

Ми-
Сева-
уни-



истерство образования и науки Украины
стопольский национальный технический
верситет

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ТЕПЛОВЫХ ЭФФЕКТОВ
ПРИ РЕЗАНИИ**

Методические указания

**к контрольной работе по дисциплине
«Тепловые процессы в технических системах»
для студентов специальностей**

7.09.0202 «Технология машиностроения»

**7.09.0203 «Международная техническая
экспертиза**

**машин и систем»
заочной формы обучения**

**Севастополь
2008**

УДК 620.9 (075)

Определение тепловых эффектов при резании.
Методические указания к контрольной работе по
дисциплине «Тепловые процессы в технических системах»
/ Сост. Л.М.Мурзин. – Севастополь: Изд-во СевНТУ.
2008г. - 28с.

Цель: оказание помощи студентам в выполнении расчетно-графического задания по определению тепловых эффектов в обрабатываемой детали и инструменте при обработке деталей резанием. Указания предназначены для студентов специальностей 7.09.0202 «Технология машиностроения», 7.09.0203 «Международная техническая экспертиза машин и систем» заочной формы обучения.

Контрольная работа разработана в соответствии с рабочей программой дисциплины «Тепловые процессы в технических системах»

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры технологии машиностроения.
Протокол N 5 от 10 декабря 2007 года.

Допущено учебно-методическим центром университета в качестве методических указаний.

Рецензент: А.В.Троценко, кандидат технических наук, доцент.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	4
1.1 Общие вопросы	4
1.2 Анализ теплового процесса при лезвийной обработке	4
1.3 Тепловые потоки в зоне резания	5
2. ВЫБРАТЬ ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	6
2.1 Вариант обработки	6
2.2. Выбрать инструмент	6
2.3. Рассчитать параметры режима резания	6
2.4. Изобразить схему обработки и схему действия сил резания	6
3. ПОРЯДОК РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРЫ	7
3.1 Размеры сечения среза	7
3.2 Интенсивность теплового потока от трения на передней поверхности	7
3.3 Интенсивность теплового потока от трения на задней поверхности	7
3.4. Интенсивность теплового потока, представляющего теплоту деформации	8
3.5. Безразмерные критерии подобия	8
3.6 Относительное количество теплоты деформации, b^*	8
3.7. Коэффициент «С»	8
3.8. Коэффициент «m»	8
3.9 Безразмерные коэффициенты при работе без охлаждения	9
3.10. Безразмерные коэффициенты, отражающие влияние охлаждения	10
3.11. Температура точки L, рассчитанная со стороны стружки	10
3.12. Температура точки L, рассчитанная со стороны резца	11
3.13. Температура точки S, рассчитанная со стороны изделия	12
3.14. Температура точки S, рассчитанная со стороны резца	12
3.15. Исходные уравнения при работе без охлаждения	12
3.16. Исходные уравнения при работе с охлаждением	12
3.17 Наибольшая температура на контакте резец-стружка (точка L)	13
3.18 Наибольшая температура на контакте резец-стружка (точка S)	13
4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ	13
4.1. Проанализировать эффекты воздействия температур на материалы	13
4.2. Разработать мероприятия по снижению или оптимизации температуры в зоне резания	13
4.3. Сделать выводы	13
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	14
Библиографический список	14
Приложение А(обязательное) Рисунки и графики	15
Приложение Б(справочное) Таблицы свойств материалов	22

ВВЕДЕНИЕ

Для успешного воздействия на процесс резания важно владеть методами расчета температур и тепловых потоков, влияющих на точность и качество изготавливаемых деталей, их взаимозаменяемость, знать пути и способы отвода теплоты от деталей, режущего инструмента, уметь оценить тепловой режим на поверхностях детали, инструмента, стружки, знать последствия этих воздействий, уметь управлять факторами, влияющими на этот процесс.

Основной поток энергии при изготовлении детали направлен именно к ней и поэтому в зоне обработки и прилегающих к ней компонентах технологической системы (деталь, инструмент, стружка) образуется большое количество внутренней энергии в виде теплоты, концентрирующейся в небольших объемах поверхностного слоя детали режущей части инструмента. Вследствие этого здесь развиваются высокие температуры.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Общие вопросы

В зону обработки тепловая энергия поступает в основном через поверхности инструмента, контактирующие с деталью, где она возникает за счет сил трения и деформации. В непосредственной близости от зоны резания находится стружка и смазочно-охлаждающие средства (жидкие, твердые, газообразные). Качество поверхности и свойства материала поверхностного слоя детали, подвергнутой обработке, является результатом сложного взаимодействия температурного и силового факторов. Физико-механические свойства поверхностного слоя в основном характеризуются глубиной и степенью упрочнения, величиной и характером распределения внутренних напряжений, образованием трещин.

При высоких температурах наряду с разупрочнением происходят термопластические деформации. Действием температурного фактора обусловлены структурно-фазовые превращения в поверхностных слоях детали и инструмента. Скорость нагрева и охлаждения при этом весьма высоки и составляют $10^5 - 10^6$ °C/с . В результате вторичной поверхностной закалки или отпуска может повыситься или понизиться твердость и изменятся свойства материала. Последствия теплового воздействия на инструмент особенно сильно сказываются на его стойкости.

1.2 Анализ теплового процесса при лезвийной обработке.

Лезвийная обработка – наиболее распространенный вид формирования поверхностей деталей машин. Методы лезвийной обработки разнообразны, однако тепловые процессы и эффекты при этом во многом имеют общие признаки, что позволяет применить общую методику расчета тепловых эффектов для различных методов лезвийной обработки.

Процессы резания лезвийным инструментом классифицируют по следующим признакам:

вид резания (свободное, несвободное, ротационное); вид поверхности (внешняя, внутренняя, открытая, закрытая); вид инструмента (однолезвийный, многолезвийный); режим резания (стабильный, прерывистый, переменный по параметру режима); дополнительные источники и стоки теплоты (охлаждение СОС, нагревание предварительное, нагревание плазмой, электроконтактное воздействие).

При обработке открытых внешних поверхностей сход стружки не затруднен и процессы вторичного теплообмена незначительны. При обработке внутренних, закрытых поверхностей сход стружки и ее удаление из зоны обработки затруднен, процессы вторичного теплообмена интенсифицируются и температура значительно возрастает.

Существенны отличия в тепловых процессах при однолезвийной и многолезвийной, а также между стабильной и прерывистой обработкой. При многолезвийной обработке происходит взаимное влияние локальных зон резания, что приводит к дополнительному росту температуры. При прерывистой обработке охлаждение при прекращении резания в целом приводит к понижению температуры резания.

1.3 Тепловые потоки в зоне резания

В зоне резания возникают три основных источника тепла:

1. Теплота деформации в зоне стружкообразования
2. Теплота трения на площадке контакта между стружкой и передней поверхностью инструмента
3. Теплота трения между задней поверхностью инструмента и обработанной поверхностью детали.

Для упрощения тепловых расчетов вводят понятие итоговых потоков тепла и плоских источниках тепла. Размеры этих источников приравниваются размерам поверхности контакта между деталью, инструментом и стружкой. Как правило, размеры компонентов процесса резания значительно превышают размеры зоны резания и площадок контакта. Поэтому для упрощения расчетов применяют схематизацию элементов технологической системы в виде полубесконечных тел. Например, для инструмента применяют схематизацию в виде полубесконечного клина. Может потребоваться и другая схематизация. Например, для тела в виде тонкой пластины потребуется другая схематизация. Необходимость схематизации можно оценить по формуле

$$Fo = a\tau / \delta^2 < 1 \quad (1)$$

где, Fo – критерий Фурье,

a – коэффициент температуропроводности, $\text{см}^2/\text{с}$,

τ - время контакта тел, δ - толщина пластины

При расчете тепловых эффектов в детали и инструменте используют критерии подобия и критериальные уравнения, а также справочные данные о теплофизических свойствах твердых, газообразных и жидких материалов. В результате можно рассчитать температуру на поверхностях инструмента при заданных условия обработки детали.

2. ВЫБРАТЬ ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

2.1 Вариант обработки

Вариант выбирается по таблице 1. Номер варианта определяется по последней цифре зачетной книжки студента.

Таблица 1 Условия задания

N Var	вид обработки	заготовка материал	t, мм	материал инструмента
1	точение	сталь 20	3	T5K10
2	точение	сталь 45	2	TH20
3	точение	алюминий А2	3	BK6M
4	расточивание	сталь X18H9	2	BK6
5	расточивание	медь М1	3	BK6
6	расточивание	алюминий А2	3	BK6M
7	фрезерование	сталь 45	4	T5K10
8	фрезерование	алюминий А2	5	P6M5
9	строгание	сталь 45	3	TH20
0	долбление	алюминий А2	5	BK6M

2.2. Выбрать инструмент

Выбрать геометрию режущей части инструмента, размеры державки.
Обосновать сделанный выбор.

2.3. Рассчитать параметры режима резания

Рассчитать скорость резания (для определения скорости резания задать диаметр обработки и число оборотов) , силы резания, подачу.

2.4. Изобразить схему обработки и схему действия сил резания

(см. рисунок А.1). (Геометрические размеры детали задать самостоятельно)

Пояснения к рисунку А.1

t -глубина резания, мм; V -скорость резания, см/с; s -подача, мм/об;

φ - главный угол в плане, φ_1 -вспомогательный угол в плане,

γ - передний угол, α - задний угол

3. ПОРЯДОК РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРЫ

Рассчитать температуру на контактных поверхностях инструмента (точки L, S) (см. рисунок А.2)

3.1 Размеры сечения среза

$$\begin{array}{ll} \text{ширина стружки} & b = \frac{t}{\sin \varphi} \end{array} \quad (1)$$

$$\text{толщина стружки} \quad a = s * \sin \varphi \quad (2)$$

3.2 Интенсивность теплового потока от трения на передней поверхности инструмента

$$q_0 = 3,9 \frac{V}{k} \sigma_0 = 7,73 \frac{V}{k} P_{zo} \frac{\sin \varphi}{t * l_{\Pi}} (\sin \gamma + m_p * \cos \gamma), \text{ кал/см}^2 * \text{с} \quad (3)$$

где $k = 4,2 \dots 1,1$ – коэффициент усадки стружки; $l_{\Pi} = 2,2 \dots 0,9$ – длина контактной площадки между стружкой и инструментом, мм;

V – скорость резания, см/с; γ – передний угол, градус,

σ_0 – предел прочности материала детали, Н/мм².

$$m_p \approx \frac{\sqrt{P_x^2 + P_y^2}}{P_z} - \text{коэффициент}$$

где P_x , P_y , P_z – составляющие силы резания

3.3 Интенсивность теплового потока от трения на задней поверхности инструмента

$$q_{T3} = 3,9 \frac{F_{T3}}{b * l_3} V, \text{ кал/см}^2 * \text{с} \quad (4)$$

где $l_3 = 0,1 \dots 0,22$ – длина контактной площадки между инструментом и поверхностью резания, мм;

F_{T3} – сила трения на площадке контакта резец-изделие, Н

3.4. Интенсивность теплового потока, представляющего теплоту деформации

$$q_d = 3,9 \frac{\cos \gamma}{\sqrt{k^2 - 2k \sin \gamma + 1}} * \frac{P_{ZO}(k - \sin \gamma) - P_{NO} \cos \gamma}{t * s} * \frac{V}{k}, \text{ кал/см}^2 * \text{с} \quad (5)$$

где $P_{NO} = \sqrt{P_x^2 + P_y^2}$ - нормальная составляющая силы резания

3.5. Безразмерные критерии подобия

$$R = \frac{1}{6} \frac{V * a}{\omega * l_{II}}; R_0 = \frac{1}{12} \frac{V * a}{\omega} = \frac{1}{2} R \frac{l_{II}}{a * k}; \quad (6)$$

$$\varphi_c = 8 * 10^{-2} * R \frac{l_N}{k * d}; R_u = \frac{1}{24} * \frac{V * a_0}{\omega} \operatorname{tg} \beta = \frac{1}{2} R_0 \frac{\cos \gamma}{k - \sin \gamma}$$

где ω - коэффициент температуропроводности, см²/с;

d - диаметр изделия, см

β - угол заострения резца, градус; V - скорость резания, см/с.

R_u - используется при определении Tu (по рисунку 9)

3.6 Относительное количество теплоты деформации, уходящее со стружкой, b^*

$$b^* = \frac{1}{1 + 0,94 \frac{k}{(k^2 + 1)^{0,25} * \sqrt{R_0}}} \quad (7)$$

3.7. Коэффициент «С»

Коэффициент «С», характеризующий влияние переноса теплоты зоны резания в стружку (см. рисунок А.3) (учитывается в формулах 11 и 14)

3.8. Коэффициент «т»

Коэффициент «т», характеризующий соотношение между средней температурой охлаждаемого участка передней поверхности резца и наибольшей температурой контакта

$$\rho' = \frac{l_0}{l_{\Pi}}; \varepsilon' = \frac{b_0}{b}; \eta = \frac{b}{l_{\Pi}}; m = \frac{f_1 + f_2 * f_3}{f_4} \quad (8)$$

(выбирается по рисункам А.4 и А.5)
 где l_0 , b_0 выбираются по условиям охлаждения.
 (принять $l_0 = b_0 = 2b$ – согласно рисунку А.2)

3.9 Безразмерные коэффициенты при работе без охлаждения

Безразмерные коэффициенты для температур в точках L и S при работе без охлаждения

$$A_{\Pi}^L \approx 4,81 F_c(0,5; \beta) + \frac{1440}{\beta} \lg \frac{b}{l_{\Pi}}$$

$$A_3^L \approx 4,81 F_H \left(\frac{l_{\Pi}}{2l_3}; \beta \right) + \frac{1440}{\beta} \left[\lg \frac{2b}{l_{\Pi}} + \sqrt{\frac{2l_3}{l_{\Pi}}} \lg \frac{l_{\Pi}}{2l_3} \right]$$

$$A_{\Pi}^S \approx 4,81 F_H \left(\frac{l_3}{l_{\Pi}}; \beta \right) + \frac{1440}{\beta} \lg \frac{b}{l_{\Pi}}$$

$$A_3^S \approx 4,81 F_c(l; \beta) + \frac{1440}{\beta} \lg \frac{b}{l_3}$$

где $F_c(\rho; \beta), F_H(\rho; \beta)$ – безразмерные функции, служащие для расчета температур в резце (см. таблица Б.2, рисунок А.6)
 ρ – относительное расстояние от вершины резца (см. рисунок А.2);
 β – угол заострения резца.

3.10. Безразмерные коэффициенты, отражающие влияние охлаждения

$$A_{оп}^L \approx 4,81 F_C \left(\frac{l_{II}}{2 * l_0}; \beta \right) + \frac{1440}{\beta} \lg \frac{b_0}{l_0}$$

$$A_{оп}^S \approx 4,81 F_H \left(\frac{l_3}{l_0}; \beta \right) + \frac{1440}{\beta} \lg \frac{b_0}{l_0} \quad (10)$$

$$A_{о3}^L \approx 4,81 F_H \left(\frac{l_{II}}{2 * l_{03}}; \beta \right) + \frac{1440}{\beta} \lg \frac{b_{03}}{l_{03}}$$

$$A_{о3}^S \approx 4,81 F_C \left(\frac{l_3}{l_{03}}; \beta \right) + \frac{1440}{\beta} \lg \frac{b_{03}}{l_{03}}$$

где индекс «о» означает охлаждение.

b_0, l_0 – размеры площадки, омываемой охлаждающей жидкостью на передней поверхности инструмента;

b_{03}, l_{03} – размеры площадки, омываемой охлаждающей жидкостью на задней поверхности инструмента.

3.11. Температура точки L, рассчитанная со стороны стружки

$$\theta_{II}(x) = 0,122 * \frac{\sqrt{\omega}}{\lambda} \sqrt{\frac{l_{II} * k}{V}} (q_0 T_{ТП} - 2,26 q_{II} T_{ПИ}) +$$

$$+ 0,6 * (1 + c) \frac{\omega}{\lambda} b * q_0 \frac{k}{V} \quad (11)$$

где $T_{ТП} = \varepsilon(n)$ – безразмерная функция, служащая для расчета температурного поля в стружке (см. рисунок А.7) (для точки L, $\psi = 0,5$ при $n=0$, $\chi(n) = 0$); $T_{ПИ} = \tau(n)$ – безразмерная функция, служащая для расчета температурного поля в изделии (см. рисунок А.8)

(для точки L, $\psi = 0,5$ при $n=0$, $V=0$)

ω – коэффициент температуропроводности, см²/с;

λ – коэффициент теплопроводности, кал/см*с*°C

3.12. Температура точки L, рассчитанная со стороны реза

$$\theta_B(L)^* = \frac{q_{II} * l_{II} * A_{II}^L + q_3 * l_3 * A_3^L}{40\pi\lambda_u} \quad (12)$$

$$\theta_0(L)^{**} = \frac{h_1}{1+h_2} \left(q_{II} * l_{II} (A_{II}^L - h_3 * A_{II}^S) + q_3 * l_3 (A_3^L - h_3 * A_3^S) \right)$$

где λ_u - коэффициент теплопроводности материала режущей части инструмента, кал/см²*с*°C;

Здесь, индекс «Б» и «О» означает «без охлаждения» и «с охлаждением» соответственно.

$$h_1 = \frac{1}{40\pi * \lambda_u + \alpha_{оп} * m_{оп} (l_0 * A_{оп}^L - l_{II} * A_{II}^L)}$$

$$h_2 = h_3 * h_5 \quad (13)$$

$$h_3 = \frac{\alpha_{о3} * m_{о3} (l_{о3} * A_{о3}^L - l_3 * A_3^L)}{40\pi * \lambda_u + \alpha_{о3} * m_{о3} (l_{о3} * A_{о3}^S - l_3 * A_3^S)}$$

$$h_4 = \frac{1}{40\pi * \lambda_u + \alpha_{о3} * m_{о3} (l_{о3} * A_{о3}^S - l_3 * A_3^S)}$$

$$h_5 = \frac{\alpha_{оп} * m_{оп} (l_0 * A_{оп}^S - l_{II} * A_{II}^S)}{40\pi * \lambda_u + \alpha_{оп} * m_{оп} (l_0 * A_{оп}^L - l_{II} * A_{II}^L)}$$

где $\alpha_{оп}$, $\alpha_{о3}$ - коэффициент теплоотдачи в охлаждающую среду соответственно со стороны передней и задний поверхности инструмента, кал/см²*с*°C;

Коэффициенты $\alpha_{оп}$ и $\alpha_{о3}$ определяют по формуле $\alpha_{оп(о3)} = c_\alpha \frac{\omega^{0.7}}{D_{ЭКВ}^{0.3}}$,

где c_α , ω - свойства СОЖ (таблица Б.3);

$D_{ЭКВ}$ – эквивалентный диаметр стержня инструмента.

Для прямоугольного сечения стержня - $D_{ЭКВ} = 0,4 \frac{b_u * H}{2H + b_u}$

где b_u , H – ширина и толщина соответственно.

3.13. Температура точки S, рассчитанная со стороны изделия

$$\theta_3(S) = 0,276 * \frac{\sqrt{\omega}}{\lambda} \sqrt{\frac{l_3}{v_u}} \tau_3 (q_{T3} - q_3) + 0,6(1+c) \frac{\omega}{\lambda} b^* \cdot q_o \frac{k}{V} T_u \quad (14)$$

где T_u - безразмерная функция, служащая для расчета температурного поля в изделии (рис.9)

(для точки S, $v_u = 1 + \frac{0,1}{a} * \frac{\cos \gamma}{k - \sin \gamma}$); τ_3 - принимаем по рисунку А.8.

3.14. Температура точки S, рассчитанная со стороны резца

$$\theta_B(S)^* = \frac{q_{II} * l_{II} * A_{II}^S + q_3 * l_3 * A_3^S}{40\pi\lambda_u} \quad (15)$$

$$\theta_0(S)^{**} = \frac{h_4}{1+h_2} \left(q_{II} * l_{II} (A_{II}^S - h_5 * A_{II}^L) + q_3 * l_3 (A_3^S - h_5 * A_3^L) \right)$$

3.15. Исходные уравнения при работе без охлаждения

Исходные уравнения при работе без охлаждения и расчетные значения q_{II} и

q_3 (расчет по уравнениям 12 и 15 для индекса «Б»)

$$\begin{aligned} \theta(L) &= \theta_B(L)^* \\ \theta(S) &= \theta_B(S)^* \end{aligned} \quad (16)$$

3.16. Исходные уравнения при работе с охлаждением

Исходные уравнения при работе с охлаждением и расчетные значения q_{II} и

q_3 (расчет по уравнениям 12 и 15 для индекса «О»)

$$\begin{aligned} \theta(L) &= \theta_0(L)^{**} \\ \theta(S) &= \theta_0(S)^{**} \end{aligned} \quad (17)$$

3.17 Наибольшая температура на площадке контакта резец-стружка (точка L)

(Формула 11)

3.18 Наибольшая температура на площадке контакта резец-стружка (точка S)

(Формула 14)

4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

4.1. Проанализировать эффекты воздействия температур на материалы инструмента и детали

В ходе анализа необходимо рассмотреть возможность появления дефектов, фазовых превращений в материалах инструмента и детали вследствие воздействия температуры и возможность потери эксплуатационных свойств.

4.2. Разработать мероприятия по снижению или оптимизации темпера- туры в зоне резания

При разработке мероприятий следует учитывать последствия изменений температуры, которые могут привести к изменению силовых параметров резания, изменению производительности обработки и т.п.

4.3. Сделать выводы

В выводах следует отразить роль предложенных мероприятий в повышении стойкости инструмента и производительности обработки.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные источники и стоки тепла при лезвийной обработке резанием.
2. Опишите основные механизмы теплопередачи, определяющие тепловые эффекты в зоне резания.
3. Опишите основные механизмы теплопередачи, определяющие тепловые эффекты в теле инструмента.
4. Опишите основные механизмы теплопередачи, определяющие тепловые эффекты в теле заготовки.
5. Опишите основные механизмы теплопередачи, определяющие тепловые эффекты в стружке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Якимов А. В. Теплофизика механической обработки / А.В. Якимов, П.Т. Слободяник, А.В. Усов.- Киев-Одесса: Изд-во «Лыбидь», 1991.- 240с.
2. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов / А.Н.Резников.- М.: Машиностроение, 1981.- 279с.
3. Тихонцов А.М. Тепловые процессы при механической обработке материалов резанием / А.М.Тихонцов, С.И.Чухно, А.Н. Коробочка. – К.:Изд-во УМК, 1992, - 286с.
4. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / Под ред. А.Ф. Горбачевича. – Минск: Выш. шк., 1975. - 287с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах /Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. М.:Машиностроение, 1982.- 1том - 656с., 2том - 496с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)
Рисунки и графики

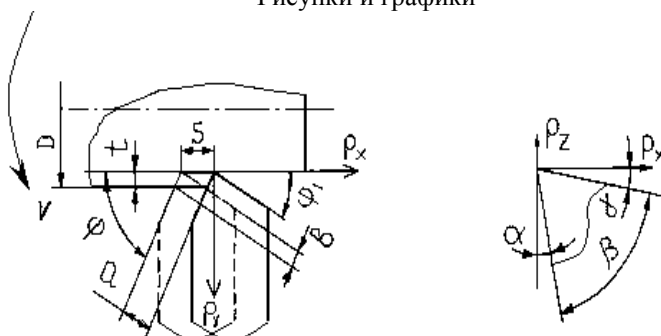


Рисунок А.1 - Схема обработки и схема действия сил резания

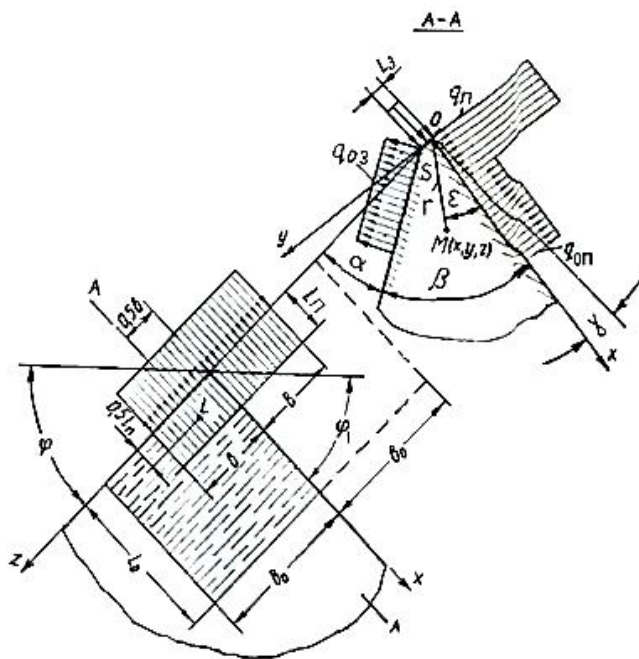


Рисунок А.2 - Схема для расчета температурного поля

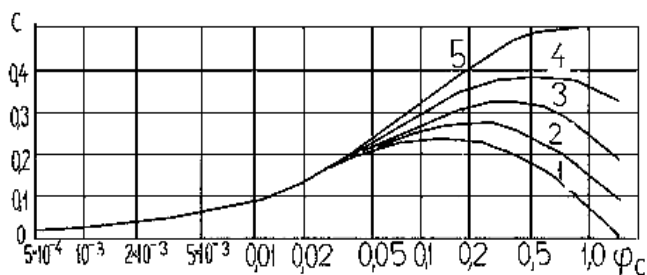


Рисунок А.3 - График для расчета поправки “с”, учитывающей перенос теплоты поверхности резания в стружку через один оборот заготовки:

χ

- 1- $\chi = a = 1$ наружная сторона стружки; 2- $\chi = 0,75$;
 3- $\chi = 0,5$; 4- $\chi = 0,25$; 5- $\chi = 0$ -надрезцовая сторона стружки

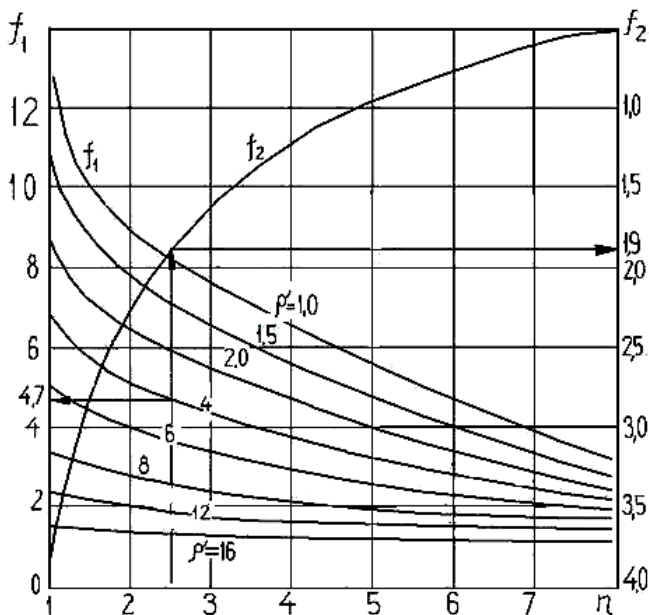


Рисунок А.4 - Номограмма для расчета коэффициентов f_1 и f_2

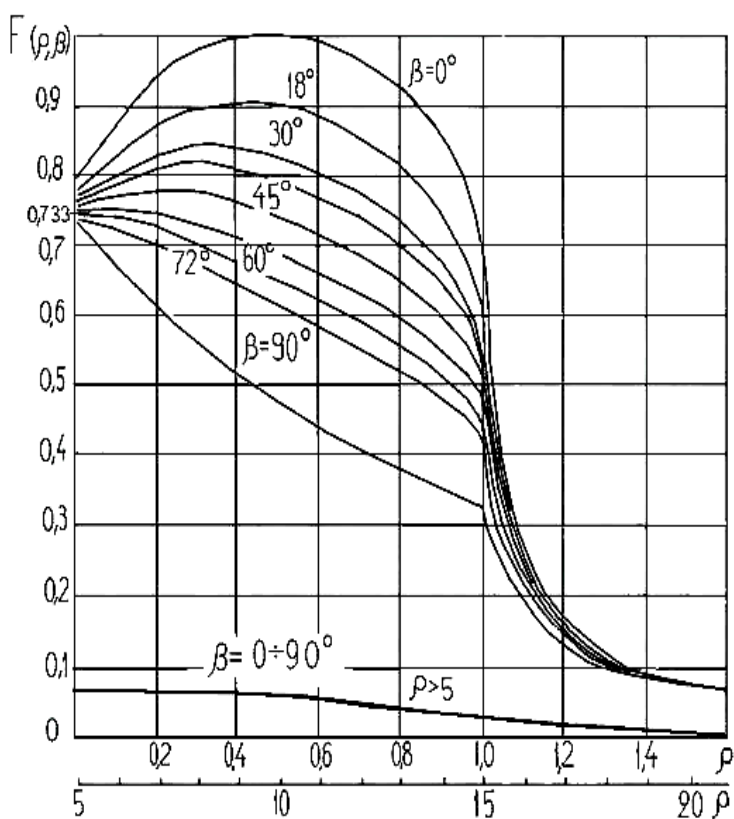


Рисунок А.6 - Графики функции $F(\rho, \beta)$ для плоского стационарного источника тепла равномерной интенсивности

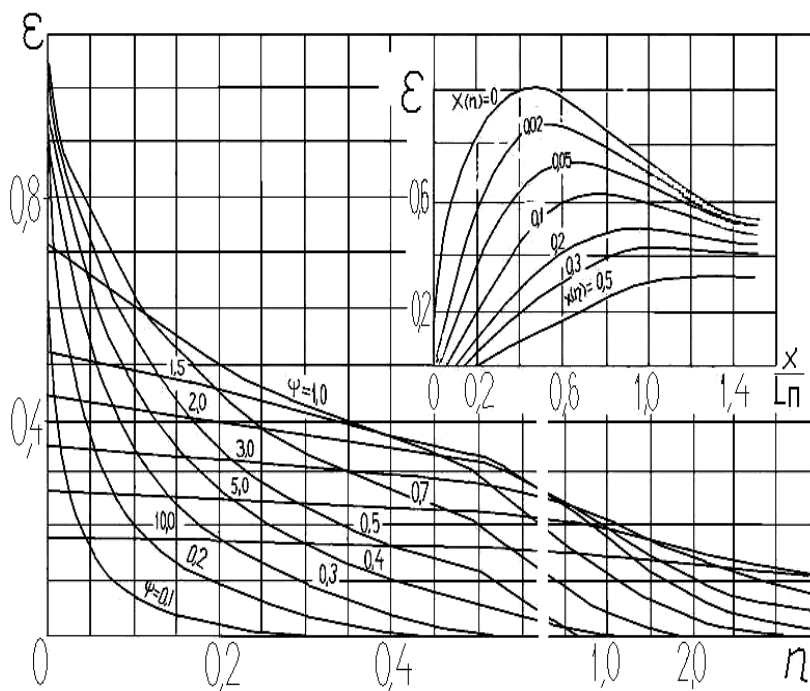


Рисунок А.7 - Графики функции $\varepsilon(n)$ для плоского подвижного источника тепла переменной интенсивности

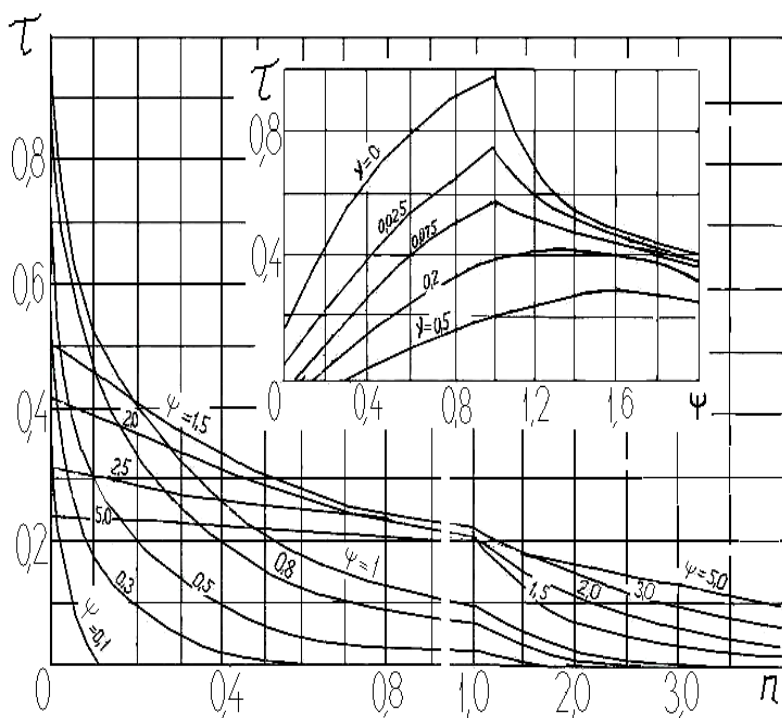


Рисунок А.8 - Графики функции $\tau(\eta)$
для плоского подвижного источника тепла
переменной интенсивности

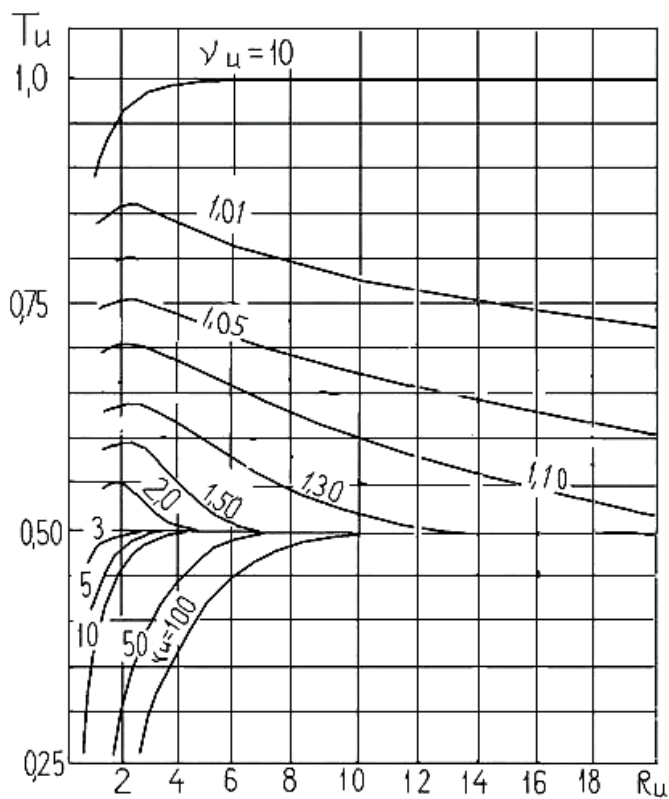


Рисунок А.9 - График для расчета значений T_u ,
учитывающий нагревание поверхности резания
теплотой деформации

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(справочное)

Таблицы свойств материалов

Таблица Б.1 Теплофизические коэффициенты обрабатываемых материалов (среднее значение в диапазоне температур, характерных для резания)

Материал	Марка	λ кал/см * с * °С	ω $\frac{см^2}{сек}$
Сталь углеродистая качественная	20	0,095	0,077
То же	40	0,092	0,076
Инструментальная углеродистая	У8	0,086	0,075
То же	У12	0,083	0,071
Легированная кон- струкционная	30Х	0,084	0,072
То же	20ХН3А	0,080	0,066
	30ХГС	0,086	0,070
	ШХ15	0,080	0,065
Высоко легированная	2Х13	0,063	0,057
То же	Х18Н10Т	0,054	0,05
	4Х14Н14В2М	0,051	0,05
Инструментальная (быстрорежущая)	P18	0,065	0,057
Титановый сплав	BT4	0,031	0,043
Медь чистая	M1	0,863	0,997
Алюминий	A2	0,536	0,841
Полистирол	Блочный Д	0,0007	0,0011
Фторопласт	Фторопласт-4	0,0005	0,0010

Таблица Б.2 Функции F_C и F_H , используемые при расчете температур и тепловых потоков в резце

ρ	$\beta = 68^\circ$		$\beta = 72^\circ$		$\beta = 78^\circ$		$\beta = 84^\circ$	
	F_C	F_H	F_C	F_H	F_C	F_H	F_C	F_H
0.00	3,909	3,909	3,665	3,665	3,420	3,420	3,176	3,176
0.10	3,945	3,799	3,739	3,598	3,488	3,292	3,238	2,986
0.20	3,880	3,643	3,706	3,476	3,456	3,138	3,206	2,799
0.30	3,791	3,485	3,643	3,345	3,400	2,980	3,156	2,616
0.40	3,689	3,331	3,563	3,213	3,326	2,830	3,090	2,477
0.50	3,579	3,181	3,475	3,080	3,244	2,688	3,012	2,296
0.60	3,441	3,028,	3,347	2,941	3,128	2,548	2,910	2,154
0.70	3,302	2,887	3,220	3,809	3,014	3,416	2,807	2,024
0.80	3,129	2,723	3,055	2,652	2,862	2,262	2,668	1,873
0.90	2,011	2,534	2,840	2,466	2,660	2,114	2,481	1,761
1.00	2,581	2,252	2,484	2,185	2,326	1,890	2,167	1,595
1.10	2,272	2,027	2,202	1,962	2,058	1,714	1,914	1,465
1.20	2,035	1,835	1,966	1,770	1,836	1,558	1,607	1,345
1.30	1,859	1,694	1,789	1,631	1,668	1,448	1,546	1,266
1.40	1,700	1,565	1,632	1,502	1,520	1,334	1,407	1,167
1.50	1,563	1,444	1,439	1,374	1,392	1,242	1,292	1,109
1.60	1,452	1,358	1,385	1,297	1,288	1,178	1,191	1,059
1.70	1,374	1,289	1,312	1,231	1,220	1,116	1,127	1,000
1.80	1,295	1,219	1,236	1,163	1,150	1,056	1,063	0,948
1.90	1,230	1,161	1,172	1,107	1,090	1,004	1,000	0,902
2.00	1,169	1,101	1,107	1,049	1,030	0,954	0,958	0,856
2.50	0,919	0,880	0,872	0,836	0,810	0,770	0,749	0,703
2.75	0,833	0,801	0,789	0,760	0,726	0,698	0,662	0,637
3.00	0,759	0,731	0,718	0,694	0,666	0,640	0,614	0,586
3.25	0,698	0,675	0,659	0,640	0,610	0,594	0,562	0,547
3.50	0,645	0,625	0,609	0,592	0,564	0,550	0,520	0,507
3.75	0,581	0,580	0,561	0,549	0,520	0,510	0,478	0,471
4.00	0,553	0,567	0,521	0,514	0,482	0,481	0,443	0,448
4.25	0,542	0,532	0,510	0,502	0,474	0,467	0,438	0,433
4.50	0,516	0,506	0,485	0,477	0,451	0,445	0,416	0,413
4.75	0,492	0,484	0,462	0,456	0,430	0,425	0,398	0,394

Продолжение таблицы Б.2

ρ	$\beta = 68^\circ$		$\beta = 72^\circ$		$\beta = 78^\circ$		$\beta = 84^\circ$	
	F_C	F_H	F_C	F_H	F_C	F_H	F_C	F_H
5,00	0,465	0,459	0,437	0,432	0,407	0,403	0,376	0,374
6,00	0,406	0,401	0,362	0,377	0,355	0,351	0,351	0,329
7,00	0,351	0,347	0,330	0,326	0,307	0,304	0,285	0,282
8,00	0,296	0,291	0,278	0,274	0,259	0,256	0,241	0,238
9,00	0,235	0,230	0,222	0,217	0,206	0,202	0,190	0,187
10,0	0,198	0,196	0,185	0,184	0,173	0,172	0,160	0,160
11,0	0,187	0,185	0,175	0,174	0,163	0,163	0,152	0,151
12,0	0,177	0,175	0,165	0,164	0,154	0,153	0,143	0,143
13,0	0,166	0,164	0,155	0,154	0,145	0,144	0,134	0,124
14,0	0,153	0,151	0,143	0,142	0,134	0,133	0,125	0,125
15,0	0,139	0,137	0,130	0,129	0,121	0,121	0,114	0,113
16,0	0,129	0,127	0,120	0,119	0,112	0,111	0,104	0,104
17,0	0,118	0,116	0,110	0,109	0,103	0,102	0,095	0,095
18,0	0,107	0,105	0,100	0,099	0,093	0,093	0,087	0,086
19,0	0,097	0,095	0,090	0,089	0,084	0,083	0,076	0,078
20,0	0,086	0,084	0,080	0,079	0,076	0,074	0,069	0,069
21,0	0,075	0,073	0,070	0,069	0,065	0,065	0,061	0,060
22,0	0,065	0,063	0,060	0,060	0,054	0,055	0,055	0,052
23,0	0,054	0,052	0,050	0,044	0,046	0,046	0,043	0,043
24,0	0,044	0,041	0,040	0,039	0,037	0,037	0,035	0,035
25,0	0,032	0,031	0,030	0,029	0,027	0,027	0,026	0,026

Таблица Б.3 Теплофизические свойства некоторых жидкостей и газов, используемых для охлаждения режущих инструментов (температура испытания 20°C)

Группа	Наименование или состав	Кинемат. вязкость ν , см ² /сек	Удельный вес γ_0 , г/см ³	Тепло- емкость $c_{ж}$, кал / (г·°C)
Водные растворы	Сода 1%; NaNO ₂ -0.2-0.45% вода-ост	0,011	1,0012	1,03
	Триэтаноламин 1%бура 0,2%; вода -ост	0,011	1,0004	0,975
	BaCl ₂ -5%; NaNO ₂ -0.2% вода-ост	0,006	1,0037	1,0
Эмульсии	Эмульсол Э-2 (Б) 10% вода -ост	0,012	0,9950	0,965
	Эмульсол Э-2 (Б) 10% вода -ост	0,014	0,9908	0,884
Масла	Веретенное №3	0,45	0,8756	0,438
	Машинное	0,825	0,8856	0,426
	Сульфофрезол	0,937	0,9001	0,440
жидкости	Керосин	0,022	0,8000	0,448
	CCl ₄	0,007	1,5949	0,127
Газы	Углекислый газ	0,082	0,0019	0,200
	Кислород	0,155	0,0013	0,220

Продолжение таблицы Б.3

Группа	Наименование или состав	Коэффициент теплопроводности $\lambda_{ж}$, кал / (см·с·°C)	Температуро- проводность ω , см ² /с	Коэфф. C_{α} , кал/ (см ³ ·°C)
Водные растворы	Сода 1%; NaNO ₂ -0,2-45%; вода -ост	0,0014	0,0014	0,019
	Триэтаноламин 1%бура 0,2%; вода 98%	0.0012	0,0012	0,017
	BaCl ₂ -5%; NaNO ₂ -0,2%; вода-95%	0.0008	0.0008	0,016
Эмульсии	Эмульсол Э-2 (Б) 10% вода 95%	0.001	0.0011	0,015
	Эмульсол Э-2 (Б) 10% вода 90%	0.0008	0.0009	0,012
Масла	Веретенное	0,0003	0.0008	0,002
	Машинное	0,0003	0.0008	0,001
	Сульфозфрезол	0.0003	0.0007	0,001
Прочие жидк-ти	Керосин	0.0004	0.0008	---
	CCl ₄	0.0002	0.0012	---
Газы	Углекислый газ	3,9*10 ⁻⁵	0,108	---
	Кислород	6,3*10 ⁻⁵	0,210	---

Заказ № _____ от « _____ » _____ 200 _____ Тираж _____ экз.
Изд-во СевНТУ