

ЛІТЕРАТУРА



НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя

Кафедра інжинірингу
машинобудівних технологій

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для практичного заняття № 2

на тему:

**Оцінка ефективності та
обґрунтування методу
одержання заготовок**

з дисципліни

Ефективність інженерних рішень

Тернопіль, 2023

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Кафедра інжинірингу
машинобудівних технологій

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для практичного заняття № 2

на тему:

Оцінка ефективності та обґрунтування методу отримання заготовок

з дисципліни

Ефективність інженерних рішень

Для практичних занять і самостійної роботи студентів
всіх форм навчання та дистанційної освіти

Призначена для здобувачів вищої освіти
освітнього рівня – бакалавр
за спеціальністю 131 – “Прикладна механіка”

Тернопіль, 2023

Методичні вказівки розроблені відповідно до освітньої програми та навчального плану підготовки здобувачів вищої освіти, освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 131 – Прикладна механіка.

Укладачі: д.т.н., проф. Василь ВАСИЛЬКІВ
к.т.н., доц. Лариса ДАНИЛЬЧЕНКО
ст. викл. Ліліана ДЖИДЖОРА
к.т.н., доц. Дмитро РАДИК

Рецензент: к.т.н., доц. Дмитро ДМИТРІВ

Відповідальний за випуск к.т.н., доц. Дмитро РАДИК

Методичні вказівки розглянуті та схвалені на методичному семінарі кафедри інжинірингу машинобудівних технологій.

Протокол № 8 від 14.03.2023 р.

Методичні вказівки рекомендовано до друку науково-методичною комісією ФМТ.

Протокол № 7 від 23.03.2023 р.

Мета роботи: набуття навичок і вмінь щодо вибору ефективного методу отримання заготовки та його обґрунтування на основі порівняння можливих методів їх виготовлення за техніко-економічними показниками.

КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Метод одержання заготовок для деталей машин визначається призначенням і конструкцією деталі, матеріалом, технічними вимогами, масштабом і серійністю випуску, а також економічністю виготовлення. Вибрати заготовку – значить встановити спосіб її отримання, визначити припуски на оброблення кожної поверхні, розрахувати розміри і вказати допуски на неточність виготовлення.

Для раціонального вибору заготовки необхідно одночасно враховувати всі вказані вище вихідні дані, оскільки між ними існує тісний взаємозв'язок. Кінцеве рішення можна прийняти лише після економічного комплексного розрахунку собівартості заготовки і механічного оброблення в цілому.

При розробленні технологічного процесу робиться короткий аналіз існуючих способів отримання заготовки на підприємстві. В аналізі повинні бути відображені:

- ефективність способу в умовах підприємства; технологічний процес отримання заготовки, який ілюструється ескізами;
- оснащеність технологічного процесу, елементи його механізації і автоматизації, якість заготовки, недоліки в технологічному процесі, причини браку й методи його усунення.

Варто також виявити основні техніко-економічні показники процесу отримання заготовки на підприємстві: собівартість, відсоток використання матеріалу, працемісткість і продуктивність на окремих операціях.

Перераховані фактори слід враховувати і при самостійному розробленні заготовки на основі креслення деталі.

Робота ведеться у такій послідовності:

- 1) вибирається вид заготовки з урахуванням факторів, що визначають експлуатаційні характеристики деталі, тип виробництва, економію металу та ін.;

- 2) на всі оброблювані поверхні припуски на оброблення призначаються, а на деякі – розраховуються аналітичним способом;
- 3) виконується креслення заготовки і обраховується її маса;
- 4) розраховується вартість заготовки.

Іноді доцільно зробити зіставлення двох можливих способів отримання заготовки, як це робиться при порівнянні способу, що пропонується, з існуючим на підприємстві (з метою вибору оптимального).

Найчастіше при проектуванні технологічного процесу застосовують заготовки із прокату, штамповані заготовки і відливки. Це визначається тією обставиною, що на ці види заготовок розроблено преїскуранти та методику обґрунтування ефективності та розрахунку вартості заготовок.

Заготовки із прокату.

Види прокату, його характеристики і сфера застосування наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Сортовий прокат і профілі, галузь їх застосування.

Вид прокату чи профіль	Стандарт	Галузь застосування
Сортовий: – Прокат сортовий сталевий гарячекатаний круглий;	ДСТУ 4738:2007 (ГОСТ 2590-2006)	Гладкі й східчасті вали з невеликим перепадом діаметрів ступенів, стакани діаметром до 50 мм, втулки з зовнішнім діаметром до 25 мм. Кріплення, невеликі деталі типу важелів, тяг, планок і клинків.
– Прокат калібрований круглий. Сортамент;	ДСТУ 8608:2015 (ГОСТ 7417-75)	
– Прокат сортовий сталевий гарячекатаний квадратний;	ДСТУ 4746:2007/ ГОСТ 2591-2006	
– Прокат сортовий сталевий гарячекатаний шестигранний;	ДСТУ 4737:2007 (ГОСТ 2879-2006)	
– прокат сортовий сталевий гарячекатаний штабовий;	ДСТУ 4747:2007 (ГОСТ 103-2006)	
– Сталь калібрована квадратна та шестигранна	ДСТУ 7807:2015 (ГОСТ 8559-75) (ГОСТ 8560-78)	

Листовий: – Прокат листовий гарячекатаний. Сортамент;	ДСТУ 8540:2015 (ГОСТ 19903-74)	Фланці, кільця, плоскі деталі різної форми; циліндричні порожнисті втулки.
– прокат листовий холоднокатаний. Основні параметри і розміри;	ДСТУ 8971:2019 (ГОСТ 19904-74)	
Труби: – Труби сталеві безшовні гарячедеформовані;	ДСТУ 8938:2019 (ГОСТ 8732-78)	Циліндри, втулки, гільзи, шпинделі, стакани, барабани, ролики, вали.
– Труби сталеві безшовні холоднодеформовані.	ДСТУ 8939:2019 (ГОСТ 8734-75)	
Профілі сталеві гарячекатані періодичні поздовжнього прокатування	ГОСТ 8319-75	Східчасті вали великосерійного і масового виробництва.
Профілі періодичні поперечно-гвинтового прокатування	ГОСТ 8320-73	Вали, півосі, важелі та інші деталі великосерійного і масового виробництва.

Прокат можна застосовувати як заготовки для безпосереднього виготовлення деталей або як вихідні заготовки при пластичному формоутворенні. Періодичний поздовжній прокат і поперечно-гвинтовий мають змінний по довжині переріз, решта, що наведені у табл. 1 – постійний.

Спеціальний прокат застосовують в умовах масового або великосерійного виробництва, що у великій мірі знижує припуски і обсяги механічного оброблення.

Ковані та штамповані заготовки.

Характеристику деяких методів отримання заготовок шляхом оброблення металів тиском, які найчастіше використовують при розробленні технологічних процесів, наведено в табл. 2. Сфера застосування цих методів – серійне і масове виробництво. Штампування на кривошипних пресах у 2-3 рази продуктивніше

порівняно зі штампуванням на молотах, припуски і допуски зменшуються на 20–35%, витрата металу зменшується на 10–15%. Заготовки для деталей типу стержня з потовщенням, кілець, втулок, деталей з наскрізними та глухими отворами доцільно отримувати на горизонтально-кувальних машинах (ГКМ).

Таблиця 2 – Характеристика деяких методів виконання заготовок тиском (вуглецеві й леговані сталі та спеціальні сплави).

Метод одержання заготовок	Розміри чи маса	Точність виконання заготовок	Шорсткість R_z , мкм
Штампування на молотах і пресах	маса до 200 кг, найменша товщина стінок 2,5 мм	за ГОСТ 7505-89	320...160
Штампування з наступним карбуванням	маса до 200 кг, найменша товщина стінок 2,5 мм	0,05...0,1 мм	40...10
Штампування (висаджування) на ГКМ	маса 0,1...100 кг, діаметр до 315 мм	за ГОСТ 7505-89	320...160
Штампування витисканням	діаметр до 200 мм	0,2...0,5 мм	320...80

Відливки.

Точність відливок у піщані (земляні) форми та припуски на оброблення регламентовані для чавунних (у тому числі для деталей із ковкого чавуну) і сталевих деталей.

Встановлено три класи точності виливків однакових для чавунних і сталевих заготовок (табл. 3). При виборі литої заготовки в першу чергу необхідно визначити клас точності й залежності від масштабу виробництва і способу отримання відливки, який зумовлюється характером технологічного оснащення ливарного цеху і механізацією процесів виготовлення і складання форм і стержнів.

Таблиця 3 – Допустимі відхилення за габаритними розмірами відливок із сірого чавуну й сталі

Найбільші габарити відливок, мм	Номінальний розмір частини відливок, на яку дається допуск, мм						
	до 50	50... 120	120... 260	260... 500	500... 800	800... 1250	1250... 2000
1-й клас точності							
до 120	±0,2	±0,3	–	–	–	–	–
120...260	±0,3	±0,4	±0,6	–	–	–	–
260...500	±0,4	±0,6	±0,8	±1,0	–	–	–
500...1250	±0,6	±0,8	±1,0	±1,2	±1,4	±1,6	–
1250...3150	±0,8	±1,0	±1,2	±1,4	±1,6	±2,0	±2,5
13150...5000	±1,0	±1,2	±1,5	±1,8	±2,0	±2,5	±3,0
2-й клас точності							
до 260	±0,5	±0,8	±1,0	–	–	–	–
260...500	±0,8	±1,0	±1,2	±1,5	–	–	–
500...1250	±1,0	±1,2	±1,5	±2,0	±2,5	±3,0	–
1250...3150	±1,2	±1,5	±2,0	±2,5	±3,0	±4,0	±5,0
3150...6300	±1,5	±1,8	±2,2	±3,0	±4,0	±5,0	±6,0

Примітка. 3-й клас точності відливок призначається для одиничного виробництва.

Дані для вибору класу точності відливок наведено в табл. 4. Слід враховувати, що основним фактором, який визначає вибір класу точності відливок, є собівартість, яка при виборі відливки вищого класу точності повинна бути компенсована зниженням металомісткості й вартості механічного оброблення.

Найбільш універсальним методом є лиття у піщані форми, але виготовлення форм потребує великих затрат часу. Так, набивка одного кубічного метра формувальної суміші вручну займає 1,5...2 год., а за допомогою пневматичного трамбувальника – 1 год. Застосування піскомету для набивки форм скорочує час набивки до 6 хв. Струшуючі машини прискорюють набивку порівняно з ручною в 15, а пресування – в 20 разів.

Таблиця 4 – Залежність класу точності від характеру виробництва.

Клас точності	Характер виробництва	Кількість виробів на рік	Оснащення	Виготовлення	
				форм	стержнів
1	Від велико-серійного до масового	більше 10000	металеві моделі та стержневі ящики, кондуктори для калібрування стержнів	машинне складання стержнів у кондукторах	машинне калібрування у кондукторах перед складанням
2	Від серійного до велико-серійного	1000...10000	металеві моделі та стержневі ящики	машинне	великих – машинне, дрібних – ручне

Литтям у землю за металевими моделями при машинному формуванні отримують виливки масою до 10–15 тон при найменшій товщині стінок 3...8 мм.

Лиття в оболонкові форми застосовують головним чином при отриманні відповідних фасонних виливок. При цьому отримують алюмінієві й сталеві виливки масою до 150 кг; мінімальна товщина стінок для алюмінієвих виливок – 1...1,5 мм, сталевих – 3...5 мм. Забезпечується точність виливок у межах 12...14-го квалітетів за СТ СЕВ 144-75, параметр шорсткості поверхні R_z 40...10. При автоматизації цього методу можна отримати до 450 півформ за 1 год.

Лиття у кокіль економічно доцільне при величині партії не менше 300–500 шт. для малих виливок і 30...50 шт. для великих виливок. Продуктивність методу – до 30 виливків за 1 год. Цим методом можна отримувати виливки масою 250...7000 кг, що мають точність 13...15-го квалітетів за СТ СЕВ 144-75 і параметр шорсткості поверхні R_z 80...10.

Лиття під тиском застосовують в основному для отримання фасонних виливок із цинкових, алюмінієвих, магнієвих і латунних

сплавів. Метод вважається доцільним при партії 1000 і більше деталей.

Продуктивність методу до 1000 деталей за 1 год. Можна отримувати виливки масою до 1000 кг з мінімальною товщиною стінок 0,5 мм; точністю поверхонь згідно 11...12-го квалітетів за СТ СЕВ 144-75, параметром шорсткості поверхні R_z 20.

Відцентрове лиття можна застосовувати при виготовленні заготовок, які мають форму тіл обертання. Продуктивність методу - до 15 виливок за 1 год. Маса виливок 100...3000 кг, мінімальна товщина стінок 0,5 мм, точність поверхонь 13...15-го квалітетів за СТ СЕВ 144-75, параметр шорсткості поверхні R_z 160...40.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВКИ.

З метою кращого проведення техніко-економічних розрахунків всі вартісні величини (вартість матеріалів, часові тарифні ставки, оптові ціни та ін.) умовні.

При виборі виду заготовки для технологічного процесу, що заново проєктується можливі такі варіанти:

1) метод отримання заготовки приймається аналогічним до того, що існує на даному виробництві;

2) метод отримання заготовки змінюється, але ця обставина не викликає змін у технологічному процесі механічного оброблення;

3) метод отримання заготовки змінюється, і в результаті цього змінюється ряд операцій механічного оброблення деталі, відповідно, послідовність операцій.

У першому випадку достатньо обмежитися посиланням на довідкову літературу, де для даних умов рекомендований цей варіант як оптимальний. Оскільки вартість заготовки не змінюється, вона не враховується при визначенні технологічної собівартості.

У другому випадку перевагу слід віддати заготовці, яка характеризується кращим використанням металу та меншою вартістю. Методика визначення вартості заготовки наводиться нижче. Вона враховується при розрахунку технологічної собівартості.

У двох розглянутих випадках є повна можливість прийняти кінцеве рішення відносно виду заготовки та розрахувати її вартість до визначення технологічної собівартості варіанту процесу.

У третьому випадку питання про доцільність визначеного виду заготовки може бути визначене лише після розрахунку технологічної собівартості деталі за варіантами, що порівнюються. Перевагу слід надавати тій заготовці, яка забезпечує меншу технологічну собівартість деталі. Якщо ж варіанти, що порівнюються, за технологічною собівартістю виявляються рівноцінними, перевагу слід віддати тому варіанту заготовки, який має вищий коефіцієнт використання матеріалу.

Собівартість заготовок із прокату дорівнює:

$$S_{заг} = M + \sum C_{o.з}, \quad (1)$$

де M – затрати на матеріал заготовки, ум.од.;

$\sum C_{o.з}$ – технологічна собівартість операцій виправлення, калібрування прутків, розрізання їх на штучні заготовки:

$$C_{o.з} = \frac{C_{пз} \cdot T_{ум(ум.к)}}{60 \cdot 100}, \quad (2)$$

де $C_{пз}$ – приведені затрати на робочому місці, коп./год.;

$T_{ум(ум.к)}$ – штучний чи штучно-калькуляційний час виконання заготівельної операції (виправлення, калібрування, різання тощо).

Приведені витрати, що припадають на 1 год. роботи обладнання, мають такі значення: різання заготовок діаметром до 55 мм на ножицях сортових моделі 1834-883; різання заготовок діаметром до 140 мм на ножицях сортових моделі 1838-1629; різання на відрізних верстатах, що працюють дисковими пилками – 121; виправлення на автоматах – 200...250 коп./год.

Витрати на матеріал визначаються за масою прокату, необхідного на виготовлення деталі, і масою стружки, що залишається. При цьому необхідно враховувати стандартну довжину

прутків і відходи у результаті неkratності довжини заготовок цій стандартній довжині:

$$M = QS - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{відх}}}{1000}, \quad (3)$$

де Q – маса заготовки, кг;

S – ціна 1 кг матеріалу заготовки, ум.од.;

q – маса головної деталі, кг;

$S_{\text{відх}}$ – ціна 1 т відходів, ум.од.

Вартість деяких металів і заготівельні ціни на стружку чорних і кольорових металів наводяться в табл. 5 і 6.

Таблиця 5 – Оптові ціни на матеріали для виготовлення заготовок.

Назва	Марка	Ціна за 1 т, тис. ум.од
1	2	3
Сталь звичайної якості кругла і квадратна		
Вуглецева	Ст 0, Ст 3 Ст 4	10,6...12,4 11,4...13,2
Сталь якісна кругла, квадратна, шестигранна		
Вуглецева	10, 20, 30, 40, 45, 50, 55	13,6...18,5
Легована	15Х, 20Х, 30Х, 35Х, 40Х, 45Х, 50Х	14,1...16,8 14,7...17,1
Автоматна	18ХГТ, 30ХГТ, 20ХГР	17,0...20,3 27,9...30,9 18,7...21,5 13,1...15,7
Шарико- підшипникова	15ХГС, 30ХГС 12ХНЗА, 30ХНЗА 20ХНР А12, А20, А30, А40Г ШХ9, ШХ15, ШХ15СГ	20,7...25,9 22,4...28,7

Продовження табл. 5

1	2	3
Сталь високовуглецева кругла		
Якісна	У7...У13	15,6...18,7
Високоякісна	У7А...У13А	16,7...19,8
Легована	ХВГ	50,6...55,5
Сталь якісна калібрована (холоднотягнута) кругла		
Вуглецева	35, 40, 45, 50, 55, 60	17,6...26,3
Автоматна	А12, А20	17,1...23,5
Шарикопідшипникова	ШХ9, ШХ15	26,0...36,4
Кольорові сплави		
Прутки латунні $\varnothing 17...50$ мм	Л62, ЛС59–1, ЛСЖ58–1–1	114,0...118,0
Прутки алюмінієві $\varnothing 11...44$ мм	АМГ–3	118,0...123,0
Прутки бронзові $\varnothing 17...40$ мм	Бр Б2	791,0...796,0
Труби (ціна за 1 м)		
Гарячедеформовані $\varnothing 54$ мм, стінка 10 мм	Сталь 15...25	228
$\varnothing 70$ мм, стінка 10 мм		294
$\varnothing 89$ мм, стінка 10 мм		877
Холоднокатані $\varnothing 102$ мм, стінка 20 мм	Сталь 15...25	923
$\varnothing 120$ мм, стінка 24 мм		113
$\varnothing 150$ мм, стінка 20 мм		219
Гарячедеформовані $\varnothing 90$ мм, стінка 11 мм	ШХ15	63
$\varnothing 90$ мм, стінка 19 мм		119

Примітка. Більші значення цін вказані для сталей $\varnothing 10$ мм, менші – для автоматних сталей $\varnothing 100$ мм, для решти – $\varnothing 250$ мм.

Таблиця 6 – Заготівельні ціни на стружку чорних і кольорових металів.

Вид стружки	Ціна за 1 т, ум.од.
чавунна	24,8
сталева	22,6...28,1
латунна	341...404
бронзова	507...1083
алюмінієва	240...315

Примітка. Менші значення цін слід приймати для стружки, що містить менший відсоток дорогих легованих елементів.

Вартість заготовок, що отримуються такими методами, як лиття у звичайні земляні форми і кокілі, лиття за виплавленими моделями, лиття під тиском, гаряче штампування на молотах, пресах, ГKM, а також електровисадкою можна з достатньою точністю визначити за формулою:

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_m k_c k_b k_m k_n \right) - S \cdot (Q - q) \cdot \frac{S_{відх}}{1000}, \quad (4)$$

де C_i – базова вартість 1 т заготовок, ум.од.;

k_m, k_c, k_b, k_m, k_n – коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу та обсягу виробництва заготовок.

Для відливок, отриманих литтям у звичайних земляних формах, рекомендується користуватися нижче приведеними даними.

Базова вартість 1 т відливок $C_1 = 360$ ум.од. (відливки з сірого чавуну марок СЧ10, СЧ15, СЧ18 масою 1...3 кг, 3-го класу точності по ГОСТ 1855-55, 3-ї групи серійності.

Коефіцієнти вибираються за такими даними:

а) залежно від точності відливок значення коефіцієнта k_m приймають наступними:

– для відливок із чорних металів – 1-й клас точності – 1,1; 2-й клас точності – 1,05; 3-й клас точності – 1;

– для відливок із кольорових металів (за ОСТ 1.41154-72) – 4-й клас точності – 1,1; 5-й клас точності – 1,05; 6-й клас точності – 1;

б) залежно від марки матеріалу значення коефіцієнта k_m наступні:

– для чавуну – СЧ10, СЧ15, СЧ18 – 1; СЧ20, СЧ25, СЧ30 – 1,04; СЧ35, СЧ40, СЧ45 – 1,08; ВЧ45–5, ВЧ50–2 – 1,19; КЧ30–6, КЧ33–8, КЧ35–10 – 1,12;

– для сталі вуглецевої – 1,22; низьколегованої – 1,26; легованої – 1,93;

– для сплавів кольорових металів – алюмінієвих – 5,94; мідноцинкових – 5,53; бронзи олов'янисто-свинцевої – 6,72.

Коефіцієнти, що залежать від групи складності відливок k_c , маси відливок k_b і обсягу виробництва k_n , визначаються за табл. 7.

Таблиця 7 – Значення коефіцієнтів k_c , k_b , k_n .

k_c					
Матеріал відливки	Групи складності				
	1	2	3	4	5
Чавун, сталь	0,7	0,83	1	1,2	1,45
Алюмінієві сплави	0,82	0,89	1	1,1	1,22
Мідні сплави і бронза	0,97	0,98	1	1,02	1,04
k_b					
Маса відливки, кг	Матеріал відливок				
	чавун	сталь	Алюмінієві сплави	бронза	
0,5...1	1,1	1,07	1,05	1,01	
1...3	1	1	1	1	
3...10	0,91	0,93	0,96	0,99	
10...20	0,84	0,87	0,92	0,97	
20...50	0,8	0,82	0,89	0,95	
50...200	0,74	0,78	0,85	0,93	
200...500	0,67	0,74	0,82	0,9	

Матеріал відливки	k_c				
	Групи серійності				
	1	2	3	4	5
Чавун	0,52	0,76	1	1,2	1,44
Сталь	0,5	0,77	1	1,2	1,48
Алюмінієві сплави	0,77	0,9	1	1,11	1,22
Мідноцинкові сплави і бронза	0,91	0,96	1	1,05	1,08

Для того, щоб визначити коефіцієнт k_n , при проектуванні технологічного процесу за обсяг виробництва можна приймати річну програму випуску деталей. Для цього необхідно спочатку встановити групу серійності за табл. 8, потім на основі групи серійності за табл. 7 знайти значення k_n .

Для відливок, отриманих литтям за виплавленими моделями, в якості базової прийнята вартість 1 т $C_2=1985$ ум.од. (відливки з вуглецевої сталі масою 0,1...0,2 кг, 3-ї групи складності, 2-ї групи серійності).

Коефіцієнти вибираються за наступними даними:

а) незалежно від точності відливок значення коефіцієнта k_m приймаються рівними 1;

б) у залежності від матеріалу відливок значення коефіцієнта k_m наступні: для сталі вуглецевої – 1; низьколегованої – 1,08; високолегованої – 1,1; мідних сплавів – 2,44; бронзи безоловянистої – 2,11; оловянистої – 2,4.

Коефіцієнти, що залежать від групи складності відливок k_c і маси k_b , приймаються за табл. 9.

Коефіцієнт k_n для відливок, які отримуються за виплавленими моделями, визначаються незалежно від марки матеріалу відливка. Група серійності, на основі якої вибираються значення коефіцієнта k_n , наведена у табл. 8.

Таблиця 8 – Групи серійності відливок залежно від способу отримання і обсягу виробництва.

Маса відливка, кг	Обсяг (тис. шт.) при групах серійності		
Лиття у звичайні земляні форми і кокілі			
0,5...1	більше 500	100...500	менше 100
1...3	більше 350	75...350	менше 75
3...10	більше 200	30...200	менше 30
10...20	більше 100	15...100	менше 15
20...50	більше 60	10...60	менше 10
50...200	більше 40	7,5...40	менше 7,5
200...500	більше 25	4,5...25	менше 4,5
Лиття за виплавленими моделями			
0,1...0,2	більше 400	300...400	менше 300
0,2...0,5	більше 300	225...300	менше 225
0,5...1	більше 15	11...15	менше 11
1...2	більше 12	9...12	менше 9
2...5	більше 10	7...10	менше 7
5...10	більше 4	3...4	менше 3
10	більше 3	2...3	менше 2
Лиття під тиском			
0,1...0,2	більше 600	450...600	менше 450
0,2...0,5	більше 500	375...500	менше 375
0,5...1	більше 400	300...400	менше 300
1...2	більше 300	225...300	менше 225
2...5	більше 200	150...200	менше 150
5...10	більше 100	75...100	менше 75
більше 10	більше 50	35...50	менше 35

Значення коефіцієнта k_n залежно від групи серійності складають: 1-а група серійності – 0,83; 2-а – 1; 3-я – 1,23.

Таблиця 9 – Значення коефіцієнтів k_c, k_b

k_c					
Матеріал відливки	Група складності				
	1	2	3	4	5
Сталь вуглецева	0,86	0,92	1	1,12	1,24
Сталь низьколегована	0,86	0,93	1	1,11	1,23
Сталь високолегована	0,85	0,90	1	1,12	1,26
Мідні сплави	0,865	0,925	1	1,15	1,26
Бронза безоловяниста	0,9	0,95	1	1,08	1,19
Бронза оловяниста	0,92	0,95	1	1,10	1,15
k_b					
Маса відливки	Матеріал відливок				
	сталь вуглецева і низько- легована	сталь високо- легована	мідний сплав	бронза безолов'я- ниста	бронза олов'я- ниста
0,05...0,10	1,37	1,31	1,20	1,30	1,30
0,10...0,20	1	1	1	1	1
0,20...0,50	0,75	0,78	0,95	0,79	0,83
0,50...1	0,7	0,74	0,89	0,76	0,80
1...2	0,62	0,63	0,86	0,71	0,76
2...5	0,50	0,53	0,82	0,64	0,70
5...10	0,45	0,48	0,78	0,61	0,67
більше 10	0,38	0,40	0,72	0,57	0,64

Для відливок, отриманих литтям під тиском, як базова прийнята вартість 1 т відливок $C_3=1265$ ум.од. (відливки з алюмінієвих сплавів, масою 0,1...0,2 кг, 3-ї групи складності, 2-ї групи серійності).

Таблиця 10 – Значення коефіцієнтів k_c, k_b, k_n

k_c				
Матеріал відливки	Групи складності			
	1	2	3	4
Алюмінієві сплави	0,88	0,94	1	1,07
Мідні сплави	0,90	0,95	1	1,07
Цинкові сплави	0,88	0,93	1	1,07
k_b				
Маса відливка	Матеріал відливка			
	алюмінієві сплави	мідні сплави	цинкові сплави	
0,1...0,2	1	1	1	
0,2...0,5	0,90	0,89	0,91	
0,5...1	0,81	0,81	0,82	
1...2	0,75	0,75	0,75	
2...5	0,69	0,71	0,7	
5...10	0,64	0,67	0,63	
більше 10	0,62	0,65	0,61	

Коефіцієнти вибираються за такими даними:

а) незалежно від класу точності значення коефіцієнта k_m приймають рівним 1;

б) залежно від матеріалу відливок коефіцієнт k_m приймається: для алюмінієвих сплавів – 1; мідних – 1,11; цинкових – 1,29.

Значення коефіцієнтів k_c, k_b, k_n наведено в табл. 7.

Відливки до тої чи іншої групи складності можна віднести за наступними ознаками:

I група – подовжені деталі типу тіл обертання, які можна відливати не лише стаціонарним, але й відцентровим способом. До них відносяться прості та біметалічні вкладиші, деякі втулки і гільзи, труби, циліндри, деякі типи шпинделів із фланцями, колінчасті і розподільні вали та ін. Відношення довжини до діаметра в таких деталях більше одиниці.

II група – деталі типу дисків: маховики і основні диски муфт зчеплення, шківни, диски, корпуси підшипників.

III група – прості за конфігурацією коробчасті плоскі деталі, для формування яких не треба великої кількості стержнів. До цієї групи відносяться передні, бокові та нижні кришки двигунів; кришки коробок передач, передніх бабок та інших корпусних деталей; супорти верстатів; кронштейни; планки; вилки; важелі.

IV група – закриті корпусні деталі коробчастого типу, всередині яких монтуються механізми машин. Це – блоки і головки циліндрів автомобільних, верстатних та інших двигунів; корпуси коробок передач; картери двигунів; корпуси мостів автомобілів і тракторів; картери рульового управління; передні бабки, коробки подач свердловальних верстатів та інші деталі складної форми, для виготовлення яких потребується значна кількість стержнів при формуванні.

V група – крупні та важкі коробчасті деталі, на яких монтуються складальні одиниці і механізми машин. До них можна віднести коробчасті литі рами верстатів і машин, станини металорізальних верстатів і ливарних машин, а також пресів, компресорів тощо.

Вартість гарячештампованих заготовок (отриманих на молотах, пресах, горизонтально-кувальних машинах і електровисадкою) визначається наступним чином. За базу приймається вартість 1 тони штамповок $C_4 = 373$ ум.од. (штамповки з конструкційної вуглецевої сталі масою 2,5...4 кг, нормальної точності за ГОСТ 7505-74, 3-ї групи (степені) складності, 2-ї групи серійності.).

Коефіцієнти вибираються за наступними даними:

а) залежно від точності штамповок за ГОСТ 7505-74 значення коефіцієнту k_m приймаються: підвищена точність – 1,05; нормальна – 1;

б) залежно від марки матеріалу штамповки значення коефіцієнта k_m складають: для вуглецевої сталі 08–85 – 1; сталі 15Х–50Х – 1,13; сталі 18ХГТ–30ХГТ – 1,21; сталі ШХ15 – 1,77; сталі 12ХНЗА–30ХНЗА – 1,79.

Значення коефіцієнтів k_c, k_b наведено у табл. 11.

Таблиця 11 – Значення коефіцієнтів k_c, k_b

k_c					
Матеріал штамповки	Групи складності				
	1	2	3	4	
Сталь вуглецева 08–85	0,75	0,84	1	1,15	
Сталь 15Х–50Х	0,77	0,87	1	1,15	
Сталь 18ХГТ–30ХГТ	0,78	0,88	1	1,14	
Сталь ШХ15	0,77	0,89	1	1,13	
Сталь 12ХНЗА–30ХНЗА	0,81	0,90	1	1,1	
k_b					
Маса штамповки, кг	Матеріал штамповок				
	Сталь 08–85	Сталь 15Х–50Х	Сталь 18ХГТ–30ХГТ	Сталь ШХ15	Сталь 12ХНЗА–30ХНЗА
Не більше 0,25	2	2	1,94	1,82	1,62
0,25...0,63	1,85	1,64	1,61	1,52	1,42
0,63...1,6	1,33	1,29	1,29	1,3	1,25
1,6...2,5	1,14	1,14	1,15	1,14	1,11
2,5...4	1	1	1	1	1
4...10	0,87	0,89	0,89	0,88	0,9
10...25	0,8	0,8	0,79	0,76	0,8
25...63	0,73	0,73	0,74	0,71	0,75
63...160	0,7	0,7	0,72	0,65	0,7

Коефіцієнт k_n визначається з умови: якщо обсяг виробництва заготовок (річна програма) більше значень, вказаних в табл. 12, приймають $k_n=0,8$, в решту випадках – $k_n=1,0$.

Економічний ефект для зіставлення методів отримання заготовок, при яких технологічний процес механічного оброблення не змінюється, може бути розрахований за формулою:

$$E_{ef} = (S_{заг1} - S_{заг2}) \cdot N, \quad (5)$$

де $S_{заг1}$, $S_{заг2}$ – вартість заготовок, що зіставляються, ум.од.

Таблиця 12 – Обсяги виробництва штамповок, що відповідає 2-й групі серійності.

Маса штамповки, кг	Обсяг виробництва, тис. шт.
Не більше 0,25	15...500
0,25...0,63	8...300
0,63...1,6	5...150
1,6...2,5	4,5...120
2,5...4	4...100
4...10	3,5...75
10...25	3...50
25...63	2...30
63...160	0,6...1

ЗАВДАННЯ НА ПРАКТИЧНУ РОБОТУ

Заготовку можна отримувати двома способами: методом лиття або прокатування. Розрахувати вартість заготовки, отриманої двома методами. Обґрунтувати, який з методів є ефективним та визначити економічний ефект від його запровадження у технологічний процес виготовлення деталі.

Порядок виконання завдання.

Згідно виданого завдання

1. Визначити вартості заготовки $C_{заг1}, C_{заг2}$, одержаної двома методами прокатування, за формулою:

$$C_{заг} = QS - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх}}{1000} + \frac{C_{пз} \cdot T_{ум(ум.к)}}{60 \cdot 100}.$$

Визначити економічний ефект для зіставлення методів отримання заготовок прокатуванням, при яких технологічний процес механічного оброблення не змінюється, за формулою (5).

2. Визначити вартості заготовки, одержаної двома методами лиття, за формулою:

$$S_{заг1} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_m k_c k_b k_m k_n \right) - S \cdot (Q - q) \cdot \frac{S_{відх}}{1000}.$$

Визначити економічний ефект для зіставлення методів отримання виливок, при яких технологічний процес механічного оброблення не змінюється, за формулою (5).

Необхідні значення $S, S_{відх}, C_i, k_m, k_c, k_b, k_m, k_n$ вибрати з таблиць.

Вихідні дані для розрахунку

Варіант	Метод одержання заготовки	Матеріал деталі	Маса заготовки Q , кг	Маса деталі q , кг	Приведені затрати $C_{пз}$, коп/год.	Час на заготівельні операції $T_{шт.(шт.к)}$, год.	Група складності	Група серійності	Програма випуску N , шт.
1	прокат	сталь вуглець	0,6	0,5	850	0,8	1	2	30000
			0,7						
2	лиття	алюм. сплав	0,95	0,8	880	1,0	2	3	25000
			1,00						
3	прокат	мідний сплав	1,1	1,0	1000	0,9	3	4	20000
			1,22						
4	лиття	бронз. сплав	1,52	1,4	1120	1,0	4	5	10000
			1,58						
5	прокат	сталь легов.	1,55	1,5	1200	0,8	5	1	15000
			1,8						
6	лиття	алюм. сплав	2,2	2,0	1340	1,0	1	2	10000
			2,4						
7	прокат	мідний сплав	4,3	4,0	1400	1,1	2	3	5500
			4,35						
8	лиття	бронз. сплав	5,35	5,0	1440	0,9	3	4	5000
			5,4						
9	прокат	сталь вуглець	10,5	9,0	1500	0,8	4	5	2000
			11,1						
10	прокат	сталь легов.	13,9	12,0	1580	1,0	5	1	1800
			14,5						
11	лиття	алюм. сплав	16,9	15,0	1600	0,9	1	2	1350
			18,00						
12	лиття	мідний сплав	21,2	18,0	1630	1,0	2	3	1200
			23,5						
13	лиття	бронз. сплав	24,8	21,0	1700	1,1	3	4	1000
			26,2						

Вихідні дані для розрахунку (продовження)

Варіант	Метод одержання заготовки	Матеріал деталі	Маса заготовки Q, кг	Маса деталі q, кг	Приведені затрати Спз, коп/год.	Час на заготівельні операції Тшт.(шт.к), год.	Група складності	Група серійності	Програма випуску N, шт.
14	прокат	сталь	25,00	22,0	1720	0,9	4	5	1200
		вуглець	26,2						
15	прокат	сталь	29,1	25,0	1750	0,8	5	1	1500
		легов.	30,2						
16	лиття	мідний	33,5	28,0	1790	1,0	1	2	1000
		сплав	36,1						
17	прокат	сталь	2,2	2,0	1800	1,1	2	3	15000
		вуглець	2,4						
18	прокат	сталь	4,3	4,0	1780	0,9	3	4	10000
		легов.	4,35						
19	лиття	алюм.	5,35	5,0	1730	0,8	4	5	5500
		сплав	5,4						
20	прокат	мідний	10,5	9,0	1700	1,1	5	4	5000
		сплав	11,1						
21	лиття	бронз.	13,9	12,0	1630	0,9	2	1	2000
		сплав	14,5						
22	прокат	сталь	16,9	15,0	200	0,8	3	2	1800
		вуглець	18,00						
23	прокат	сталь	21,2	18,0	220	1,0	4	3	1350
		легов.	23,5						
24	лиття	алюм.	24,8	21,0	230	0,9	5	4	1200
		сплав	26,2						
25	лиття	мідний	25,00	22,0	250	1,0	1	2	1000
		сплав	26,2						

Контрольні запитання

1. В чому полягає обґрунтування ефективності методу одержання заготовки?
2. Наведіть основні етапи здійснення аналізу ефективності способу одержання заготовки.
3. Оцінка ефективності виливок.
4. Поясніть спосіб визначення класу точності заготовок.
5. Які коефіцієнти враховуються в розрахунках ефективності методів виготовлення литих заготовок?
6. Методика проведення аналізу ефективності методів прокатування.
7. Які техніко-економічні показники враховуються для аналізу ефективності заготовок, одержуваних прокатуванням?
8. Виділіть основні відмінності між технологічною собівартістю заготовки та її вартістю.
9. Методика проведення аналізу ефективності методів лиття.
10. Варіанти вибору виду заготовки для технологічних процесів.
11. Розрахунок технологічної собівартості заготовки за варіантами, що порівнюються.
12. Собівартість заготовок із прокату.
13. Методика визначення вартості заготовки, одержаної литтям у кокіль.
14. Групи складності литих заготовок, методика визначення.
15. Методика визначення вартості заготовки гарячештапованих заготовок.
16. Як визначити економічний ефект від запровадження раціональних способів виготовлення заготовок?
17. Методика визначення вартості заготовки, одержаної литтям за виплавленими моделями.
18. Які техніко-економічні показники враховуються в аналізі ефективності методів одержання литих заготовок?
19. Методика визначення вартості заготовки, одержаної висаджуванням.

20. Які коефіцієнти враховуються в розрахунках ефективності заготовок, отриманих литтям за виплавленими моделями?

21. Методика визначення вартості заготовки, одержаної гарячим штампуванням на молотах.

22. Залежність класу точності заготовок від характеру виробництва.

23. Методика визначення вартості заготовки, одержаної штампуванням на пресах.

24. Як визначити економічний ефект від запровадження ефективного способу виготовлення заготовки?

25. Методика визначення вартості заготовки, одержаної литтям під тиском.

Перелік літературних джерел

1. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок: підручник / Л.І. Боженко. – Львів: Світ, 1996. – 368 с.
2. Гевко І.Б. Методи прийняття управлінських рішень: підручник / І.Б. Гевко. – Київ: Кондор, 2009. – 187 с.
3. Гуцин О.В. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин: посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 131 – «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології машинобудування» / О.В. Гуцин. – Краматорськ: ДДМА, 2019. – 159 с.
4. Данильченко Л.М., Бобрик В.В. Методичний посібник для виконання семестрового циклу практичних робіт з дисципліни „Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень” для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня “спеціаліст” і “магістр” усіх форм навчання / Л.М. Данильченко, В.В. Бобрик. – Тернопіль: Астон, 2015. – 98 с.
5. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування і виробництво заготовок: підручник / Під ред. Пуховського Є.С. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 353 с.
6. Ж.П. Дусанюк, О.В. Дерібо, С.В. Репінський, М.С. Плис. Оцінювання ефективності способів виготовлення заготовки за техніко-економічними показниками / Вісник машинобудування та транспорту №1(7), 2018. – С. 44-49.
7. Дусанюк Ж.П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки: навчальний посібник / Ж.П. Дусанюк, О.П. Шиліна, С.В. Репінський, С.В. Дусанюк. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 199 с.
8. Методичні вказівки до практичних робіт з курсу "Технології обробки типових деталей та складання машин" Частина 1 для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» всіх форм навчання / Укл.: В.В. Кононов, В.О. Логомінов. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. – 44 с.

9. Методичні вказівки до розрахунково-графічних завдань для дисциплін з технологічних методів виробництва заготовок для студентів спеціальностей: 131 «Прикладна механіка / Укл. В.М. Плєскач, В.О. Савченко, І.В. Акімов – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 58 с

10. Нагірний Ю.П. Обґрунтування інженерних рішень / Ю.П. Нагірний – К.: Урожай, 1994. – 216 с.

11. Прейскурант для техніко-економічного обґрунтування вибору оптимальної технології виробництва заготовок. / Укл. І.В. Акімов, В.М. Плєскач. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. – 18 с.

12. ГОСТ 7505-89. Поковки сталеві штамповані. Допуски, припуски і ковальські напуски./ Електронний ресурс. Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/klassifikator-po-vidam-dokumentov/host_\(miizhderzhavny_850/7505-89+90816-detail.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/klassifikator-po-vidam-dokumentov/host_(miizhderzhavny_850/7505-89+90816-detail.html)