



## ТЕПЛОФИЗИКА ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

### Задание 1.1

Верхняя крышка шпиндельной коробки токарного станка изготовлена из серого чугуна ( $\lambda = 40 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ ) и имеет размеры  $880 \times 650 \times 12 \text{ мм}^3$ . При длительной работе станка крышка имеет фактическую температуру на внутренней поверхности  $\theta_1 = 33^\circ\text{C}$ , а на наружной  $\theta_2 = 32,7^\circ\text{C}$ .

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.



## ТЕПЛОФИЗИКА ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

### Задание 1.2

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

$$\theta(r) = \theta_s e^{-m\tau(1-r/R)},$$

а увеличение диаметра вала из-за температурного расширения выражением

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

Здесь  $\theta_s$  – температура на поверхности вала в момент времени  $\tau$ ;  $r$  – текущий радиус;  $m = 0,05 \text{ с}^{-1}$  – размерный коэффициент;  $\alpha^* = 1,4 \cdot 10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{C}$  – 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  $100^\circ\text{C}$ .

Рассчитайте, насколько изменится радиальный зазор между валом и подшипником из-за нагрева вала.



## ТЕПЛОФИЗИКА ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

### Задание 1.3

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.

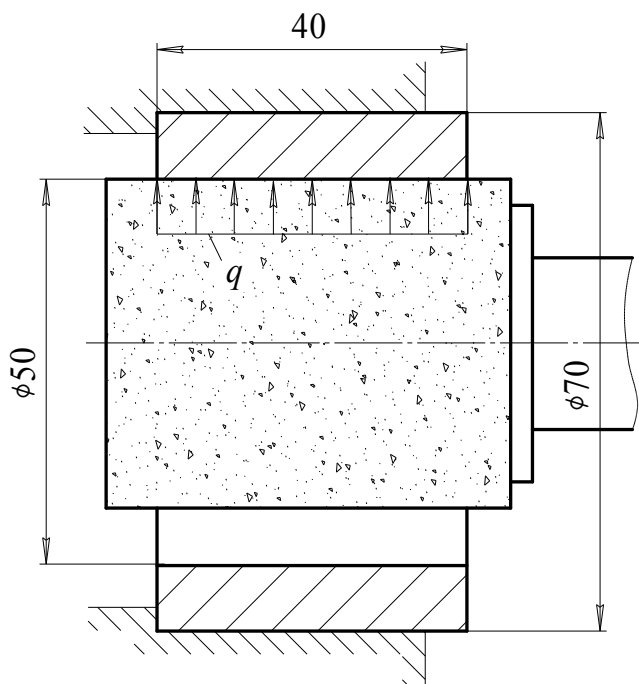
Полагая, что коэффициент теплопроводности материала стержня зависит от температуры, получите формулу для описания зависимости  $\lambda(\theta)$  при  $q = 4 \cdot 10^5$  Вт/м<sup>2</sup> и  $l = 0,03$  м.

Рассчитайте температуры на обоих торцах стержня.



## ТЕПЛОФИЗИКА ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

### Задание 1.4



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

Измерения показали, что при установившемся теплообмене средняя температура наружной поверхности втулки  $\theta_n = 40^\circ\text{C}$ , а внутренней поверхности втулки  $\theta_b = 128^\circ\text{C}$ .

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

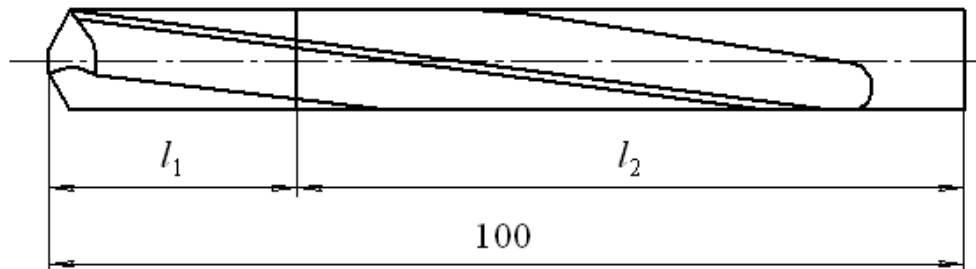
Рассчитайте тепловой поток  $q$  в материал заготовки на шлифуемой поверхности и определите, какая часть  $W_1$  эффективной мощности расходуется на нагревание втулки в процессе шлифования.

Тепловой поток примите равномерно распределенным по всей внутренней поверхности втулки.



## ТЕПЛОФИЗИКА ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

### Задание 2.1



Для обработки отверстий в закаленных заготовках применяют сверла с рабочей частью длиной  $l_1 = 30$  мм из твердого сплава Т14К8 ( $\lambda_1 = 34$  Вт/м $\cdot$ °С) и хвостовиком из стали 45 ( $\lambda_2 = 40$  Вт/м $\cdot$ °С). По условиям производства требуется заменить твердый сплав Т14К8 сплавом Т15К6 ( $\lambda_3 = 27$  Вт/м $\cdot$ °С).

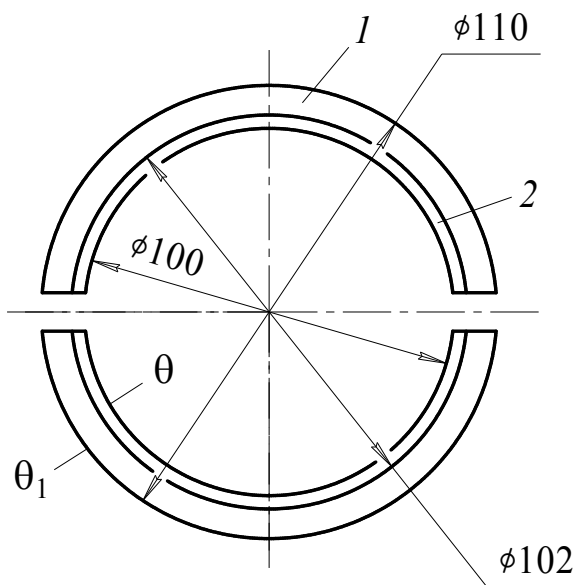
Какие длины  $l'_1$  и  $l'_2$  следует придать рабочей и хвостовой частям нового сверла, чтобы при той же общей длине сверла его эквивалентный коэффициент теплопроводности не изменился?

Определите термическое сопротивление отдельных частей нового сверла и всего инструмента в целом, если площадь его поперечного сечения  $25$  мм $^2$ . Изменением сечения в зоне заборного конуса и у хвостовика пренебрегите.



## ТЕПЛОФИЗИКА ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

### Задание 2.2



Двухслойный вкладыш подшипника состоит из бронзовой втулки  $1$ , имеющей теплопроводность  $\lambda_1 = 105 \text{ Вт/м}\cdot\text{°C}$ , и слоя баббита  $2$  ( $\lambda_2 = 33,5 \text{ Вт/м}\cdot\text{°C}$ ).

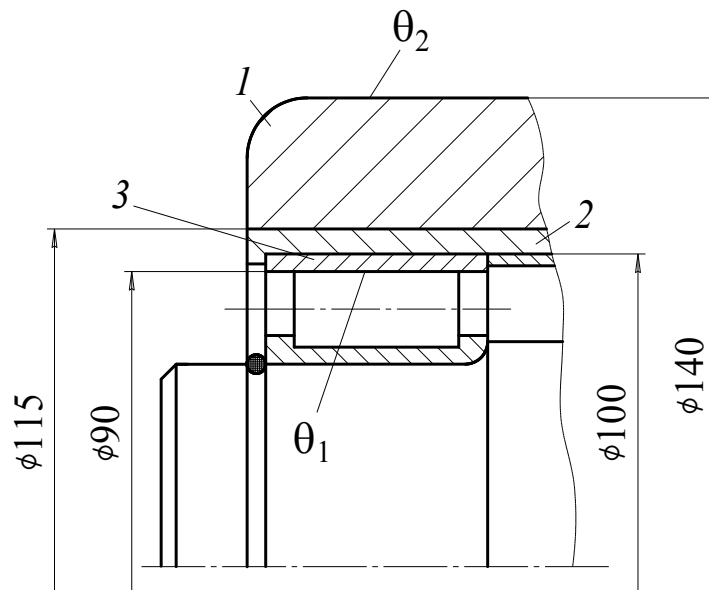
В процессе эксплуатации подшипникового узла температура на внутренней поверхности вкладыша достигает  $\theta = 150\text{°C}$ , а на наружной  $\theta_1 = 140\text{°C}$ .

Рассчитайте тепловой поток на внутренней поверхности вкладыша и температуру на поверхности соединения баббитового слоя и бронзовой втулки.



## ТЕПЛОФИЗИКА ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

### Задание 2.3



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

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

Рассчитайте эквивалентный коэффициент теплопроводности узла, состоящего из деталей 1, 2 и 3, а также температуру  $\theta_2$  наружной поверхности ступицы при установившемся теплообмене. Теплоотдачей от подшипникового узла в окружающую среду пренебрегите.



## ТЕПЛОФИЗИКА ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

### Задание 2.4

Диск диаметром  $D$  и толщиной  $L$  из стали ШХ15 ( $\lambda_0 = 35$  Вт/м·°С) работает в условиях активного истирания. Для повышения срока службы предложено изменить конструкцию детали следующим образом: изготовить основу толщиной  $l < L$  из конструкционной стали 45 ( $\lambda_1 = 37$  Вт/м·°С), а на ее торцы наплавить слои антифрикционного сплава – баббита ( $\lambda_2 = 30$  Вт/м·°С).

Получите формулу для расчета необходимой толщины наплавки  $\delta$  при условии, что габариты детали и ее термическое сопротивление должны остаться прежними. Рассчитайте значение  $\delta$ , если  $L = 20$  мм.

Тепловой поток от трения примите равномерно распределенным по торцовым поверхностям диска.