной поверхности ступицы при установившемся теплообмене. Теплоотдачей от подшипникового узла в окружающую среду пренебрегите.

Задачи для контрольной работы № 2

Вариант 1



При изготовлении отверстий в бетоне применяют алмазные сверла, представляющие собой металлическую трубку 1, к торцу которой припаяно алмазосодержащее кольцо 2. Основное тепловыделение при сверлении происходит на торце А.

Алмазосодержащее кольцо, как правило, состоит из 31% кристаллов природного алмаза ($\lambda_1 = 600 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$), 19% зерен твердого сплава ВК8 ($\lambda_2 = 54 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$), 48% медно-никелевой связки ($\lambda_3 = 25 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$) и 2% воздушных пор ($\lambda_4 = 0,03 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$).

Выполните кодирование тепловой задачи по отношению к сверлу, полагая, что тепловыделение распределено по

торцу А равномерно, теплообмен установился, а боковые поверхности сверла не обмениваются теплотой с окружающей средой.

Рассчитайте плотность тепловыделения на торце А, если сверло вращается с частотой 1200 об/мин, а момент сверления равен 4,7 Н.м.

Определите температуру в месте припайки алмазосодержащего кольца к трубке, если в процессе резания торец А нагревается до температуры $\theta_A = 600^\circ\text{C}$. В связи с низкой теплопроводностью обрабатываемого материала можно принять, что вся теплота сверления поступает в инструмент.

Вариант 2

При изготовлении отверстия диаметром 20 мм к сверлу, вращающемуся с частотой 300 об/мин, приложен момент 66 Н.м.

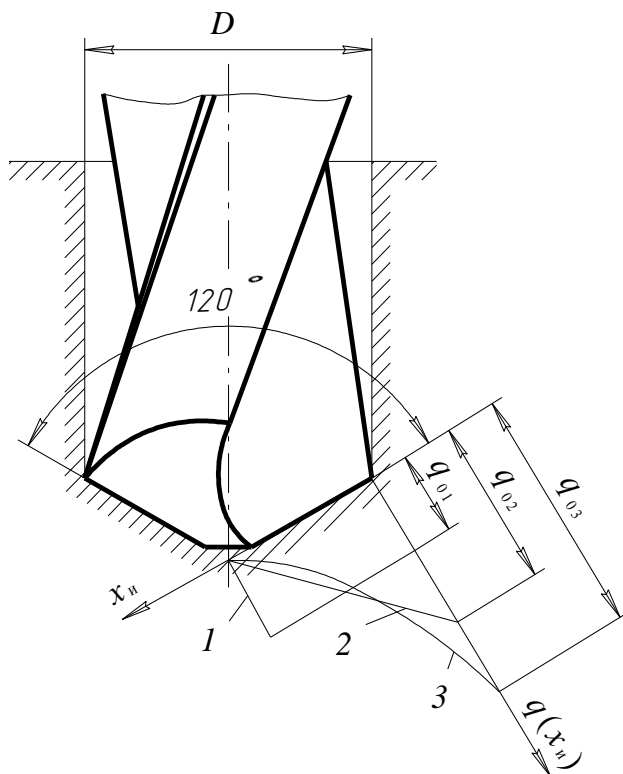
В первом приближении можно принять, что теплота резания выделяется непосредственно на режущих кромках инструмента.

Рассматриваются три варианта распределения плотности тепловыделения $q(x_{ин})$ вдоль режущей кромки при установившемся теплообмене:

1) плотность не зависит от координаты $x_{ин}$, т.е. распределена равномерно на каждой из кромок сверла;

2) значения $q(x_{ин})$ пропорциональны скорости резания в каждой точке кромки;

3) значения $q(x_n)$ распределены по экспоненциальному закону с максимумом на наружном диаметре сверла.



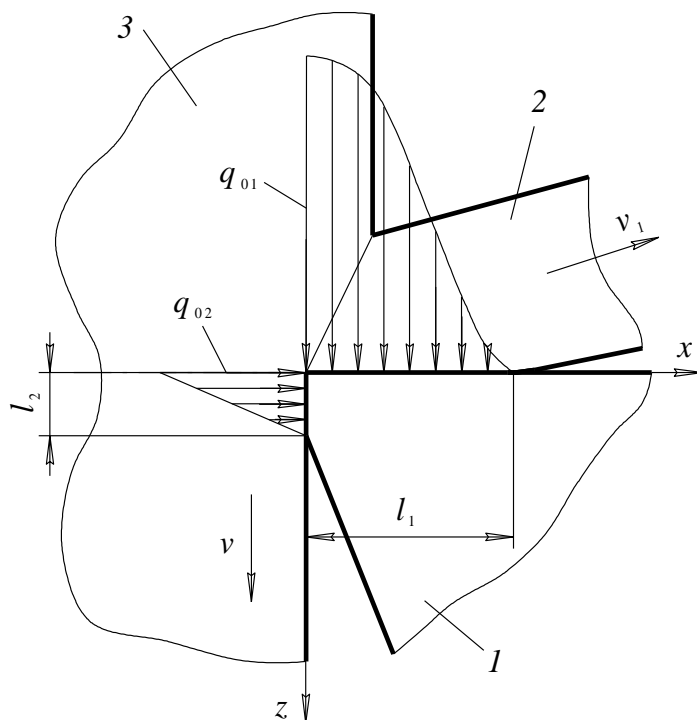
Все варианты распределений показаны на рисунке.

Выполните кодирование тепловой задачи для всех трех случаев с учетом того, что поверхности сверла омываются охлаждающей жидкостью.

Рассчитайте плотности тепловыделения на наружном диаметре сверла в каждом из трех вариантов распределения. (При экспоненциальном законе распределения можно принять, что плотность тепловыделения на оси сверла составляет 5% от максимальной.)

Вариант 3

В процессе резания существует два независимых источника тепловыделения от трения: между передней поверхностью инструмента 1 и стружкой 2, а также между задней поверхностью инструмента и заготовкой 3.



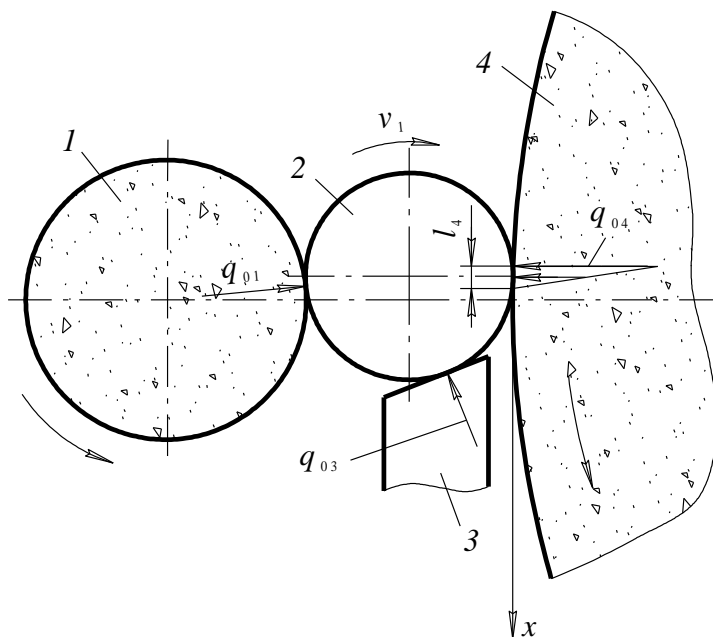
По ширине среза b (размер перпендикулярный плоскости рисунка) плотность тепловыделения распределена равномерно, вдоль передней контактной площадки $b \times l_1$ по несимметричному нормальному закону, а вдоль задней контактной площадки $b \times l_2$ по линейному закону (см. рисунок).

Выполните кодирование тепловой задачи по отношению к резцу при установившемся тепловом режиме, если охлаждающая жидкость на этой операции не применяется.

Рассчитайте плотности q_{01} и q_{02} тепловых потоков у режущей кромки инструмента при условии, что силы трения на его передней и задней поверхностях равны соответственно $F_1 = 1390$ Н и $F_2 = 55$ Н, длины контактных площадок $l_1 = 1,3$ мм и $l_2 = 0,1$ мм, ширина среза $b = 4$ мм, скорость резания $v = 60$ м/мин, а скорость схода стружки $v_1 = 33$ м/мин.

Вариант 4

При врезном бесцентровом шлифовании заготовки из стали ХГН ($\omega = 0,07 \cdot 10^{-4}$ м²/с) из всей мощности $W = 5$ кВт установленного на шлифовальном станке электродвигателя 11,8% теряется из-за трения в механизмах станка, а еще 1,5% расходуется на преодоление трения между заготовкой 2 и опорным ножом 3.



Окружная скорость вращения заготовки $v_1 = 24$ м/мин. Сила трения между заготовкой и ведущим кругом 1 равна 215 Н.

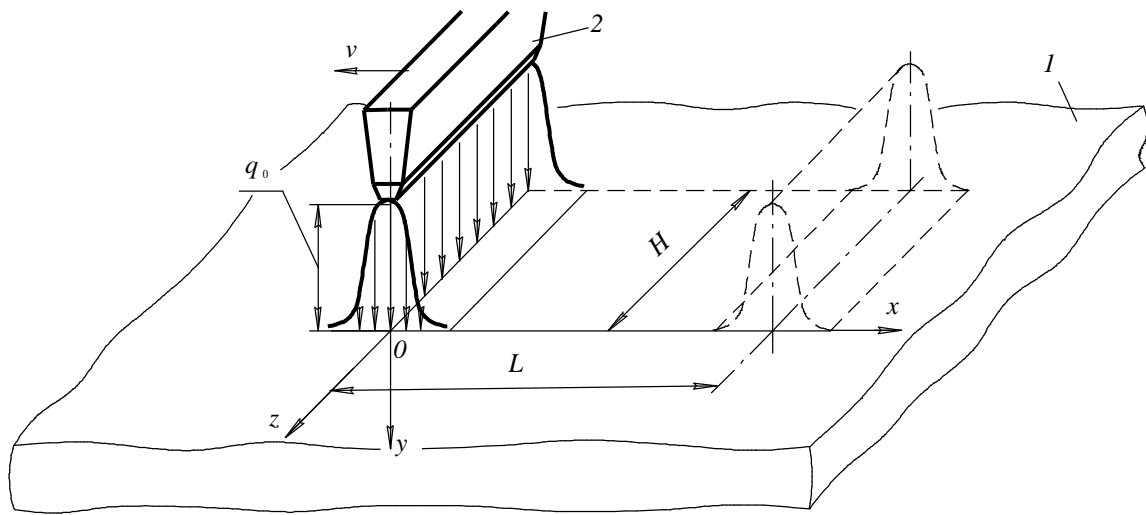
Ширина шлифуемой поверхности (размер перпендикулярный плоскости рисунка) $b = 80$ мм. Все источники тепловыделения распределены вдоль ширины b равномерно.

Длины контактных площадок между заготовкой и ведущим кругом, а также между заготовкой и ножом $l_1 = l_3 \rightarrow 0$. Длина контакта между режущим кругом 4 и заготовкой $l_4 = 2$ мм, причем тепловыделение на этой длине распределено по линейному закону с максимумом q_{04} .

Выполните кодирование тепловой задачи для заготовки при установившемся режиме, если охлаждающая жидкость в процессе шлифования не применяется. Рассчитайте плотности тепловыделения q_{01} , q_{03} и q_{04} на контактных поверхностях.

Вариант 5

При нагревании листа 1 газовой горелкой 2 шириной $H = 50$ мм источник тепловыделения распределен по симметричному нормальному закону с коэффициентом сосредоточенности $k_0 = 7500$ м⁻².



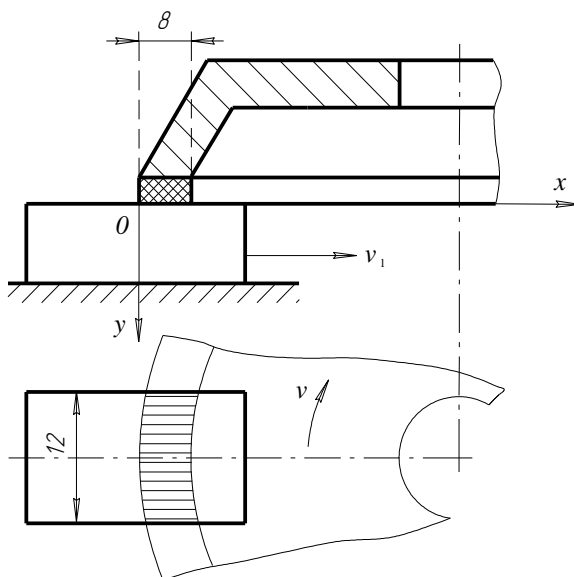
Горелка перемещается со скоростью $v = 0,6$ м/мин. За время, пока горелка прошла расстояние $L = 120$ мм, она выделила 3500 Дж теплоты, причем 90% этой теплоты ушло на нагревание листа, а остальная – на лучистый теплообмен пламени с окружающей средой.

Лист изготовлен из стали 45 ($\omega = 0,08 \cdot 10^{-4}$ м²/с); за пределами контакта с пламенем горелки теплоотдача от листа в окружающую среду пренебрежимо мала.

Выполните кодирование тепловой задачи и определите наибольшую плотность q_0 теплового потока, поступающего в лист.

Вариант 6

При плоском шлифовании заготовки из твердого сплава ВК8 ($\omega = 0,246 \cdot 10^{-4}$ м²/с) алмазным кругом главная составляющая силы резания $P_z = 62$ Н, окружная скорость круга $v = 25$ м/с, а скорость подачи заготовки $v_1 = 1$ м/мин.



Теплота, возникающая на криволинейной площадке контакта круга с заготовкой (на рисунке эта площадка заштрихована), распределена по всей площадке равномерно, причем 17% теплоты поступает в круг, а остальная – в заготовку.

Алмазный круг, эквивалентная объемная теплоемкость которого $(c\rho)_{\text{экв}} = 5,9 \cdot 10^6$ Дж/м³·°С, в рабочем слое содержит 25% алмазных зерен ($\lambda_1 = 520$ Вт/м·°С), 25% зерен карбида бора ($\lambda_2 = 16$ Вт/м·°С), 48% бакелитовой связки ($\lambda_3 = 0,2$ Вт/м·°С) и 2% воздушных пор ($\lambda_4 = 0,03$ Вт/м·°С).

В связи с тем, что диаметр круга значительно больше, чем ширина алмазного слоя, круг можно представить в виде пластины толщиной 8 мм

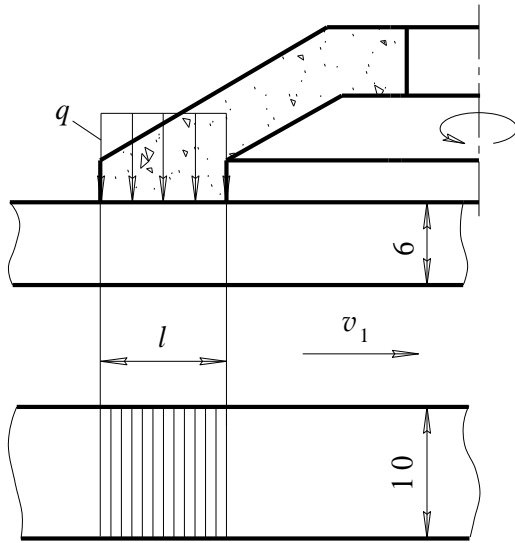
(как показано на рисунке пунктиром), а площадку контакта – в виде прямоугольника $8 \times 12 \text{ мм}^2$.

Напишите коды тепловой задачи по отношению к кругу и по отношению к заготовке при установившемся теплообмене, если охлаждающая жидкость в процессе шлифования не применяется. Рассчитайте тепловые потоки в круг и в заготовку.

Приложение 3

Задачи для контрольной работы № 3

Вариант 1



Источник теплоты в виде прямоугольника шириной $l = 10 \text{ мм}$ перемещается со скоростью $v_1 = 3 \text{ м/мин}$ по поверхности пластины из стали ШХ15 ($\lambda = 33 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$, $\omega = 0,065 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$).

К такому виду можно привести задачу о шлифовании призматической заготовки торцом абразивного круга.

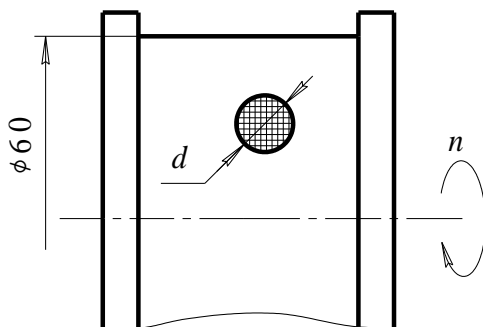
Равномерно распределенный по площадке контакта источник теплоты имеет плотность тепловыделения $q = 15 \cdot 10^6$

Вт/м^2 .

За пределами контакта все поверхности заготовки не отдают теплоты в окружающую среду. Нижнюю поверхность заготовки можно считать пассивной границей.

Используя инженерную методику расчета температур, определите среднюю температуру на площадке контакта круга с заготовкой при установившемся теплообмене.

Вариант 2



Беговую дорожку внутреннего кольца роликового подшипника обрабатывают лазером с целью повышения твердости поверхности. Заготовка вращается с частотой $n = 30 \text{ об/мин}$. Лазерный луч создает на поверхности заготовки пятно нагрева диаметром $d = 1 \text{ мм}$.

Кольцо изготовлено из подшипниковой стали ШХ15 ($\lambda = 33 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$, $\omega = 0,065 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$).

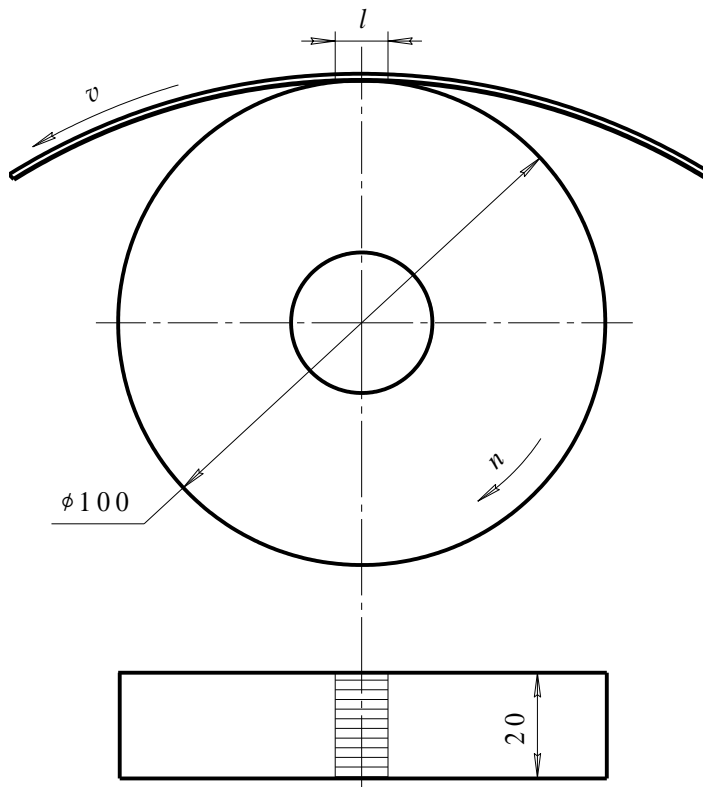
Тепловой поток на поверхности заготовки в пределах пятна нагрева распределен по нормально-круговому закону (т.е. поток имеет один и тот же за-

кон нормального распределения на любом диаметре пятна). Наибольшая плотность тепловыделения (в центре пятна нагрева) $q_0 = 25 \cdot 10^7 \text{ Вт/м}^2$.

Определите, используя инженерную методику расчета температур, какую среднюю температуру имеет поверхность кольца непосредственно под пятном нагрева, если теплоотдачей со всех других поверхностей кольца в окружающую среду можно пренебречь, а теплообмен установился.

Вариант 3

Ролик из коррозионно-стойкой стали 12X18H9T ($\lambda = 23 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$, $\omega = 0,05 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$) полируют эластичной лентой, движущейся с некоторой скоростью v . Ролик вращается с частотой $n = 40 \text{ об/мин}$. Длина контакта между роликом и лентой $l = 5 \text{ мм}$.



В процессе полирования в каждую секунду выделяется $Q = 12 \text{ кДж}$ теплоты. Эта теплота равномерно распределена по всей площадке контакта, причем в заготовку передается $0,6Q$.

Рассчитайте среднюю температуру поверхности контакта ленты и ролика при установившемся теплообмене, используя инженерную методику расчета температур. Теплоотдачей с поверхностей ролика в окружающую среду можно пренебречь.