



Міністерство освіти і науки України
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІ-
ВЕРСИТЕТ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
імені ПЕТРА ВАСИЛЕНКА

Навчально - науковий інститут технічного сервісу

Кафедра технології матеріалів

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ МАШИНОБУДУВАННЯ.
4. РОЗРАХУНОК ПРИПУСКІВ І ОПЕРАЦІЙНИХ
РОЗМІРІВ ЗАГОТОВКИ

Методичні вказівки для виконання практичної роботи
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти,
спеціальності

133 Галузеве машинобудування

Харків 2021



Міністерство освіти і науки України
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕР-
СИТЕТ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
імені ПЕТРА ВАСИЛЕНКА

Навчально - науковий інститут технічного сервісу

Кафедра технології матеріалів

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ МАШИНОБУДУВАННЯ.
4. РОЗРАХУНОК ПРИПУСКІВ І ОПЕРАЦІЙНИХ
РОЗМІРІВ ЗАГОТОВКИ

Методичні вказівки для виконання практичної роботи
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти,
спеціальності
133 Галузеве машинобудування

Затверджено рішенням
Науково-методичної
ради ННІ ТС ХНТУСГ
Протокол № 7
від 12.05. 2021 р.

Харків 2021

УДК 631.3.003 (75)

Т 38

Схвалено на засіданні кафедри
«Технологія матеріалів»
Протокол № 7 від 30.04.21 р.

Розрахунок припусків і операційних розмірів заготовки: метод. вказівки до виконання практич. робіт для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заоч. форм навч. спец. 133 Галузеве машинобудування; Харків. нац. техн. у-т сіл. госп-ва ім. П. Василенка; уклад.: О.І.Тришевський, О.Б.Калюжний. –Харків : [б. в.], 2021.– 28 с.

Приведені загальні вимоги до порядку розробки і визначення розрахунково-аналітичним методом проміжних і загальних припусків на задану поверхню деталі, що розробляється в курсовому проекті

Видання призначене студентам першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання спеціальності 133 Галузеве машинобудування.

Рецензенти:

Романченко В.Н. к.т.н. завідувач кафедри Технологічних систем ремонтного виробництва імені О.В. Сідашека Харківського національного технічного університету імені Петра Василенка.

Лузан С.О. д. т. н, проф. зав. кафедри Сварка Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»;

Відповідальний за випуск (зав. каф.): О.І.Тришевський, д-р техн. наук

МЕТА ЗАНЯТТЯ:

– вивчити порядок визначення розрахунково-аналітичним методом проміжних і загальних припусків при обробці заданої поверхні оброблюваної деталі;

– вивчити параметри якості оброблюваної поверхні і їх вплив на величину припуску, навчитися правильно вибирати і визначати ці параметри для різних видів обробки з відповідних таблиць довідників;

– навчитися заповнювати карту розрахунку припусків на обробку заданої поверхні і на її основі будувати схему розташування припусків і допусків.

Час виконання - 4 години.

ЗАВДАННЯ СТУДЕНТУ:

На основі отриманих при виконанні цього практичного заняття теоретичних відомостей навчитися:

а) за отриманим завданням для проектування технологічного процесу виготовлення деталей розрахунково-аналітичним методом правильно і технічно грамотно розрахувати проміжні і загальні припуски на обробку конкретної поверхні деталі, що розробляється за розрахунковим завданням;

б) розробити, розрахувати і заповнити карту розрахунку припусків на обробку заданої за розрахунковим завданням поверхні оброблюваної деталі;

в) з урахуванням визначених припусків і допусків на проміжні розміри поверхні визначити граничні її розміри на кожному переході і побудувати схему розташування полів припусків і допусків при обробці.

ПОЧАТКОВІ ДАНІ:

1). Під час практичного заняття виконати вимоги викладеного вище

"Завдання студентів" стосовно зовнішніх циліндричних поверхонь деталі "Шарнір".

2). При самостійній роботі провести аналогічну роботу стосовно заданої поверхні деталі за індивідуальним завданням на проектування, виданим кожному студентіві, і здати на перевірку викладачеві.

1. ТОЧНІСТЬ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Точність деталей машин характеризується:

- відхиленням дійсних розмірів деталі від заданих (погрішності розмірів);
- відхиленнями форми реальних поверхонь або профілів деталі від заданих форм геометричних поверхонь або профілів (відхилення форми);
- відхиленнями від номінального розташування даної поверхні, її осі або площини симетрії відносно баз, або відхиленнями від номінального взаємного розташування даних поверхонь (відхиленнями розташування).
Необхідні довідкові відомості по точності і якості різних оброблюваних поверхонь приведені в [1].

Кожному методу обробки відповідної поверхні, що розглядаються в розрахункових завданнях, відповідає певний діапазон точності. Для чорнових операцій це, в першу чергу, пов'язано з точністю початкової заготовки, для чистових - з умовами здійснення обробки. Точність при кожному подальшому переході обробки заданої елементарної поверхні зазвичай підвищується на один - два класи. Для деталей з чавуну і кольорових сплавів розміри оброблюваних поверхонь витримуються на один клас і на міру точності вище, ніж для сталевих деталей, що обробляються в аналогічних умовах. Орієнтовні дані по точності, що досягається, для різних типів обробки, які можуть бути використані при розробці маршрутів обробки конкретних деталей відповідно до розрахункових завдань, приведені в таблицях [2].

2. ПРИПУСКИ НА МЕХАНІЧНУ ОБРОБКУ

В процесі механічної обробки заготовки міняються її форма, розміри, їх точність і якість поверхні. Ці зміни відбуваються в результаті послідовного видалення шарів металу з поверхні заготовки на кожному переході технологічного процесу. Таким чином, креслення початкових заготовок відрізняються від креслень готових деталей тим, що на усіх оброблюваних поверхнях передбачаються припуски, що змінюють їх розміри, а іноді і форму.

Припуском називають шар матеріалу, що видаляється в процесі механічної обробки в цілях досягнення заданої точності і якості оброблюваної поверхні деталі. Розрізняють загальний і проміжний (міжопераційний) припуски.

Проміжним припуском називають шар, що знімається при виконанні даного (і- го) технологічного переходу механічної обробки (чи одній операції).

Загальним припуском називається шар металу, необхідний для виконання усієї сукупності технологічних переходів, тобто усього процесу обробки цієї поверхні, від чорної заготовки до готової деталі, загальний припуск визначається різницею розмірів чорної заготовки і готової деталі.

При обробці розрізняють симетричні і асиметричні припуски. Симетричні припуски завжди мають місце при обробці поверхонь обертання, а також при паралельній обробці протилежних плоских поверхонь. Асиметричні припуски мають місце при різній величині їх на протилежних гранях, обробка яких здійснюється послідовно.

3. ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВЕЛИЧИНУ ПРИПУСКА

Розмір припуску залежить від товщини пошкодженого поверхневого шару, тобто від товщини кірки для литих заготовок, знеуглецьованого шару для прокату, глибини поверхневих нерівностей, раковин, тріщин і

тому подібне, а також від неминучих виробничих і технологічних погрішностей, залежних від способу виготовлення заготовки, її обробки, погрішностей верстата і інших технологічних чинників.

Результативні погрішності, для усунення яких при подальшій обробці і призначаються відповідні проміжні припуски, є сукупністю погрішностей заготовки і погрішностей, що виникають при виконанні окремих технологічних переходів і операцій.

Для компенсації погрішностей, що виникають при виконанні технологічних переходів і операцій, на заготовці необхідно передбачати припуск, величина якого зможе забезпечити відповідну якість цієї деталі на останній операції обробки.

Виробничі погрішності характеризуються відхиленнями розмірів - ІТ, поверхневими мікронерівностями - R_a , (R_z) , глибиною дефекту поверхневого шару - h , а також просторовими відхиленнями Δ взаємозв'язаних поверхонь.

Окрім цих погрішностей, в процесі обробки виникають погрішності установки - ϵ_y , які також повинні бути компенсовані відповідним збільшенням припуску.

Для деталей з чавуну після першого технологічного переходу величина h з розрахунку виключається.

4. ПОРЯДОК РОЗРАХУНКУ ПРИПУСКОВ

Розрахунок між операційних припусків на механічну обробку заготовки і визначення її розмірів може робитися статистичним (табличним) і аналітичним (розрахунковим) методами.

Розрахунок припусків на задану поверхню в розрахунковому завданні робиться розрахунково-аналітичним методом, який дозволяє визначити припуски для конкретних умов обробки [1]. Великою мінімального припуску, розрахованого за цим способом, враховується необхідність вида-

лення шорсткості оброблюваної поверхні ($R_{z_{i-1}}$), дефектного шару (h_{i-1}) і просторових відхилень заготовки ($\Delta_{\Sigma_{i-1}}$), отриманих на суміжному ($i - 1$) попередньому переході, і необхідність компенсації погрішності установки (ε_i), що виникає на виконаному (i -му) переході. Виходячи з цього, для кожної схеми базування і виду обробки заготовки існує функціональна залежність:

$$Z_{i \min} = f(R_{z_{i-1}}, h_{i-1}, \Delta_{\Sigma_{i-1}}, \varepsilon_i)$$

Аналітичні формули для визначення величин мінімальних припусків для різних видів механічної обробки і різних поверхонь приведені в табл.1.

Таблиця 1

Розрахункові формули для визначення величини припуску на обробку

Вид обробки	Розрахункова формула
Послідовна обробка протилежних або окремо розташованих поверхонь	$Z_{i \min} = R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \Delta_{i-1} + \varepsilon_{y_i}$
Паралельна (одночасна) обробка протилежних поверхонь	$2Z_{i \min} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \Delta_{i-1} + \varepsilon_{y_i})$
Обробка зовнішніх або внутрішніх поверхонь обертання (двосторонній припуск)	$2Z_{i \min} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_{y_i}^2})$
Обробка циліндричної поверхні заготовки, встановленої в центрах; безцентрове шліфування	$2Z_{i \min} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \Delta_{i-1})$
Розгортання плаваючою розгорткою, простягання отворів	$2Z_{i \min} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1})$
Суперфінішування, полірування і розкочування (обкатка)	$2Z_{i \min} = 2R_{z_{i-1}}$

У приведених формулах:

$Z_{i\min}$ - найменший припуск на сторону для виконуваного переходу, мкм;

$R_{z_{i-1}}$ - середня висота мікронерівностей, отримана на попередньому переході, мкм;

h_{i-1} - глибина дефектного шару поверхні, отримана на попередньому переході, мкм;

Δ_{i-1} - векторна (геометрична) сума просторових відхилень взаємозв'язаних поверхонь, мкм;

\mathcal{E}_{y_i} - векторна сума погрішностей установки і базування деталі на виконуваному переході.

При напрямі векторів :

Співпадаючому - $\Delta = \Delta_1 + \Delta_2$; $\mathcal{E}_y = \mathcal{E}_\sigma + \mathcal{E}_z$

Протилежному - $\Delta = \Delta_1 - \Delta_2$; $\mathcal{E}_y = \mathcal{E}_\sigma - \mathcal{E}_z$

В тих випадках, коли не можна передбачати напрям вектору в просторі

$$\Delta = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2}; \quad \mathcal{E}_y = \sqrt{\mathcal{E}_\sigma^2 + \mathcal{E}_z^2}$$

Величину просторових відхилень $\Delta_{\Sigma_{i-1}}$ на першій операції вибирають по відповідних просторових відхиленнях поверхонь на заготовці, залежно від її точності і розмірів поверхонь.

Для заготовок з прокату сумарне значення просторових відхилень визначають по формулі:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_{кр}^2 + \Delta_{ц}^2},$$

де: $\Delta_{кр} = \Delta_{KL}$ – кривизна заготовки; $\Delta_{ц} = 0,25 \sqrt{T^2 + 1}$ – помилка зацент-

ровування;

L – довжина заготовки, мм;

ΔK – питома значення кривизни (приймати $\Delta K=1,5$ мкм/мм);

T – допуск на діаметральний розмір заготовки, мм.

Сумарне значення просторових відхилень для поковок і штампувань визначають по формулі:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_{\text{см}}^2 + \Delta_{\text{кор}}^2}$$

Сумарне значення просторових відхилень для деталей типу дисків з центральними отворами:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_{\text{см}}^2 + \Delta_{\text{екс}}^2}$$

Величини помилок заготовок по зміщенню $\Delta_{\text{см}}$, ексцентричності $\Delta_{\text{екс}}$ і викривленню $\Delta_{\text{кор}}$ приведені в таблицях додатків до даних МУ. При обробці торцевих поверхонь штампованих заготовок з центровим отвором залишкові просторові відхилення визначаються по формулах:

після чорнової обробки - $\Delta_i = 1,2[0,06 \cdot \Delta_{i-1} + 0,15(R - r)]$;

після напівчистої обробки - $\Delta_i = 1,1[0,003 \cdot \Delta_{i-1} + 0,1(R - r)]$;

після чистої обробки - $\Delta_i = 0,003 \cdot \Delta_{i-1} + 0,1(R - r)$,

де R і r - радіуси зовнішньої поверхні і отвору.

Сумарне значення просторових відхилень для відливок визначається по формулі:

$$\Delta = \Delta K L,$$

де: ΔK - питома значення викривлення мкм/мм. (для корпусних деталей $\Delta K = 0,7 - 1,0$ мкм/мм); L - найбільший розмір заготовки в мм.

На подальших етапах обробки величина $\Delta_{\Sigma i-1}$ зменшується в K_y разів. Для курсового проекту величину K_y можна приймати рівною 0,05 - 0,06.

При розрахунках погрішності установки (ε_i) необхідно враховувати, що в неї входять помилки базування (ε_6) і помилки закріплення (ε_3), причому при обробці плоских поверхонь, паралельних настановній базі :

$$\varepsilon_i = \varepsilon_6 + \varepsilon_3$$

для тіл обертання, коли важко визначити напрям цих помилок, ця погрішність визначається по формулі:

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}$$

Значення величин вказаних помилок базування і закріплення визначаються з таблиць довідників і Додатків.

Для кожного подальшого технологічного переходу погрішність установки визначають по формулі:

$$\varepsilon_{yi} = 0,05 \cdot \varepsilon_{yi-1} + \varepsilon_{уинд}$$

де ε_{yi} - погрішність установки на виконуваному переході;

ε_{yi-1} - погрішність установки на попередньому переході;

$\varepsilon_{уинд}$ - погрішність установки, що має місце на виконуваному переході.

Максимальні припуски для кожного переходу по цьому методу (Z_{imax}) визначають як суму мінімального припуску (Z_{imin}) з сумою допусків на поверхню, що розраховується, на попередньому (T_{i-1}) і поточному (T_i) етапах обробки, тобто:

$$Z_{imax} = Z_{imin} + (T_{i-1} + T_i)$$

З урахуванням значень Z_{imin} і Z_{imax} і допусків, що призначаються на кожен технологічний перехід, встановлюють розміри по усьому технологічному маршруту обробки поверхні, округлюючи їх до того знаку десятичного дробу, з яким вказаний допуск: для валів у бік збільшення (у плюс), а для отворів у бік зменшення (у мінус).

Порядок розрахунку припусків на обробку і граничних розмірів по технологічних переходах [1].

Для зовнішніх поверхонь	Для внутрішніх поверхонь
<p>1. Користуючись робочим кресленням деталі і картою технологічного маршруту механічної обробки [2], записати в розрахункову карту (див. таблицю. 3) оброблювані елементарні поверхні заготовки і технологічні переходи обробки в порядку послідовності їх виконання по кожній елементарній поверхні від чорнової заготовки до остаточної обробки;</p> <p>2. Записати відповідні значення R_z, h, Δ, і ε_y для кожного переходу вибраного маршруту обробки.</p> <p>3. Визначити розрахункові величини мінімальних припусків $2Z_{\min}$ (Z_{\min}) по усіх технологічних переходах (див. таблицю. 1).</p>	
<p>4. Записати для кінцевого переходу в графу "Розрахункові розміри" найменший граничний розмір деталі по кресленню:</p> $L_p = L_{\min}^{np} = L_{ном} - HBL_{ном} - \text{якщо за}$ <p>завданням на КП припуски розраховуються на плоску поверхню і</p> $D_p = D_{\min}^{np} = D_{ном} - HBD_{ном} - \text{якщо за}$ <p>завданням на КП припуски розраховуються на циліндричну поверхню</p> <p>5. Для переходу, попереднього до кінцевого, визначити розрахунковий розмір додаванням до найменшого граничного розміру по кре-</p>	<p>4. Записати для кінцевого переходу в графу "Розрахункові розміри" найбільший граничний розмір деталі по кресленню::</p> $L_p = L_{\max}^{np} = L_{ном} + BBL_{ном} - \text{якщо}$ <p>за завданням на КП припуски розраховуються на плоску поверхню і</p> $d_p = d_{\max}^{np} = d_{ном} + BBd_{ном} - \text{якщо за}$ <p>завданням на КП припуски розраховуються на циліндричну поверхню</p> <p>5. Для переходу, попереднього до кінцевого, визначити розрахунковий розмір відніманням від</p>

сленню розрахункового мінімального припуску Z_{\min} ($2Z_{\min}$):

$$L_{p_{i-1}} = L_{\min} + Z_{\min i}$$

$$D_{p_{i-1}} = D_{\min} + 2Z_{\min i}$$

Послідовно визначити розрахункові розміри для кожного попереднього переходу додаванням до розрахункового розміру суміжного переходу розрахункового мінімального припуску Z_{\min} ($2Z_{\min}$), що йде за ним:

$$L_{p_{i-1}} = L_{p_i} + Z_{\min i}$$

$$D_{p_{i-1}} = D_{p_i} + 2Z_{\min i}$$

6. Записати найменші граничні розміри по усіх технологічних переходах визначаючи їх шляхом округлення отриманих значень розрахункових розмірів; округлення робити у бік збільшення до того ж знаку десяткового дробу, з яким даний допуск на розмір для кожного переходу.

7. Визначити найбільші граничні розміри додаванням допуску до найменшого граничного розміру:

$$L_{\max_i} = L_{\min_i} + IT_{Li}$$

найбільшого граничного розміру по кресленню розрахункового мінімального припуску Z_{\min} ($2Z_{\min}$)

$$L_{p_{i-1}} = L_{\max} - Z_{\min i}$$

$$d_{p_{i-1}} = d_{\min} - 2Z_{\min i}$$

Послідовно визначити розрахункові розміри для кожного попереднього переходу відніманням від розрахункового розміру суміжного переходу розрахункового мінімального припуску Z_{\min} ($2Z_{\min}$), що йде за ним:

$$L_{p_{i-1}} = L_{p_i} - Z_{\min i}$$

$$d_{p_{i-1}} = d_{p_i} - 2Z_{\min i}$$

6. Записати найбільші граничні розміри по усіх технологічних переходах визначаючи їх шляхом округлення отриманих значень розрахункових розмірів; округлення робити у бік зменшення до того ж знаку десяткового дробу, з яким даний допуск на розмір для кожного переходу.

7. Визначити найбільші граничні розміри відніманням допус-

$D_{\max i}^{np} = D_{\min i}^{np} + IT_{Di}$	<p>ку від найбільшого граничного розміру:</p> $L_{\min i}^{np} = L_{\max i}^{np} - IT_{Li}$ $D_{\min i}^{np} = D_{\max i}^{np} - IT_{di}$
<p>8. Визначити максимальні граничні значення припусків Z_{\max}^{np} як різницю найбільших граничних розмірів і мінімальні граничні значення припусків Z_{\min}^{np} як різницю найменших граничних розмірів передуючого і виконуваного переходів</p> $Z_{\max}^{np} = L_{\max i-1}^{np} - L_{\max i}^{np}$ $2Z_{\max}^{np} = D_{\max i-1}^{np} - D_{\max i}^{np}$ $Z_{\min}^{np} = L_{\min i-1}^{np} - L_{\min i}^{np}$ $2Z_{\min}^{np} = D_{\min i-1}^{np} - D_{\min i}^{np}$	<p>8. Визначити максимальні граничні значення припусків Z_{\max}^{np} як різницю найменших граничних розмірів і мінімальні граничні значення припусків Z_{\min}^{np} як різницю найбільших граничних розмірів передуючого і виконуваного переходів</p> $Z_{\max}^{np} = L_{\min i-1}^{np} - L_{\min i}^{np}$ $2Z_{\max}^{np} = d_{\min i-1}^{np} - d_{\min i}^{np}$ $Z_{\min}^{np} = L_{\max i-1}^{np} - L_{\max i}^{np}$ $2Z_{\min}^{np} = d_{\min i-1}^{np} - d_{\min i}^{np}$
<p>9. Перевірити правильність зроблених розрахунків за формулами:</p> $Z_{i\max} - Z_{i\min} = IT_{i-1} - IT_i$ $2Z_{i\max} - 2Z_{i\min} = IT_{D_{i-1}} - IT_{D_i}$ $Z_{o\max} - Z_{o\min} = IT_{заг} - IT_{дет}$ $2Z_{o\max} - 2Z_{o\min} = IT_{Dз} - IT_{Dд}$	

Примітки:

1. Індекс "i" - відноситься до виконуваного переходу; індекс "i - 1" - до попереднього переходу.

2. У приведених формулах: L - розміри при послідовній обробці протилежних або окремо розташованих поверхонь; D - розміри при паралельній обробці протилежних площин і зовнішніх і внутрішніх поверхонь обертання; IT - допуск на розмір; НВ - нижнє відхилення допуску; ВВ - верхнє відхилення допуску.

Написання розділу слід розпочинати з вказівок про те, для обробки **якої поверхні** і для виконання яких операцій (переходів) передбачається розрахувати припуски. Далі розрахунок припусків аналітичним методом на обробку і граничних розмірів по технологічних переходах слід вести відповідно до рекомендацій таблиці 2, вносячи отримані на кожному етапі розрахунку дані в карту розрахунку припусків на обробку заданої поверхні (таблиця. 3).

Таблиця 3

Карта розрахунку припусків на обробку (найменування і розмір необхідної поверхні за завданням)

Маршрут обробки	Елементи допуску, мкм				Розрахункові розміри, мкм		Допуск на проміжний розмір, мкм	<u>Граничні (закруглені)</u>				
	R _z	h	Δ	ε	2Z _{min}	D _{min}		розміри заготовки, мм		Значення припусків, мкм		
					(Z _{min}), мкм	мм		D _{max}	D _{min}	2Z _{min}	2Z _{max}	
Заготовка												
Перша операція маршруту												
.....												
<u>Остання операція маршруту</u>												
Загальний припуск 2Z _{общ} (Z _{общ})												

ЗРАЗОК написання розділу :

Розрахунок міжопераційних припусків і граничних розмірів оброблюваних поверхонь по переходах (операціям) ведеться в певній послідовності: спочатку визначають порядок виконання технологічних операцій і встановлюють базові опорні поверхні, потім знаходять значення складових елементів $R_z; h; \Delta u \varepsilon$ і записують розрахункові величини припусків по усіх операціях для заданої поверхні деталі.

Підсумки розрахунку елементів міжопераційних припусків і граничних розмірів записуються в розрахунковій карті. Розрахунок завершується складанням схеми графічного розташування припусків і допусків.

Розрахунок припусків і міжопераційних розмірів заготовки при точінні зовнішнього діаметру (ступені) $\varnothing 20 h8$ деталі " Шарнір"

Відповідно до завдання необхідно розрахувати припуски на обробку і проміжні граничні розміри на поверхню циліндричної ступені $20 h8$ мм деталі " Шарнір". Матеріал - сталь 3 СП. Заготовка - пруток гарячекатаний нормальній точності діаметром 40 мм. (Рис.1)

Розрахунок припусків на обробку і визначення проміжних граничних розмірів даної поверхні ведемо згідно таблиці 2, в яку послідовно записуємо технологічний маршрут обробки і усі значення елементів припуску.

***Заповнення стовпця №1.** Задані кресленням точність і якість поверхні (циліндричні ступені шарніра мають 8-й квалітет точності $h8$ і шорсткість $Ra - 1,25$) забезпечуються чистовим точінням.*

Технологічний процес обробки передбачає:

точіння: чорнове - $Ra = 12,5$; 12 квалітет точності

напівчисте - $Ra = 3,2$; 10 квалітет точності

чистове - $Ra = 1,25$; 8 квалітет точності.

Точіння чорнове і напівчисте робиться в патроні, чистове точіння - в центрах.

Розрахунок припусків на обробку поверхні $20h8$ ведемо шляхом складання таблиці 4.

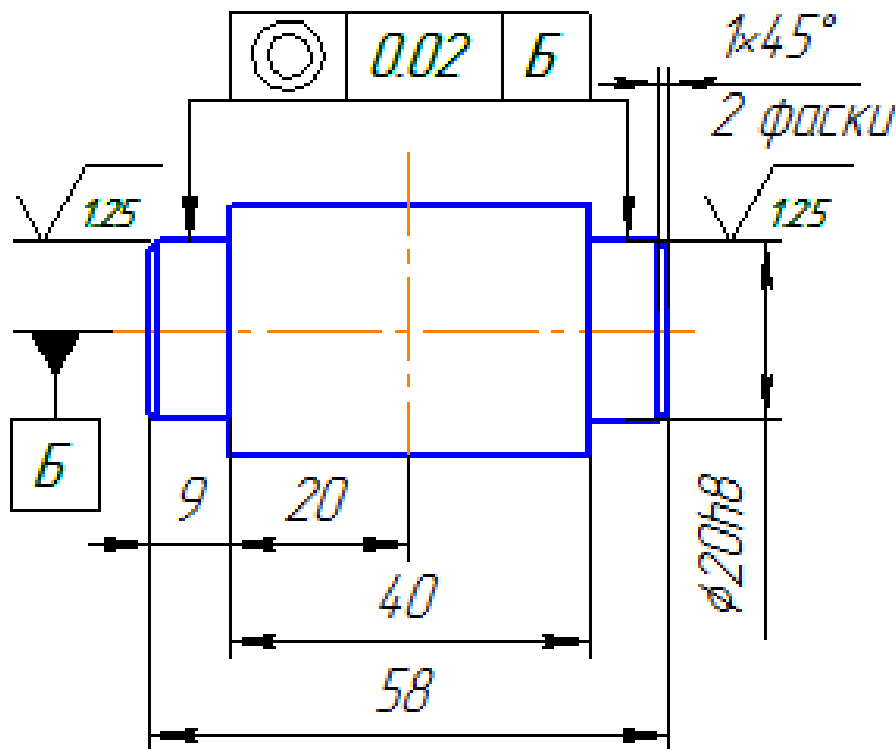


Рис.1 Креслення деталі " Шарнір"

Таблиця 4

Карта розрахунку припусків на обробку зовнішньої циліндричної поверхні ступені деталі " Шарнір"

Маршрут обробки	Елементи допуску, мкм				Розрахункові розміри, мкм		Допуск на проміжний розмір, IT, мкм	Граничні (закруглені)			
	R_z	h	Δ	ε	$2Z_{min}$ (Z_{min}), мкм	D_{min} , мм		Розміри заготовки, мм		Значення припусків, мкм	
								D_{max}	D_{min}	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
<u>Заготовка</u>	150	150	290,7			21,5498	1150	21,54	22,69		
1. Точіння чорнове	12,5	12,5	17,4	280	1408	20,1418	620	20,13	20,75	1410	1940
2. Точіння напівчисте	3,2	3,2	1,0	14	94,6	20,0478	280	20,04	20,38	90	430
3. Точіння чистове	1,25	1,25	0,06		14,8	20,033	84	20,03	20,13	10	250
Загальний припуск $2Z_{обц}$ ($Z_{обц}$)											

Заповнення стовпця №2.

Значення величини шорсткості Rz (Ra) для заготовки (гарячекатаний пруток $\varnothing 40$ мм) вибираємо з таблиці 1 "Якість зовнішньої поверхні прокату" Додатка до даних МУ. Для гарячекатаного прутка звичайної точності $\varnothing 40$ мм величина шорсткості Rz складає 150 мкм. Значення шорсткості поверхні, отримані після різних стадій маршруту обробки деталі, беремо з [3, Табл.2].

Заповнення стовпця №3. Значення величин дефектного шару в першому наближенні можна вважати рівними відповідним значенням шорсткості для кожної операції.

Заповнення стовпця №4. Сумарне значення просторових відхилень заготовки з прутка при закріпленні в патроні визначається по формулі:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_{кр}^2 + \Delta_{ц}^2}$$

де: $\Delta_{кр} = \Delta KL$ - кривизна заготовки; L - довжина вильоту оброблюваної деталі від торця патрона до кінця оброблюваної поверхні, мм. Приймаємо. $L = L_{дет}/2 = 58/2 = 29$ мм. ΔK - питоме значення кривизни (приймається $\Delta K = 1,5$ мкм/мм);

$$\Delta_{кр} = \Delta KL = 1,5 \text{ мкм/мм} \times 29 \text{ мм} = 43,5 \text{ мкм}$$

$$\Delta_{ц} = 0,25 \sqrt{T^2 + 1} - \text{помилка зацентрування};$$

T - допуск на діаметральний розмір заготовки, мм.

Згідно Додатка (Таблиця 2 – «Відхилення прокату, що допускаються») при звичайній точності прокату відхилення, що допускаються, на діаметр 40 мм складають $+0,4$ мм - $0,75$ мм. Сумарне поле допуску - $1,15$ мм (1150 мкм).

$$\Delta_{ц} = 0,25 \sqrt{T^2 + 1} = 0,25 \sqrt{1150^2 + 1} = 0,25 \sqrt{1322501} = 287,5 \text{ мкм.}$$

Підставляючи отримані дані в (2), знаходимо дійсну величину просторових відхилень для гарячекатаної пруткової заготовки:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_{кр}^2 + \Delta_{ц}^2} = \sqrt{43,5^2 + 287,5^2} = \sqrt{84548,5} = 290,7 \text{ мкм}$$

Значення просторових відхилень заготовки для подальших операцій визначаються множенням просторових відхилень, знайдених для поточної операції на знижуючий коефіцієнт, рівний $K_y = 0,06$.

Заповнення стовця №5. Погрішність установки на виконуваному переході:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2}$$

Погрішність базування при обробці в патроні і в центрах: $\varepsilon_{\delta} = 0$

Згідно таблиці 3 погрішність закріплення гарячекатаної заготовки звичайної точності $\varnothing 40 \text{ мм}$ в трикулачковому патроні: $\varepsilon_3 = 280 \text{ мкм}$.

Згідно з приміткою 2 до таблиці 3 погрішність закріплення в центрах відсутня. Підставляючи отримані дані, знаходимо:

При чорновому точінні

$$\varepsilon_{y1} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2} = \sqrt{0^2 + 280^2} = 280 \text{ мкм}$$

При напівчистому точінні $\varepsilon_{y2} = 0,05\varepsilon_{y1} + \varepsilon_{инд} = 0,05 \times 280 = 14 \text{ мкм}$

($\varepsilon_{инд} = 0$ оскільки чорнове і напівчисте точіння робиться в одній установці).

Погрішність установки при чистовому точінні в трикулачковому патроні відсутня, оскільки усі параметри, що входять, дорівнюють нулю, тобто $\varepsilon_{y3} = 0$.

Знайдені значення $\varepsilon_{y1}, \varepsilon_{y2}, \varepsilon_{y3}$ вносимо в розрахункову таблицю.

Заповнення стовця №6. Розрахунок мінімальних значень припусків робимо користуючись основною формулою для обробки зовнішніх циліндричних поверхонь (див. таблицю.1) :

$$2Z_{i \min} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_{y_i}^2})$$

Мінімальний припуск:

під чорнове точіння

$$2Z_1 \min = 2(150 + 150 + \sqrt{291^2 + 280^2}) = 2 * 704 = 1408 \text{ мкм};$$

під напівчисте точіння

$$2Z_2 \min = 2(12,5 + 12,5 + \sqrt{17,4^2 + 14^2}) = 2 * 47,3 = 94,6 \text{ мкм};$$

під чистове точіння

$$2Z_3 \min = 2(3,2 + 3,2 + \sqrt{1^2 + 0^2}) = 2 * 7,4 = 14,8 \text{ мкм}.$$

Знайдені значення $2Z \min$ вносимо в таблицю.

Заповнення стовпця №7. Знаходимо розрахункові розміри. Для кінцевого переходу розрахунковий розмір дорівнює найменшому граничному розміру деталі по кресленню, тобто $d_{p3} = 20,033 \text{ мм}$.

*Розрахунковий розмір для кожного **попереднього** переходу визначається шляхом додавання до розрахункового розміру суміжного переходу мінімального припуску, що йде за ним.*

Отже:

$$d_{p2} = d_{p3} + 2Z_3 \min = 20,033 + 0,0148 = 20,0478 \text{ мм}$$

$$d_{p1} = d_{p2} + 2Z_2 \min = 20,0478 + 0,094 = 20,1418 \text{ мм}$$

$$d_{p1 \text{ заг}} = d_{p1} + 2Z_1 \min = 20,1418 + 1,408 = 21,5498 \text{ мм}$$

Знайдені значення $d^{np} \min$ вносимо в таблицю.

Заповнення стовпця №8 . Величина максимального допуску на проміжний розмір встановлюється з відповідних таблиць Додатка. (Таблиця.1- для гарячекатаної заготовки; таблиця.5 - для токарних операцій по обробці зовнішніх діаметрів). Для нашого випадку величини відповідних допусків складають:

для заготовки звичайної якості $\varnothing 40 \text{ мм}$ $IT_{\text{заг}} = +0,4 - 0,75 = 1,15 \text{ мм}$ (1150 мкм);

для точіння чорного $IT_1 = 0,62$ мм (620 мкм);

для напівчистого точіння $IT_2 = 0,26$ мм (260 мкм);

для точіння чистового $IT_3 = 0,06$ мм (60 мкм).

Заповнення стовпця №9. Найменші граничні розміри по усіх технологічних переходах знаходимо округленням у бік збільшення розрахункових розмірів до того ж знаку десяткового дробу, з яким даний допуск на розмір для кожного переходу, тобто:

$$d^{np} \min_{заг.} \approx dp_{заг.} = 21,54 \text{ мм}$$

$$d^{np} \min_1 \approx dp_1 = 20,13 \text{ мм}$$

$$d^{np} \min_2 \approx dp_2 = 20,04 \text{ мм}$$

$$d^{np} \min_3 \approx dp_3 = 20,03 \text{ мм}$$

Знайдені значення $d^{np} \min$ вносимо в розрахункову таблицю.

Заповнення стовпця №10. Найбільші граничні розміри знаходимо додаванням допуску до найменших граничних розмірів:

$$d^{np} \max_{заг.} = d^{np} \min_{заг.} + IT_{заг.} = 21,54 + 1,15 = 22,69 \text{ мм}$$

$$d^{np} \max_1 = d^{np} \min_1 + IT_1 = 20,13 + 0,62 = 20,75 \text{ мм}$$

$$d^{np} \max_2 = d^{np} \min_2 + IT_2 = 20,04 + 0,28 = 20,32 \text{ мм}$$

$$d^{np} \max_3 = d^{np} \min_3 + IT_3 = 20,03 + 0,1 = 20,13 \text{ мм}$$

Знайдені значення $d^{np} \max$ вносимо в розрахункову таблицю.

Заповнення стовпця №11. Знаходимо найменші граничні значення припусків $2Z^{np} \min$:

$$2Z^{np} \min_3 = d^{np} \min_2 - d^{np} \min_3 = 20,04 - 20,03 = 0,01 \text{ мм} = 10 \text{ мкм}$$

$$2Z^{np} \min_2 = d^{np} \min_1 - d^{np} \min_2 = 20,13 - 20,04 = 0,09 \text{ мм} = 90 \text{ мкм}$$

$$2Z^{np} \min_1 = d^{np} \min_{заг.} - d^{np} \min_1 = 21,54 - 20,13 = 1,41 \text{ мм} = 1410 \text{ мкм}$$

Заповнення стовпця №12. Знаходимо найбільші граничні значення припусків $2Z^{np}$ max:

$$2Z^{np} \max_3 = d^{np} \max_2 - d^{np} \max_3 = 20,32 - 20,13 = 0,19 \text{ мм} = 190 \text{ мкм}$$

$$2Z^{np} \max_2 = d^{np} \max_1 - d^{np} \max_2 = 20,75 - 20,32 = 0,43 \text{ мм} = 430 \text{ мкм}$$

$$2Z^{np} \max_1 = d^{np} \max_{заг.} - d^{np} \max_1 = 22,69 - 20,75 = 1,94 \text{ мм} = 1940 \text{ мкм}$$

Знайдені граничні значення припусків вносимо в розрахункову таблицю.

Перевіряємо правильність виконаних розрахунків :

$$2Z^{np} \max_1 - 2Z^{np} \min_1 = 1940 - 1410 = 530 \text{ мкм}$$

$$2Z^{np} \max_2 - 2Z^{np} \min_2 = 430 - 90 = 340 \text{ мкм}$$

$$2Z^{np} \max_3 - 2Z^{np} \min_3 = 250 - 10 = 240 \text{ мкм}$$

$$IT_{заг.} - IT_1 = 1150 - 620 = 530 \text{ мкм}$$

$$IT_1 - IT_2 = 620 - 280 = 340 \text{ мкм}$$

$$IT_2 - IT_3 = 340 - 100 = 240 \text{ мкм}$$

Будуємо схему графічного розташування припусків і допусків при обробці шийок шарніру $\varnothing 20_{-0,033}$

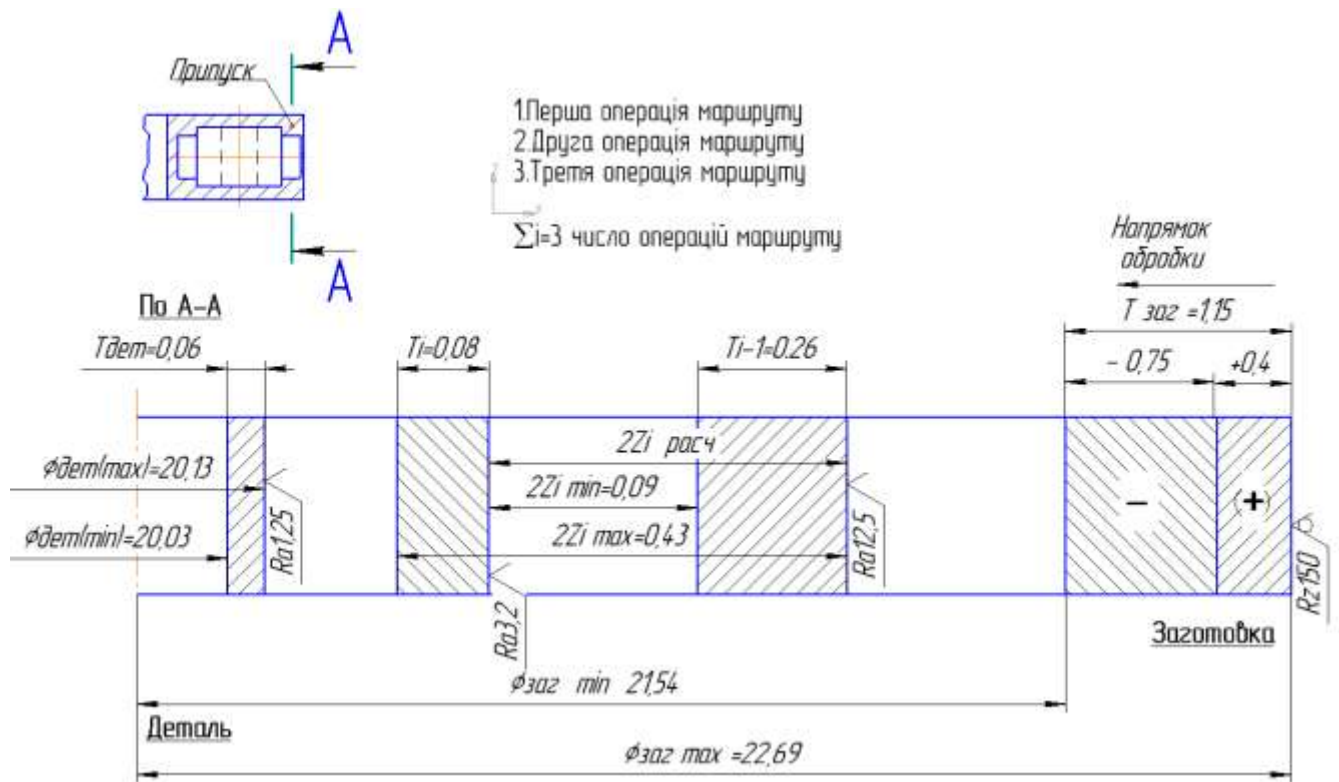


Рис.2 Схема графічного розташування припусків і допусків при обробці шийки шарніра $\varnothing 20h8$ мм

Литература

1. «Курсовое проектирование по технологии машиностроения» под ред. А. Ф. Горбачевича, Минск. 1975.
2. Тришевський О.І., Калужний О.Б., Лисенко С.В. Методичні вказівки до Практичному заняттю № 3. «Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі». Харків. 2017 г.
3. «Справочник технолога-машиностроителя» под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова М. 1973г.

ДОДАТКИ

Таблиця 1

Якість зовнішньої поверхні

Гарячекатаний прокат				
Діаметр, мм	Звичайної точності		Підвищеної точності	
	Rz, мкм	h	Rz, мкм	h
≤ 25	150	150	100	100
25 - 75	150	250	100	150
75 - 150	200	300	150	200
150 - 250	300	400	250	300

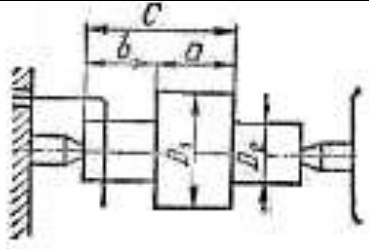
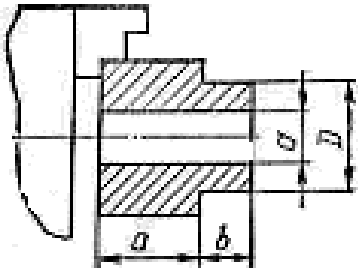
Таблиця 2

Відхилення прокату, що допускаються, мм

<u>А. Сталь гарячекатана</u>		
Діаметр, сторона квадрата або діаметр вписаного круга шестигранної сталі, мм	Точність прокатування	
	Звичайна	підвищена
5-9	+0,3; -0,5	+ 0,1; -0,3
10-19	+0,3; -0,5	+ 0,2; -0,3
20-25	+0,4; -0,5	+ 0,2; -0,4
26-48	+0,4; -0,75	+ 0,2; -0,6
50-58	+ 0,4; - 1,0	+ 0,2; -0,9
60-78	+ 0,5; -1,1	+ 0,3; -1,0
80-95	+ 0,5; -1,3	+ 0,4; -1,2
100-115	+ 0,6; -1,7	+ 0,5; -1,5
120-125	+ 0,8; -2,0	+ 0,6;-1,8
130-150	+ 0,8; -2,0	+ 0,6;-2,0
160-200	+ 0,9; -2,5	Не регламентується
210-250	+1,2; -3,0	

Таблиця 3

Погрішність базування ϵ_b при обробці в деяких пристосуваннях токарних верстатів

Базування	Схема установки	Погрішність базування для розмірів
По центрових отворах на жорсткий передній центр		$\epsilon_{D1}=0; \quad \epsilon_{D2}=0;$ $\epsilon_a=0$
В патроні, що центрується, з упором торцем		$\epsilon_D=0; \quad \epsilon_d=0;$ $\epsilon_a=0; \quad \epsilon_b=0$ (при паралельному підрізанні торців)

Таблиця 4

Погрішність закріплення заготовок при установці в радіальному напрямі, мкм

Характеристика базової поверхні	Поперечні розміри заготовки, мм								
	6 - 10	10–18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-260	260-360
Установка в трикулачковому самоцентрируючому патроні									
Гаряче штампування									
Гарячекатана:									
Звичайній точності	-	200	220	280	400	500	800	-	-
Підвищеної точності	100	120	150	200	300	450	650	-	-
Заздалегідь оброблена	50	60	70	80	100	120	140	160	180
Чисто оброблена	25	30	35	40	50	60	70	80	90

Таблиця 5

Точність і якість поверхні при обробці зовнішніх циліндричних повер-
ХОНЬ

Обробка	Квалітет	Клас шорсткості	Клас точності розміру обробки	Граничні відхилення (мкм) на розмір обробки при номінальних діаметрах, мм										
				Більш 3 до 6	Більш 6 до 10	Більш 10 до 18	Більш 18 до 30	Більш 30 до 50	Більш 50 до 80	Більш 80 до 120	Більш 120 до 180	Більш 180 до 260	Більш 260 до 360	Більш 360 до 500
				Обточування: чорнове	14-12	2-3	7-5	300-160	360-200	620-240	680-280	620-340	740-400	870-460
напівчисте або одноразове чистове	12-11	3-5	5-4	160-80	200-100	240-120	280-140	340-170	400-200	460-230	530-260	600-300	680-340	760-380
тонке, алмазне	9-8	4-6	3а-3	48-25	58-30	70-35	84-45	100-50	120-60	140-70	160-80	185-90	215-100	250-120
	8-7	7-8	3-2а	25-12	30-15	35-18	45-21	50-25	60-30	70-35	80-40	90-47	100-54	120-62
Шліфування по-переднє	9	6-7	3	25	30	35	45	50	60	70	80	90	100	120
Чистове	7-6	7-8	2а-2	12-8	15-10	18-12	21-14	25-17	30-20	35-23	40-27	47-30	54-35	62-40
Тонке	6-5	8	2-1	8-5	10-6	12-8	14-9	17-11	20-13	23-15	27-18	30-20	35-22	40-25
Притирання суперфініш	5	8-10	1-	5-3	6-4	8-5	9-6	11-8	13-9	15-11	18-13	20-15	22-18	25-20
Обкатування алмазне	10		3а-	48-	58-	70-	84-	10-	12-	14-	16-	18-	215	250
випрасовування	8-7	7-11	3	25	30	35	45	50-	60-	70-	80-	90-	100	120
калібрування	6-5		2а-	12-	15-	18-	21-	25	30	35	40	47	54	62
			2	8	10	12	14	17-	20-	23-	27-	30-	35	40
			1	5	6	8	9	11	13	15	18	20	22	25

Таблиця 6

Допуски на штамповані поковки нормальної точності, мм

Маса по- ковки, кг	Для розміру, мм									
	До 50	50-120	120- 180	180- 260	260- 360	360- 500	500- 630	630- 800	800- 1000	1000- 1250
до 0,25	+0,6	+0,7	+0,8	+0,9	+1,0	+1,2				
	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,6				
0,25-0,4	+0,7	+0,8	+0,9	+1,0	+1,2	+1,3				
	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,6	-0,7				
0,4 - 0,63	+0,8	+0,9	+1,1	+1,2	+1,3	+1,4	+1,4			
	-0,4	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-1,0			
0,63-1,0	+0,9	+1,1	+1,2	+1,3	+1,4	+1,4	+1,6			
	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0			
1,0-1,6	+1,1	+1,2	+1,3	+1,4	+1,6	+1,6	+1,8	+2,0		
	-0,5	-0,6	-0,9	-0,8	-0,8	-1,0	-1,1	-1,5		
1,6-2,5	+1,2	+1,3	+1,5	+1,6	+1,7	+1,8	+2,0	+2,2	+2,5	
	-0,6	-0,7	-0,7	-0,8	-0,9	-1,1	-1,2	-1,4	-1,5	
2,5-4,0	+1,3	+1,5	+1,6	+1,7	+1,9	+2,0	+2,2	+2,5	+3,0	+3,0
	-0,7	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,2	-1,4	-1,5	-1,5	-2,0
4,0-6,3	+1,5	+1,6	+1,7	+1,9	+2,0	+2,2	+2,5	+3,0	+3,0	+3,5
	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,2	-1,4	-1,5	-1,5	-2,0	-2,0
6,3-10,0	+1,6	+1,7	+1,9	+2,1	+2,2	+2,5	+3,0	+3,0	+3,5	+4,0
	-0,8	-0,9	-1,0	-1,1	-1,4	-1,5	-1,5	-2,0	-2,0	-2,0

Навчальне видання

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ МАШИНОБУДУВАННЯ.
4. РОЗРАХУНОК ПРИПУСКІВ І ОПЕРАЦІЙНИХ
РОЗМІРІВ ЗАГОТОВКИ

Методичні вказівки
для виконання практичних робіт

Укладачі:

Тришевський Олег Ігорович
Калюжний Олексій Борисович

Формат 60x84/16. Гарнітура Times New Roman
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.

Ум. друк. арк. _.

Наклад ___ пр.

Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44

