

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

# **ПРОЕКТУВАННЯ ЛИТОЇ ЗАГОТОВКИ**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни  
**«Проектування і виробництво заготовок»**  
для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»  
спеціалізації «Технології машинобудування» всіх форм навчання

Обговорено і рекомендовано  
на засіданні кафедри  
технологій машинобудування  
та деревообробки  
протокол №4 від 29.12.2017 р.

**ЧЕРНІГІВ ЧНТУ 2018**

Проектування вилівка. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Проектування і виробництво заготовок» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології машинобудування» всіх форм навчання. – Чернігів: ЧНТУ, 2018.– 50с.

Укладач: САПОН СЕРГІЙ ПЕТРОВИЧ, кандидат технічних наук, доцент

Відповідальний за випуск – ЄРОШЕНКО Андрій Михайлович, завідувач кафедри технологій машинобудування та деревообробки, канд. техн. наук, доцент..

Рецензент: БОЙКО СЕРГІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій машинобудування та деревообробки Чернігівського національного технологічного університету

## Зміст

Вступ.....	4
1 Загальні методичні вказівки.....	5
1.1 Індивідуальне завдання та організація виконання розрахунково-графічної роботи.....	5
1.2 Вимоги до обсягу та оформлення розрахунково-графічної роботи .....	6
2 Методичні вказівки до виконання окремих розділів розрахунково-графічної роботи.....	13
2.1 Визначення розрахункової маси виливка .....	13
2.2 Визначення типу виробництва і групи конструктивно-технологічної складності виливка.....	13
2.3 Вибір способу отримання виливка .....	14
2.4 Вибір положення виливка у формі .....	16
2.5 Аналіз технологічності деталі з точки зору отримання виливка .....	19
2.6 Визначення точності виливка .....	21
2.7 Розробка кресленника виливка .....	22
2.8 Конструювання стрижня і моделі.....	28
Рекомендована література.....	33
Додатки.....	51
Додаток А.....	51
Додаток Б.....	52
Додаток В .....	55
Додаток Г .....	40
Додаток Д.....	47
Додаток Е .....	49
Додаток Ж .....	50

## **Вступ**

Основною тенденцією розвитку машинобудівного виробництва на сучасному етапі є наближення заготовок за їх формою та розмірами до готових виробів.

Дисципліна «Проектування і виробництво заготовок» має велике значення для підготовки фахівців з технології машинобудування тому, що її вивчення дозволяє в подальшому самостійно у виробничих умовах правильно призначити спосіб одержання заготовки і розробляти її кресленик.

Метою розділу розрахунково-графічної роботи «Проектування литої заготовки» є набуття студентами навичок вибору способу виготовлення литої заготовки та розробки креслеників виливка, моделі, стрижня.

Знання, вміння та навички, які отримують студенти при виконанні цього розділу розрахунково-графічної роботи будуть використані в подальшому при вивченні інших дисциплін за спеціалізацією «Технології машинобудування», у курсовому, дипломному проектуванні та у виробничій діяльності.

## **1 Загальні методичні вказівки**

### **1.1 Індивідуальне завдання та організація виконання розрахунково-графічної роботи**

Вихідними даними до виконання розділу «Проектування литої заготовки» розрахунково-графічної роботи (РГР) є індивідуальне завдання, яке кожен студент отримує від керівника РГР. Індивідуальним завданням є кресленик однієї або декількох деталей та тип виробництва. Кресленик деталі надається студенту з кафедральної бази даних креслеників. Тип виробництва визначається виходячи з річної програми випуску заготовок, яку задає викладач.

Розрахунково-графічна робота є елементом самостійної роботи студента, тому своєчасне і якісне її виконання залежить від особистої самодисципліни, організованості і регулярності роботи. Приступати до виконання РГР необхідно негайно після отримання завдання. Незрозумілі питання, що виникають при виконанні роботи потрібно з'ясовувати на консультаціях.

З метою забезпечення ритмічного та поетапного виконання РГР проводяться рубіжні контролі виконання розділів РГР. Рубіжний контроль здійснюється керівником РГР, а день проведення попередньо узгоджується зі студентами. В результаті рубіжних контролів керівник РГР виявляє стан виконання розділів РГР. Студенти, які вчасно або з випередженням виконують РГР, отримують заохочувальні рейтингові бали.

Виконаний та оформлений відповідно до вимог даних методичних вказівок розділ РГР «Проектування литої заготовки» здається на перевірку не пізніше, ніж через 8 (вісім) тижнів від початку семестру згідно затвердженого графіку навчального процесу. За бажанням, студент може додатково представити даний розділ РГР у вигляді мультимедійної презентації обсягом 5-10 слайдів, за яку також додатково нараховуються заохочувальні рейтингові бали.

Без своєчасно зданої РГР студент не допускається до складання іспиту з дисципліни «Проектування і виробництво заготовок».

## **1.2 Вимоги до обсягу та оформлення розрахунково-графічної роботи**

### **1.2.1 Структура розрахунково-графічної роботи**

Розділ «Проектування литої заготовки» складається з пояснювальної записки (ПЗ) та графічної частини. Зміст пояснювальної записки наступний:

1. Індивідуальне завдання до розділу «Проектування литої заготовки»
2. Проектування виливка
  - 2.1 Визначення розрахункової маси виливка
  - 2.2 Визначення типу виробництва і групи конструктивно-технологічної складності виливка
  - 2.3 Вибір способу отримання виливка
  - 2.4 Вибір положення виливка у формі
  - 2.5 Аналіз технологічності деталі з точки зору отримання виливка
  - 2.6 Визначення точності виливка
  - 2.7 Розробка кресленника виливка
3. Конструювання стрижня і моделі
  - 3.1 Конструювання стрижня
  - 3.2 Конструювання моделі.

Перелік посилань.

Графічна частина розділу «Проектування литої заготовки» складається з наступних аркушів:

- кресленик деталі, отриманий студентом в якості індивідуального завдання та виконаний відповідно до діючих норм та стандартів;
- кресленик виливка;
- кресленик стрижня (при наявності стрижня);
- кресленик моделі.

Обсяг графічної частини РГР може бути збільшений за бажанням студента за рахунок розробки креслеників виливка, моделі, стрижня декількох деталей.

### **1.2.2 Вимоги до оформлення пояснювальної записки розрахунково-графічної роботи**

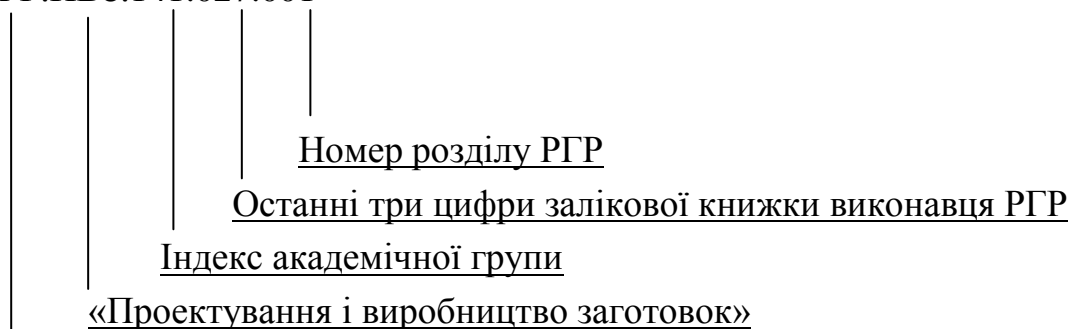
Викладання матеріалу в пояснювальній записці повинно відповідати вимогам ДСТУ 3008-95.

Текст пояснювальної записки (ПЗ) друкують на принтері шрифтом 14 пт через 1,5 міжрядкові інтервали з одного боку аркушу формату А4 з

## Проектування литої заготовки

обмежувальними рамками і основними надписами за формою 2 (ГОСТ 2.105-95). В штампі обмежувальної рамки всіх аркушів РГР вказується її шифр:

РГР.ПВЗ.141.027.001



### Розрахунково-графічна робота

**Зміст** розташовують безпосередньо після титульного аркуша РГР, починаючи з нової сторінки. Зміст за нумерацією пояснювальної записки є першою сторінкою. Назви заголовків змісту повинні однозначно відповідати назвам заголовків пояснювальної записки за текстом.

Заголовки розділів потрібно розміщувати симетрично тексту. Заголовки підрозділів пишуть з абзацу. Переносити слова в заголовках не допускається, крапку в кінці заголовка не ставлять. Кожний розділ потрібно розпочинати з нової сторінки.

При виконанні розрахунково-графічної роботи обсяг пояснювальної записки визначається без врахування обсягу додатків. Сторінки нумерують арабськими цифрами у відповідній графі обмежувальної рамки.

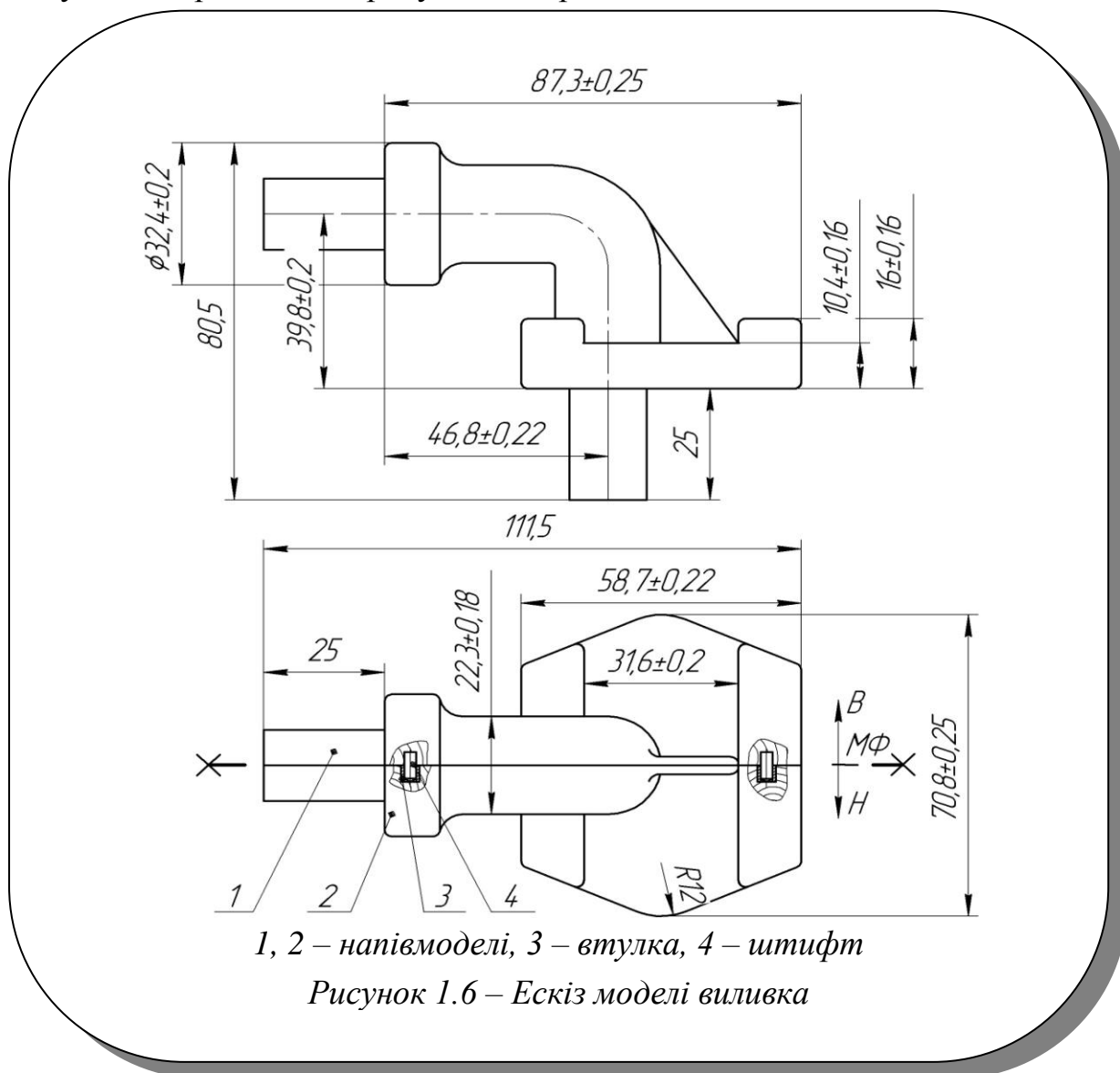
Матеріал ПЗ потрібно викладати коротко в логічній послідовності. В тексті повинні бути пояснення, розрахунки, ескізи, рисунки. **Не допускається** переписування з книг та інших інформаційних ресурсів відомих положень та інформації без відповідних посилань на їх номер у переліку посилань вміщений у квадратних дужках. Наприклад:

*Відповідно до властивостей матеріалу СЧ 15 ГОСТ 1412-85, типу виробництва та конструктивних особливостей деталі, згідно рекомендацій [5, 6, 7], можливими способами отримання вихідної заготовки можуть бути лиття в піщано-глиняні форми з використанням багаторазових дерев'яних або разових випалюваних моделей.*

Розділи, підрозділи та пункти нумеруються арабськими цифрами, розділяються крапкою. Наприклад: “1.4” (четвертий підрозділ першого розділу), “1.2.3” (третій пункт другого підрозділу першого розділу). Підрозділи і пункти нумеруються в межах розділу.

**Номер ілюстрації** складається із номеру розділу і порядкового номеру ілюстрації в розділі, розділених крапкою. Наприклад: Рисунок 1.3 (третій рисунок першого розділу).

Номер рисунка розміщують під зображенням, за ним через риску вказується назва рисунка з великої літери. Наприклад: *Рисунок 1.3 – Ескіз вилівка*. Якщо на рисунку вказані позиції елементів, то їх розшифровка вказується перед назвою рисунка. Наприклад:



**Формули** нумеруються арабськими цифрами в межах розділу. Номер формули складається із номера розділу і порядкового номера формули в розділі. Номер вказують на правому боці аркуша у круглих дужках на рівні формули. Пояснення значень символів у формулах слід писати зразу під формулою в тій же послідовності, як вони подані у формулах. Кожне пояснення пишеться з нового рядка, перший рядок розпочинається словом “де” без двокрапки.



Приклад:

*Розрахункова маса виливка визначається за формулою:*

$$m_v = K_{m.m} \cdot m_d, \text{ кг} \quad (2.5)$$

*де  $K_{m.m}$  – коефіцієнт збільшення маси;*

*$m_d$  – маса деталі, кг.*

**Таблиці** нумеруються послідовно арабськими цифрами. Номер таблиці вказується над таблицею зліва і повинен складатися з номера розділу та порядкового номеру таблиці розділених крапкою. Наприклад: «Таблиця 2.1» (перша таблиця другого розділу). Якщо таблиця переноситься на іншу сторінку її позначають так: «Продовження таблиці 2.1». Кожна таблиця повинна мати заголовок. Таблицю розміщують після першого згадування про неї в такій формі, щоб її можна читати без повертання сторінки або з повертанням за годинниковою стрілкою. На всі таблиці повинні бути посилання в тексті, при цьому слово «Таблиця» пишуть повністю, наприклад «в таблиці 2.4». Вказане в повній мірі відноситься і до рисунків.

Наприклад:

*Таблиця 2.1 – Розміри і допуски моделі*

<i>Розмір виливка</i>	<i>Зміна розміру на величину усадки</i>	<i>Допуск, мм</i>	<i>Розмір моделі</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>46,3±1,2мм</i>	<i>0,5</i>	<i>0,44</i>	<i>46,8±0,22мм</i>
<i>86,3±1,4мм</i>	<i>1,0</i>	<i>0,5</i>	<i>87,3±0,25мм</i>
<i>Ø32±1,1мм</i>	<i>0,4</i>	<i>0,4</i>	<i>32,4±0,2мм</i>
<i>39,3±1,1мм</i>	<i>0,5</i>	<i>0,4</i>	<i>39,8±0,2мм</i>

*Продовження таблиці 2.1*

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>22±1,0мм</i>	<i>0,3</i>	<i>0,36</i>	<i>22,3±0,18мм</i>
<i>58±1,2мм</i>	<i>0,7</i>	<i>0,44</i>	<i>58,7±0,22мм</i>

### 1.2.3 Складання переліку посилань

Список літературних джерел та інших інформаційних ресурсів, використаних під час виконання РГР оформляють з нової пронумерованої сторінки із заголовком «Перелік посилань».

## Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи

Посилання на літературні джерела та інформаційні ресурси наводять в квадратних дужках, вказуючи порядковий номер за списком [1]. В списку кожне найменування літературного джерела записують мовою, якою воно видане, з абзацу і нумерують арабськими цифрами.

Форми запису використаних літературних джерел слід розміщувати у порядку появи посилань у тексті або за абеткою.

Бібліографічний опис джерел складають відповідно до чинних стандартів з бібліотечної та видавничої справи:

- ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги і правила складання»;

- ДСТУ 3582-97 «Інформація та документація. Скорочення слів в українській мові в бібліографічному описі. Загальні вимоги та правила».

### **1.2.4 Вимоги до оформлення графічної частини розрахунково-графічної роботи**

Графічна частина РГР повинна відповідати вимогам діючих стандартів ЕСКД і ЕСТД, правилам нарисної геометрії та технічного креслення.

Формат аркушів повинен бути таким, щоб створювалось цілком повне враження і була вся інформація, необхідна для роботи з креслениками. Кількість проєкцій і перерізів повинна бути такою, яка б давала повне і однозначне уявлення про конструкцію. Не слід прагнути до надмірного збільшення або зменшення зображень на аркушах. Масштаб повинен бути таким, щоб неозброєним оком можна було розгледіти зображені на аркуші конструктивні елементи деталі, вилівка, моделі, стрижня, ливарної форми. Перевага віддається масштабу 1:1.

Специфічні вимоги до оформлення креслеників вилівка, моделі, стрижня, ливарної форми будуть наведені у відповідних розділах даних методичних вказівок.

Перед поданням креслеників на перевірку викладачеві студент повинен старанно перевірити правильність їх оформлення, відповідність вимогам і підтвердити це своїм підписом.

Перевірку слід проводити, відповідаючи на запитання:

1. Чи достатньо ясно представлена конструкція на кресленику, чи не має необхідності в додаткових перерізах, видах?
2. Чи не захащений кресленик зайвими проєкціями та зображеннями?

## Проектування литої заготовки

3. Чи всі необхідні технічні характеристики відображені в технічних вимогах? Чи не треба доповнень?
4. Чи правильно проставлені розміри: установчі, габаритні, лінійні.
5. Чи наявні допуски на всіх важливих виконавчих розмірах?.
6. Чи вказано шорсткість виливка?
7. Чи правильно використано тип ліній при виконанні конструктивних елементів виливка, моделі, стрижня?
8. Чи є зайві, недостаючі, або такі, що повторюються розміри і літерні позначення?
9. Чи відповідає діючим стандартам нанесення розмірів і всіх позначень?
10. Чи забезпечено вимоги технологічності конструкцій , виливка, моделі, стрижня?
11. Чи показано (за наявності) на креслениках місце розташування лінії рознімання ливарної форми?
12. Чи правильно заповнено штамп кресленика?
13. Наявність підпису виконавця.

### **1.2.5 Критерії оцінювання знань студентів при виконанні розрахунково-графічної роботи**

При виконанні РГР оцінка знань здійснюється за наступною системою. Правильно, з дотриманням всіх вимог щодо оформлення, своєчасно та в повному обсязі виконаний розділ РГР «Проектування литої заготовки» оцінюється в 20 балів.

РГР з помилками в розрахунках чи графічній частині, з порушеннями вимог щодо оформлення не зараховується до повного їх усунення та виправлення. РГР, здана несвоєчасно, оцінюється в 0 балів.

Частини РГР, які здаються під час рубіжних контролів можуть отримати заохочувальні бали тільки у випадку їх вчасного та безпомилкового виконання. Вчасно та безпомилково виконаною вважається частина РГР, яка здана не пізніше дати рубіжного контролю та не має помилок в розрахунках, графічній частині, відсутні порушення вимог щодо оформлення.

Якщо студент за результатами рубіжних контролів демонструє креативність підходу та новизну рішень, вчасне, ритмічне та правильне виконання розділів РГР, то йому додатково нараховуються заохочувальні рейтингові бали за наступними критеріями:

- вчасне та правильне виконання розділів РГР – 2 бали;

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи

- розділ РГР зданий з випередженням, тобто більше ніж на 14 днів раніше дати рубіжного контролю – 1 бал за кожний день;
- креативність та новизна технічних рішень продемонстрована під час рубіжних контролів – 10 балів за кожне таке рішення.

Креативність та новизна технічних рішень, яка продемонстрована при здачі виконаної в повному обсязі РГР оцінюється в 5 балів за кожне таке рішення незалежно від своєчасності подачі РГР на перевірку.

Креативність та новизна технічних рішень обов'язково мають бути відображені окремим підрозділом в РГР з обов'язковим поясненням суті новизни технологій, конструкцій, методик розрахунку та проектування тощо. Наповнення підрозділу передбачає збір, систематизацію та аналіз інформації на основі вивчення навчальної, науково-технічної літератури, фахових журналів та інших спеціальних періодичних видань, матеріалів тематичних виставок, патентів, інформаційних ресурсів мережі Internet тощо.

*Приклад оцінювання.*

*1) якщо студент здав частину РГР на 18 днів раніше дати рубіжного контролю, то він додатково отримує **6 балів** (2 бали за своєчасність та 4 бали за випередження термінів здачі.)*

*2) якщо студент здав частину РГР на 18 днів раніше дати рубіжного контролю з наявністю технічних рішень, які мають елементи новизни, то він додатково отримує **16 балів** (2 бали за своєчасність, 4 бали за випередження термінів здачі, 10 балів за новизну технічних рішень.)*

За бажанням, студент може додатково представити даний розділ РГР у вигляді мультимедійної презентації обсягом 5-10 слайдів, за яку також додатково нараховуються заохочувальні рейтингові бали з розрахунку: 2 бали за кожний якісно виконаний слайд. Якісно виконаним вважається заповнений мінімум на 75% інформативно завершений слайд без помилок, з чітким відображенням тексту та графічних об'єктів на відстані не менше 5 метрів.

**Увага!** З метою зниження негативного впливу критики на самооцінку, мотивацію студентів до навчання, самостійний пошук та формулювання власних рішень та ідей, не рекомендується виявлення керівником роботи помилок в розділах та графічній частині РГР. Керівник повинен вказати на наявність та характер помилок (редакційні, графічні, лінгвістичні, в розрахунках тощо) в певних розділах РГР, а виявлення та виправлення помилок повинен здійснювати виключно самостійно студент. Після виправлення помилок студент повторно подає РГР на перевірку викладачу.

## 2 Методичні вказівки до виконання окремих розділів розрахунково-графічної роботи

### 2.1 Визначення розрахункової маси виливка

Орієнтовна розрахункова маса виливка визначається за формулою:

$$m_g = K_{m.m} \cdot m_d, \text{ кг} \quad (2.1)$$

де  $K_{m.m}$  – коефіцієнт збільшення маси;

$m_d$  – маса деталі, кг.

Маса деталі вказана на робочому кресленнику деталі, який студент отримує в якості індивідуального завдання. Якщо на кресленнику деталі маса не вказана, то її визначають за масо-центровочними характеристиками попередньо побудувавши 3D модель деталі.

Коефіцієнт збільшення маси залежить від способу отримання та вимог до точності геометричної форми і якості поверхонь виливка. В розрахунково-графічній роботі коефіцієнт збільшення маси виливка рекомендовано орієнтовно вибирати в межах 1,1...1,25 залежно від конструктивних особливостей та точнісних параметрів деталі.

### 2.2 Визначення типу виробництва і групи конструктивно-технологічної складності виливка

Тип виробництва вибирається залежно від річної програми випуску та маси виливка за додатком А.

На вибір способу виготовлення виливка суттєво впливає його конструктивна та технологічна складність.

**Під конструктивною складністю** виливка розуміють складність його зовнішніх і внутрішніх контурів.

**Технологічна складність** - складність забезпечення тих чи інших параметрів якості і властивостей виливка в процесі його виготовлення (міцність, щільність, шорсткість та ін.).

Виливки за конструктивно-технологічною складністю поділяються на п'ять груп. Група конструктивно-технологічної складності виливка залежить від наступних ознак:

- конфігурація зовнішніх литих поверхонь;
- форма і кількість виступів, ребер, западин, порожнин, для формоутворення яких необхідне використання стрижнів;

- середня товщина стінок;
- габарити (розміри), маса виливка;
- вимоги до фізико-механічних властивостей поверхневого шару;
- характер наступної механічної обробки;
- параметри шорсткості поверхонь виливка.

Визначення групи конструктивно-технологічної складності здійснюється за креслеником деталі за допомогою додатка Б. Рекомендації додатка Б потрібно враховувати при виборі способу отримання виливка, але остаточними вважати не слід.

### **2.3 Вибір способу отримання виливка**

Одним з основних принципів, яким керуються конструктори і технологи при визначенні технології виготовлення заготовки є орієнтація на такий спосіб, який забезпечує максимальне наближення її за формою і розмірами до готової деталі.

Вибір та обґрунтування способу отримання виливка повинно здійснюватися на основі технічного і економічного принципів. Згідно з технічним принципом обраний технологічний процес повинен повністю забезпечувати виконання всіх вимог креслення і технічних вимог на заготовку. Згідно з економічним принципом виготовлення заготовки повинно вестись з мінімальними виробничими витратами.

На вибір способу виготовлення виливка впливають: форма (група конструктивно-технологічної складності), маса, матеріал, точність форми і розмірів, якість поверхневого шару (шорсткість, фізико-механічні властивості поверхневого шару) заготовки, тип виробництва, вимоги до заготовки з позиції подальшої механічної обробки, виробничі можливості підприємства. Наведені фактори тісно взаємопов'язані, оскільки конструкція заготовки, марка матеріалу, його фізичні і механічні властивості, тип виробництва, вимоги до заготовки з точки зору подальшого оброблення здебільшого визначають спосіб її отримання, характер виробництва, його організаційний рівень. Врахування всіх факторів, які впливають на спосіб отримання заготовок впливає на техніко-економічну ефективність виготовлення заготовок. Тому з кількох можливих варіантів технологічного процесу виготовлення виливка при інших рівних умовах обирають найбільш економічний. При рівній економічності – найбільш продуктивний. Основні принципи та фактори, що впливають на вибір способу виготовлення виливків наведено в посібниках [1, 2, 3, 4].

При виборі способу отримання виливка необхідно врахувати наступні рекомендації:

1. Лиття в разові ливарні форми доцільно застосовувати в умовах дрібносерійного (іноді середньосерійного) і одиничного виробництва.

2. В умовах великосерійного і масового виробництва рекомендується застосовувати способи лиття у форми багаторазового використання, оскільки в цьому випадку витрати на спеціальне оснащення повністю окупаються за рахунок серійності та зниження витрат на наступну механічну обробку.

3. При литті в піщано-глиняні та інші разові ливарні форми габарити і маса виливків практично не обмежені.

4. При всіх способах лиття (за виключенням лиття за витоплюваними або випалюваними моделями) форма має одну або декілька площин рознімання.

5. Якщо матеріал володіє пониженими ливарними властивостями (низька рідкотекучість, висока схильність до усадки і т.п.), не рекомендовано застосовувати для отримання виливків лиття в металеві форми, оскільки через їх низьку податливість та інтенсивний теплообмін між розплавленим металом і формою можуть виникнути ливарні напруження, жолоблення виливка і тріщини. В таких випадках доцільно застосовувати лиття в разові ливарні форми.

6. Рідкотекучість підвищується при литті під тиском, відцентровому литті та штампуванні рідкого металу за рахунок примусового заповнення форми. При литті за витоплюваними моделями рідкотекучість підвищується за рахунок заливання металу в гарячу форму.

7. Сплави, схильні до газопоглинання (сплави на основі алюмінію), небажано застосовувати для отримання заготовок литтям під тиском.

8. Не рекомендується для відцентрового лиття застосовувати сплави, схильні до ліквідації.

9. Виливки зі сплавів з низьким вмістом вуглецю не рекомендується виготовляти литтям в оболонкові форми, оскільки при цьому поверхня виливка збагачується вуглецем.

10. Основним недоліком чавуна, як ливарного сплаву є відбілювання поверхні, особливо при литті в металеві форми, що ускладнює їх механічну обробку і потребує додаткової термічної обробки.

11. Дрібні, тонкостінні, складні виливки рекомендується отримувати литтям за витоплюваними моделями і під тиском.

12. При литті в кокіль форма виливка повинна бути по можливості максимально простою.

13. Піщано-глиняні форми для отримання фасонних виливків з титана і його сплавів непридатні, оскільки титан дуже активно взаємодіє з матеріалом форми, легко окислюється.

14. Для титана і його сплавів рекомендовано лиття в оболонкові форми, виготовлені з суміші високовогнетривких нейтральних окислів із застосуванням в якості зв'язуючого фенолформальдегідної смоли.

15. При відцентровому литті основний тип заготовок – тіла обертання.

16. Лиття за витоплюваними моделями є найбільш тривалим і трудомістким процесом серед всіх способів лиття.

17. При застосуванні сплавів з високою температурою плавлення (сталь, чавун, мідні сплави) для виготовлення виливків литтям під тиском спостерігається низька стійкість ливарних форм.

18. Відцентрове лиття фасонних деталей доцільно застосовувати тільки в тих випадках, коли іншими способами лиття в нерухомі форми ці заготовки або неможливо отримати, або отримувати економічно не вигідно.

19. При виборі способу лиття необхідно враховувати якість металу у виливках (наявність дефектів ливарного походження, густина, механічні властивості тощо). Найбільш якісний метал отримується при штампуванні рідкого металу, (особливо при кристалізації під поршнеvim тиском), потім при відцентровому литті і при литті в кокіль.

В якості керівних матеріалів при виборі способу отримання виливка рекомендовано застосовувати таблиці додатків Б та В.

В цьому пункті РГР необхідно навести алгоритм виготовлення виливка за вибраним способом лиття.

## **2.4 Вибір положення виливка у формі**

В цьому пункті необхідно призначити площину (площини) рознімання форми з урахуванням основних правил конструювання виливків і вимог до технології виготовлення, визначити положення виливка у формі при заливанні розплаву, кількість внутрішніх та зовнішніх стрижнів, їх конфігурацію.

Вибір положення виливка у формі виконується за наступними рекомендаціями:

- 1) бажано, щоб ливарна форма взагалі не мала, або мала тільки одну поверхню рознімання і, по можливості плоску, зручну для формування і складання форми;
- 2) вилівок по можливості необхідно розташовувати в одній напівформі, краще в нижній;



- 3) масивні та відповідальні частини вилівка розміщують у нижній частині ливарної форми, в крайньому разі – вертикально;
- 4) вилівок бажано у ливарній формі розміщувати так, щоб максимально використовувати природні ухили, передбачені конструкцією деталі;
- 5) поверхні, які у деталі є найбільш відповідальними та зв'язані між собою точними розмірами чи взаємопов'язаними допусками розташування, бажано по можливості розташовувати в одній (нижній) половині форми, щоб не виникало спотворень через зміщення при складанні напівформ;
- 6) вилівок у роз'ємних ливарних формах бажано розміщувати так, щоб максимальний габаритний розмір не перетинав площину рознімання;
- 7) розташування вилівка у ливарній формі багаторазового використання повинно забезпечувати простоту рознімання форми та видалення з неї вилівка;
- 8) модель для виготовлення вилівка в разовій роз'ємній ливарній формі повинна вільно вийматися не руйнуючи останню;
- 9) необхідно дотримуватись принципу спрямованого затвердіння;
- 10) не рекомендується закріплювати стрижні у верхній напівформі, коли є один знак (глухий отвір);
- 11) при інших рівнозначних умовах заготовки у ливарній формі рекомендується розташовувати так, щоб забезпечити вертикальне відведення газів зі стрижнів;
- 12) тонкостінні елементи вилівоків бажано розташовувати вертикально або з ухилом, щоб забезпечити краще відведення з них газів;
- 13) слід уникати на поверхнях заготовки, які будуть використані в якості чорнових технологічних баз при механічній обробці формувальних ухилів, слідів лінії рознімання та елементів ливникової системи.

Одночасне забезпечення усіх вищенаведених рекомендацій щодо конкретної заготовки практично неможливо, оскільки деякі з них суперечать одна одній і навіть виключають одна одну. В цьому випадку необхідно знайти компромісний варіант, який в найбільшій мірі відповідав би конкретним умовам виробництва.

При визначенні кількості внутрішніх стрижнів, тобто отворів, які отримуються литтям, необхідно визначитися з доцільністю та можливістю отримання того чи іншого отвору литтям.

Мінімальний діаметр отворів, виконуваних литтям, обирають так, щоб уникнути сильного перегрівання і пригару стрижня до стінок отвору. Можливість спікання стрижневої суміші визначається масою оточуючого металу, тому мінімальний діаметр литого отвору залежить від товщини

стілки, через яку проходить отвір, глибини глухого отвору (довжини стрижня) і може визначатися за формулою [1, 2]:

$$d_{\min} = d_o + 0,1 \cdot S, \text{ мм}, \quad (2.2)$$

де  $d_o$  – вихідний діаметр, мм;

$S$  – товщина стінки, через яку проходить отвір (рисунок 2.1, а, б) або глибина глухого отвору (рисунок 2.1, в), мм.

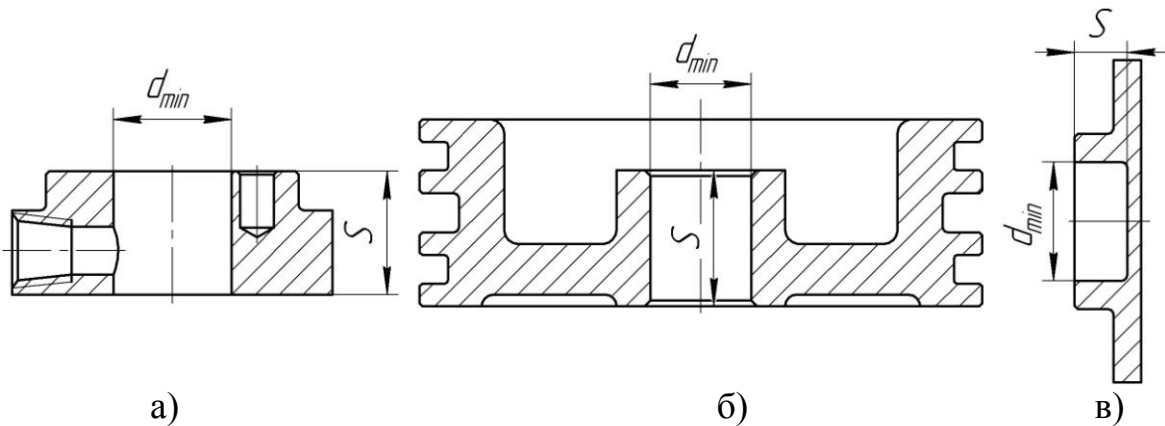


Рисунок 2.1 – До визначення мінімального діаметру отвору виливка

Вихідний діаметр  $d_o$  обирається залежно від матеріалу виливка [1, 2]:

- для мідних сплавів  $d_o = 5$ мм;
- для чавунів і алюмінієвих сплавів  $d_o = 7$ мм;
- для сталей  $d_o = 10$ мм.

Якщо вказаний на кресленнику деталі розмір отвору менший від одержаного за розрахунком  $d_{\min}$ , то отвір литтям не виготовляють.

В даному розділі РГР необхідно навести ескіз виливка з позначенням положення лінії рознімання ливарної форми обов'язково логічно обґрунтувавши вибране її положення або логічно обґрунтувати чому форма не має лінії рознімання.

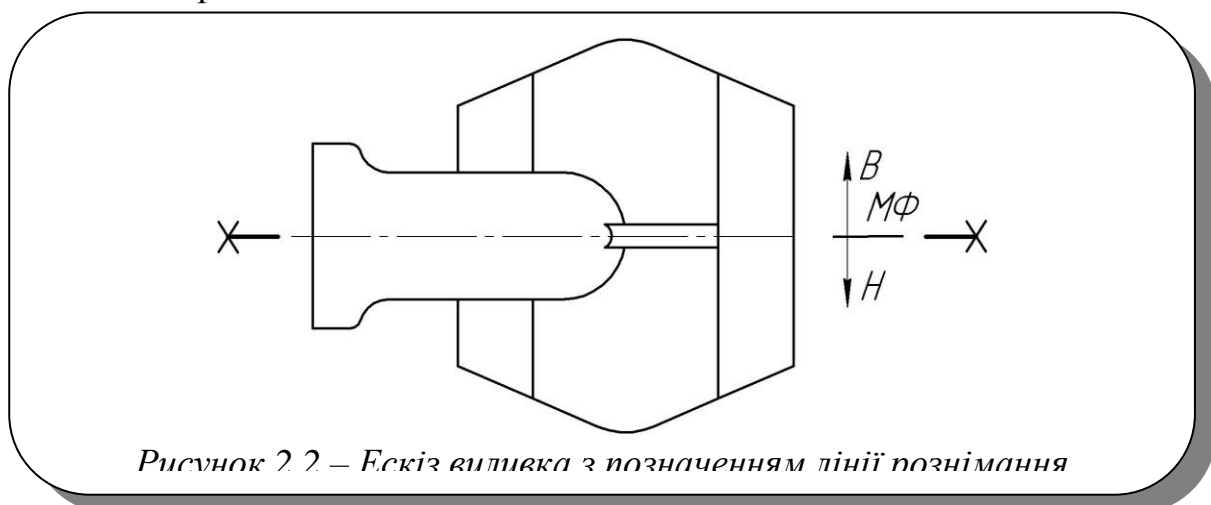


Рисунок 2.2 – Ескіз виливка з позначенням лінії рознімання

Рисунок 2.2 – Приклад позначення лінії рознімання на ескізі виливка

## **2.5 Аналіз технологічності деталі з точки зору отримання виливка**

Одним з найважливіших факторів, що визначає якість і економічність виливків, є їх технологічність.

*Технологічність виливка* – сукупність властивостей його конструкції, яка визначає можливість забезпечення мінімальних витрат при виготовленні, подальшій механічній обробці та відновленні.

Під технологічністю виливка розуміється перш за все вибір таких конструктивної форми і матеріалу, які, не знижуючи основних конструктивних вимог, сприяють отриманню якісних виливків із заданими фізико-механічними властивостями, потрібною геометричною формою і при мінімальній трудомісткості. Нетехнологічні конструкції литих заготовок призводять до перевитрат матеріалу і утворення ливарних дефектів. Тому перед тим як приступити до розробки кресленника виливка необхідно здійснити аналіз технологічності деталі з точки зору отримання виливка.

Мета аналізу технологічності деталі – усунення недоліків, а також можливе поліпшення технологічності конструкції деталі з точки зору отримання виливка вибраним способом. Відпрацьована на технологічність лита заготовка не повинна ускладнювати її виготовлення і подальшу механічну обробку.

Кожний спосіб лиття має свої технологічні особливості і вимоги до конструкції виливка. Відповідно аналіз технологічності конструкції деталі для кожного способу лиття має свої відмінності. Рекомендації по забезпеченню технологічності конструкції виливків отримуваних різними способами наведено в [4].

В загальному випадку, при оцінці технологічності конструкції виливка використовують наступні загальні положення і рекомендації:

1) необхідно прагнути до спрощення геометричної форми як зовнішніх, так і внутрішніх поверхонь;

2) форму і розміри окремих елементів виливка (отвори, ухили, радіуси скруглень тощо) бажано уніфікувати з метою застосування мінімальної кількості інструментів при виготовленні ливарної форми, елементів модельного комплекту або ливарного оснащення;

3) бажано, щоб габаритні розміри виливка були мінімальними за висотою, особливо в площині, перпендикулярній лінії рознімання форми;

4) конструкція виливка повинна дозволяти виготовлення ливарної форми з мінімальною кількістю роз'ємів та стрижнів;

5) необхідно по можливості усувати виступи і западини, які перешкоджають вільному видаленню моделі вилівка з разової ливарної форми або готового вилівка з форми багаторазового використання;

6) необхідно уникати гострих кутів і різких переходів від товстих стінок до тонких;

7) необхідно уникати глухих отворів і порожнин, для отримання яких необхідні стрижні, що мають один знак і встановлюються у ливарній формі консольно, на жеребійках або з вертикальним верхнім закріпленням;

8) необхідно на поверхнях перпендикулярних до площини рознімання форми передбачати ливарні ухили, в якості яких слід по можливості застосовувати конструктивні елементи деталі, розташовані похило або радіусно до лінії рознімання;

9) при виборі товщин стінок для вилівоків з будь-якого матеріалу слід прагнути до зменшення (в допустимих межах) і по можливості однакової товщини стінок по всьому вилівку;

10) необхідно уникати місць локального скупчення металу, К-подібних та хрестоподібних сполучень стінок і ребер;

11) для підвищення міцності та жорсткості навантажених стінок вилівоків, а також з метою зменшення товщини стінок рекомендується застосовувати ребра жорсткості, які необхідно розташовувати перпендикулярно до площини рознімання і так, щоб у одному вузлі сходилося не більше трьох стінок;

12) необхідно передбачати достатню кількість стрижнів, вікон, порожнин, що з'єднуються одне з одним або виходять у верхню напівформу;

13) бажано уникати великих плоских, горизонтально розташованих поверхонь, надаючи їм зігнутої, похилої або опуклої форми.

Необхідно проаналізувати конструкцію на відповідність вищенаведеним вимогам та дати якісну оцінку технологічності конструкції (технологічна, не технологічна).

Якщо, виходячи з конструктивних особливостей деталі, отримання вилівка вибраним способом ускладнене або неможливе через наявність нетехнологічних елементів конструкції – вносяться необхідні зміни до конструкції деталі (усунення нетехнологічних елементів конструкції з точки зору отримання вилівка). Внесення змін в конструкцію необхідно узгодити з викладачем та обов'язково проілюструвати у вигляді зображення елементів початкового і зміненого варіантів конструкції. Рекомендації по конструктивному усуненню деяких нетехнологічних елементів конструкції вилівоків наведені в додатку Г.

## 2.6 Визначення точності виливка

Для розробки кресленника виливка необхідно визначити величину припусків на обробку поверхонь, величину допусків на ці поверхні, напуски, формувальні ухили, радіуси закруглень і сформулювати технічні вимоги.

Для призначення припусків і допусків на поверхні виливка необхідно визначити *точність виливка*. Точність виливка визначається нормами точності: клас розмірної точності, ступінь жолоблення, ступінь точності поверхонь, клас точності виливка по масі, допустима величина зміщення виливка по площині рознімання. Наведені норми точності встановлюють за стандартом [5].

Клас розмірної точності виливка вибирається за стандартом [5, таблиця 9]. При цьому менші значення відносяться до простих виливків і відповідають вимогам масового виробництва, середні – до виливків середньої складності і серійного виробництва, великі – до складних виливків одиничного та дрібносерійного виробництва.

Ступінь жолоблення виливка призначається за стандартом [5, таблиця 10] залежно від відношення найменшого розміру елемента виливка до найбільшого (товщини або висоти до довжини елемента виливка). В рекомендованому інтервалі ступенів жолоблення менші значення відносяться до простих виливків з кольорових сплавів, великі – до складних виливків з чорних сплавів.

Ступінь точності поверхонь виливка призначається за таблицею 11 стандарту [5], а клас точності виливка за масою - за таблицею 13 стандарту [5].

Допустима величина зміщення виливка по площині рознімання форми визначається за таблицею 1 стандарту [5] для найтоншої стінки виливка, яка перетинає площину рознімання або виходить на роз'єм.

Норми точності на виливок рекомендується вибирати залежно від вагової групи виливка і властивостей формувальної суміші:

- для сталевих і чавунних виливків вагових груп I а,б - лиття в сирі форми із сумішей з вологістю до 2,8%;
- для сталевих і чавунних виливків вагової групи I в - лиття в сирі форми із сумішей з вологістю від 2,8 до 3,5%;
- для сталевих і чавунних виливків II вагової групи - лиття в сирі форми із сумішей з вологістю від 3,5 до 4,5%;
- для сталевих і чавунних виливків III та IV вагових груп та для виливків з кольорових сплавів - лиття в сирі форми із сумішей з вологістю більше 4,5%.

Необхідно зазначити, що чим меншою є вологість форми, тим вищою є точність поверхонь виливка.

Точність виливка вказується в технічних вимогах на кресленику виливка. Наприклад, для виливка 8-го класу розмірної точності, 5-го ступеня жолоблення, 4-го ступеня точності поверхонь, 7-го класу точності маси, з допустимою величиною зміщення 0,8 мм точність виливка позначається так:

*Точність виливка 8-5-4-7 Зм 0,8 ГОСТ 26645-85.*

Після визначення точності виливка за стандартом [5] призначаються шорсткість поверхонь виливка і ряд припусків.

Шорсткість поверхонь виливка вибирається за стандартом [5, таблиця 12] залежно від ступеня точності поверхонь.

Згідно зі стандартом [5, таблиця 14] для вибраного ступеня точності поверхонь виливка приймається ряд припусків на обробку.

## **2.7 Розробка кресленика виливка**

Кресленик литої заготовки виконується відповідно до правил ЄСКД. Він повинен містити всі дані, необхідні для виготовлення, контролю і приймання виливка.

Для розробки кресленика виливка необхідно визначити величину припусків на обробку поверхонь, величину допусків на ці поверхні, напуски, формувальні ухили, радіуси закруглень і сформулювати технічні вимоги. При цьому слід враховувати особливості конструювання і вимоги щодо забезпечення технологічності виливків отриманих різними способами лиття.

Припуски на механічну обробку виливка призначаються за стандартом [5] залежно від загального допуску на відповідний елемент виливка, виду остаточної механічної обробки та обраного ряду припусків.

Загальні допуски елементів виливка враховують спільний вплив допуску розміру і допусків форми чи розташування поверхні і визначають залежно від класу розмірної точності виливка та номінальних розмірів деталі.

Спочатку залежно від класу розмірної точності виливка та номінальних розмірів деталі, визначають загальні допуски на відповідні лінійні та діаметральні розміри елементів виливка за таблицею 1 стандарту [5]. Допуски розмірів елементів виливка, утворених двома напівформами або напівформою і стрижнем, встановлюють відповідно класу розмірної точності виливка. Допуски розмірів, утворених однією частиною ливарної форми або одним стрижнем можна встановлювати на 1, 2 класи точніше.

Для поверхонь деталі, які мають вимоги по точності форми та розташування за таблицею 2 стандарту [5] необхідно призначити відповідні допуски форми і розташування поверхонь виливка.

Загальні допуски елементів виливка, що враховують спільний вплив допуску розміру і допусків форми або розташування поверхні визначають за таблицею 16 додатка 8 стандарту [5]. Розташування полів допусків необхідно встановлювати, дотримуючись рекомендацій п. 2.11 стандарту [5]:

а) несиметричне однобічне - “в тіло” рекомендується для елементів виливка, які розташовані в одній частині форми і не підлягають механічній обробці; для охоплюючих елементів (отвір) – “в плюс”, а для охоплюваних (вал) – ”в мінус”;

б) симетричне розташування полів допусків - для решти розмірів елементів виливка, які підлягають або не підлягають механічній обробці.

Визначають для всіх оброблюваних поверхонь співвідношення між допусками розміру деталі та виливка:

$$k_{розм} = \frac{T_{дет.}^{р.}}{T_{вил.}^{р.}}, \quad (2.3)$$

де  $T_{дет.}^{р.}$ ,  $T_{вил.}^{р.}$  – відповідно допуск розміру деталі та виливка, мм.

Для поверхонь які мають вимоги по точності форми та розташування визначають співвідношення між допусками форми та розташування поверхонь деталі та виливка:

$$k_{ф.р.} = \frac{T_{дет.}^{ф.р.}}{T_{вил.}^{ф.р.}}, \quad (2.4)$$

де  $T_{дет.}^{ф.р.}$ ,  $T_{вил.}^{ф.р.}$  – відповідно допуск форми або розташування поверхні деталі та виливка, мм.

Якщо до поверхні деталі висувається декілька вимог по точності форми чи розташування, то в розрахунках слід застосовувати найменше значення допуску форми чи розташування з числа наведених.

Для всіх поверхонь деталі, які підлягають механічній обробці за стандартом [5] необхідно призначити вид остаточної механічної обробки (чорнова, напівчистова, чистова, тонка) залежно від величини допусків поверхонь виливка та співвідношень між допусками розмірів (таблиця 7), форми чи розташування (таблиця 8) поверхонь деталі і виливка. При цьому, якщо за таблицями 7 та 8 для певної поверхні виливка визначено різний вид

остаточної обробки, то в подальших розрахунках слід приймати більш точний її вид.

За таблицю 6 стандарту [5] визначають припуски на обробку (на сторону) для кожної оброблюваної поверхні деталі. При призначенні припусків необхідно враховувати рекомендації п. 4.2.1 стандарту [5]: загальні припуски на поверхні обертання і протилежні поверхні, що використовуються як взаємні бази при їх обробці, призначають по половинних значеннях загальних допусків вилівка на відповідні діаметри або відстані між протилежними оброблюваними поверхнями вилівка. Проте на кресленику вилівка проставляється повний загальний допуск.

Розраховують розміри вилівка. Розрахунковий розмір вилівка визначається як сума або різниця (для отворів) номінального розміру деталі, загального припуску на механічну обробку та технологічного напуску і округлюється до десятих часток міліметра.

При виготовленні виливків в умовах одиничного і дрібносерійного виробництва способами лиття в разові піщано-глиняні ливарні форми по дерев'яних або одноразових моделях, іншими способами, що забезпечують низькі показники точності вилівка дозволяється здійснювати округлення розрахункового розміру вилівка до найближчого цілого числа. Так само можна здійснювати округлення розрахункових розмірів поверхонь вилівка, отриманих з використанням піщаних стрижнів у формах багаторазового використання. При округленні розмірів обов'язково необхідно врахувати тип розміру: охоплюючий (отвір) або охоплюваний (вал).

Результати розрахунків при визначенні розмірів вилівка необхідно оформити у вигляді таблиці 2.1, яку на аркуші рекомендовано розташовувати горизонтально (рисунок 2.2).

*Таблиця 2.1 – Визначення допусків, припусків та розмірів вилівка*

Розмір деталі, мм	Допуск розміру вилівка, мм	Співвідношення допусків розміру деталі і вилівка	Допуск форми або розташування поверхні, мм		Співвідношення допусків форми або розташування деталі та вилівка	Загальний допуск вилівка, мм	Вид остаточної обробки	Загальний припуск на сторону, мм		Розрахунковий розмір вилівка, мм	Прийнятий розмір вилівка, мм
			деталі, мм	вилівка, мм				розрахований	прийнятий		

На тих частинах вилівка, де складно або технологічно неможливо одержати отвори, западини, порожнини, або наявність вказаних елементів перешкоджає вільному видаленню моделі вилівка з разової ливарної форми або готового вилівка з форми багаторазового використання призначають



*технологічні напуски*. При необхідності, напуски потім видаляють в процесі механічної обробки. Призначення напусків дає можливість спростити технологічне оснащення, технологію виготовлення і отримати якісніші виливки. Напуски призначають методом „тіней” (див. Рисунок Г.1 додатка Г).

Таблиця 1.1 – Визначення допусків, припусків для лінійних розмірів виливка

Розмір деталі, мм	Допуск розміру виливка, мм	Співвідношення допусків деталі і виливка	Допуск форми або розташування поверхні, мм		Співвідношення допусків деталі і виливка	Загальний допуск виливка, мм	Вид остаточної обробки	Загальний припуск на сторону, мм		Розрахунковий розмір виливка, мм	Прийнятий розмір виливка, мм	
			деталі, мм	виливка, мм				розрахований	прийнятий			
12 <sub>0,11</sub> мм	1,1	0,1	-	-	-	1,1	чистова	1,8	2,0	13,8±0,55	14±0,55	
18 <sub>0,11</sub> мм	1,2	0,09	-	-	-	1,2	чистова	1,9	2,0	19,9±0,6	20±0,6	
64 <sub>0,1</sub> мм	1,8	0,055	0,05	1,2	0,04	2,4	чистова	3,2	3,0	69±1,6	69±1,6	
70 <sub>0,2</sub> мм	1,8	0,11	0,05	1,2	0,04	2,4	чистова	3,2	3,0	75,1±1,6	75±1,6	
Ø140 <sub>0,25</sub> мм	2,0	0,125	-	-	-	2,0	напівчистова	2,4	2,5	Ø144,8±1,2	Ø145±1,2	
40 <sub>0,25</sub> мм	1,4	0,178	0,05	1,2	0,04	2,2	чистова	2,9	3,0	42,9±1,1	43±1,1	
110 <sub>0,22</sub> мм	2,0	0,11	-	-	-	2,0	напівчистова	2,4	2,5	114,8±1,0	115±1,0	
Ø30Н8 <sup>+0,033</sup> мм	1,4	0,023	0,008	1,4	0,006	2,4	тонка	3,4	3,5	Ø23,2±1,2	Ø23±1,2	
Ø60 <sup>+0,03</sup> мм	1,6	0,019	0,01	1,6	0,006	2,4	тонка	3,4	3,5	Ø53,2±1,2	Ø53±1,2	
30 <sup>+0,15</sup> мм	1,4	0,107	0,05	1,0	0,05	2,0	тонка	3,0	3,0	30,2±1,0	30±1,0	
Ø200мм	2,2		Не оброблюється								Ø200±1,1	Ø200±1,1
Ø90мм	1,8		Не оброблюється								Ø90±0,9	Ø90±0,9
Ø125мм	2,0		Не оброблюється								Ø125 <sup>+2,0</sup>	Ø125 <sup>+2,0</sup>
Ø40мм	1,4		Не оброблюється								Ø40 <sub>1,4</sub>	Ø40 <sub>1,4</sub>
50±0,03мм	1,6		Міжосьова відстань								50±0,8	50±0,8
130мм	2,0		Не оброблюється								130 <sub>2,0</sub>	130 <sub>2,0</sub>
9мм	1,0		Не оброблюється								9 <sub>1,0</sub>	9 <sub>1,0</sub>

Рисунок 2.3 – Приклад оформлення таблиці результатів визначення допусків, припусків та розмірів виливка

Формувальні ухили призначаються на поверхнях виливка, перпендикулярних до площини рознімання ливарної форми з метою полегшення видалення моделі виливка з разової ливарної форми або готового виливка з форми багаторазового використання. Ухили встановлюються залежно від розмірів заглибин, висоти поверхні  $h$ , способу лиття та виду модельного комплексу і вибираються за стандартом [6, таблиці 1,2,3]. На оброблюваних поверхнях ухил встановлюється понад припуск на механічну обробку за рахунок збільшення розмірів виливка (рисунок 2.4, а), на необроблюваних і не сполучуваних по контуру з іншими деталями – шляхом одночасного збільшення і зменшення розмірів виливка (рисунок 2.4, в), на необроблюваних, але сполучуваних поверхнях – шляхом зменшення (рисунок 2.4, б) або збільшення розмірів виливка (рисунок 2.4, г) залежно від того, яка поверхня сполучується.

Формувальні ухили можуть спотворювати форму необроблюваних поверхонь, тому на кресленіку литої заготовки доцільно їх показувати.

Після формування контуру виливка в місцях переходу від одного елемента до іншого призначають радіуси заокруглень. Співвідношення елементів, що сполучаються, а також радіуси заокруглень зовнішніх кутів слід брати за відповідними таблицями в додатка Д.

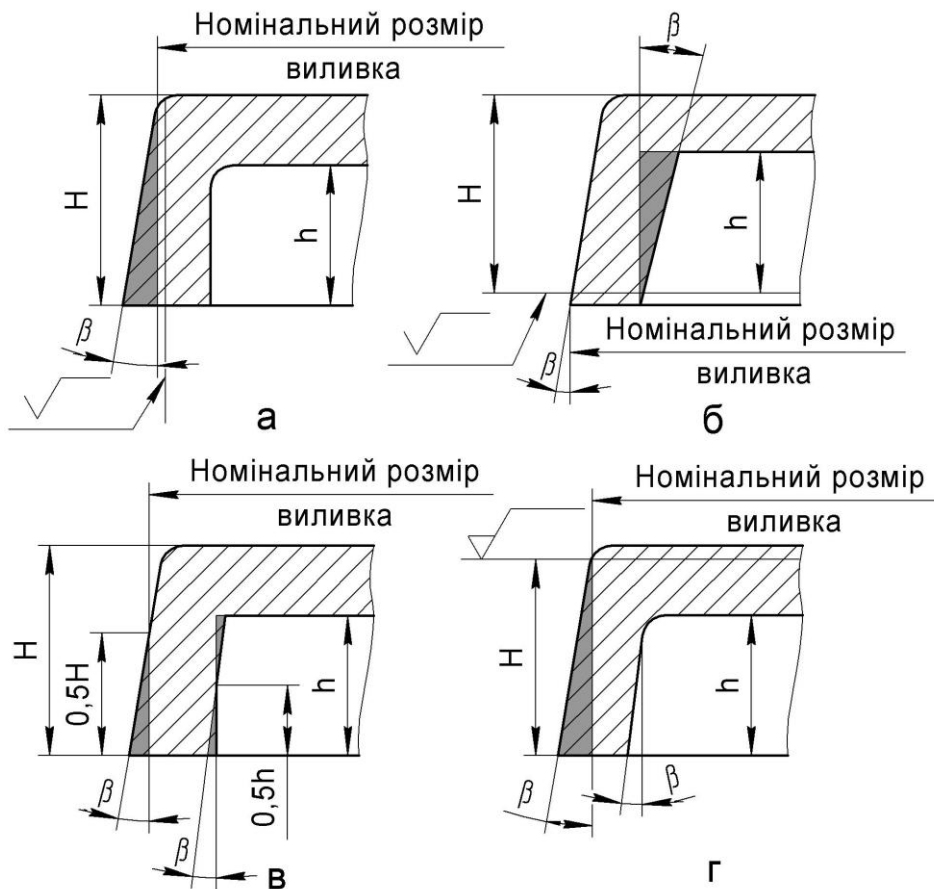


Рисунок 2.4 – Формувальні ухили (показано сірим кольором)

Кресленик виливка оформлюється у відповідності до вимог ЄСКД, технічного креслення та стандарту [7]:

- обов'язково необхідно проставити розміри з допусками, відобразити напуски, припуски, ливарні ухили, радіуси заокруглень, визначені відповідно до наведених вище рекомендацій;
- позначити лінію рознімання ливарної форми та моделі (при наявності);
- контури поверхонь, що підлягають обробці різанням, а також отворів, западин, виточок, які не отримуються литтям виконують тонкими суцільними лініями без нанесення їх розмірів.

Розміри всіх оброблюваних поверхонь рекомендується прив'язати до чистової технологічної бази. Взагалі, розміри виливка проставляють з таким

## Проектування литої заготовки

розрахунком, щоб розмірні ланцюги були коротшими, а замикаючими ланками були розміри, до точності яких не висуваються високі вимоги.

На вільному полі кресленника (над штампом або зліва від нього) необхідно зазначити наступні технічні вимоги до вилівка:

1. Вимоги до матеріалу вилівка або відомості про його замітник.
2. Вказівки щодо виду термічної обробки, встановлені межі твердості.
3. Не вказані на кресленнику радіуси заокруглень, формувальні ухили.
4. Допустиме зміщення опок (найчастіше вказується на кресленниках великих корпусних деталей).
5. Відомості про вид, кількість, розміри і місце розташування допустимих ливарних дефектів (пористість, раковини, тріщини тощо). Якщо дозволяється усунути певні дефекти, то вказуються їх види і допустимі способи усунення.
6. Точність вилівка.

Приклади оформлення креслеників деталі та вилівка наведено на рисунках 2.5 – 2.6.

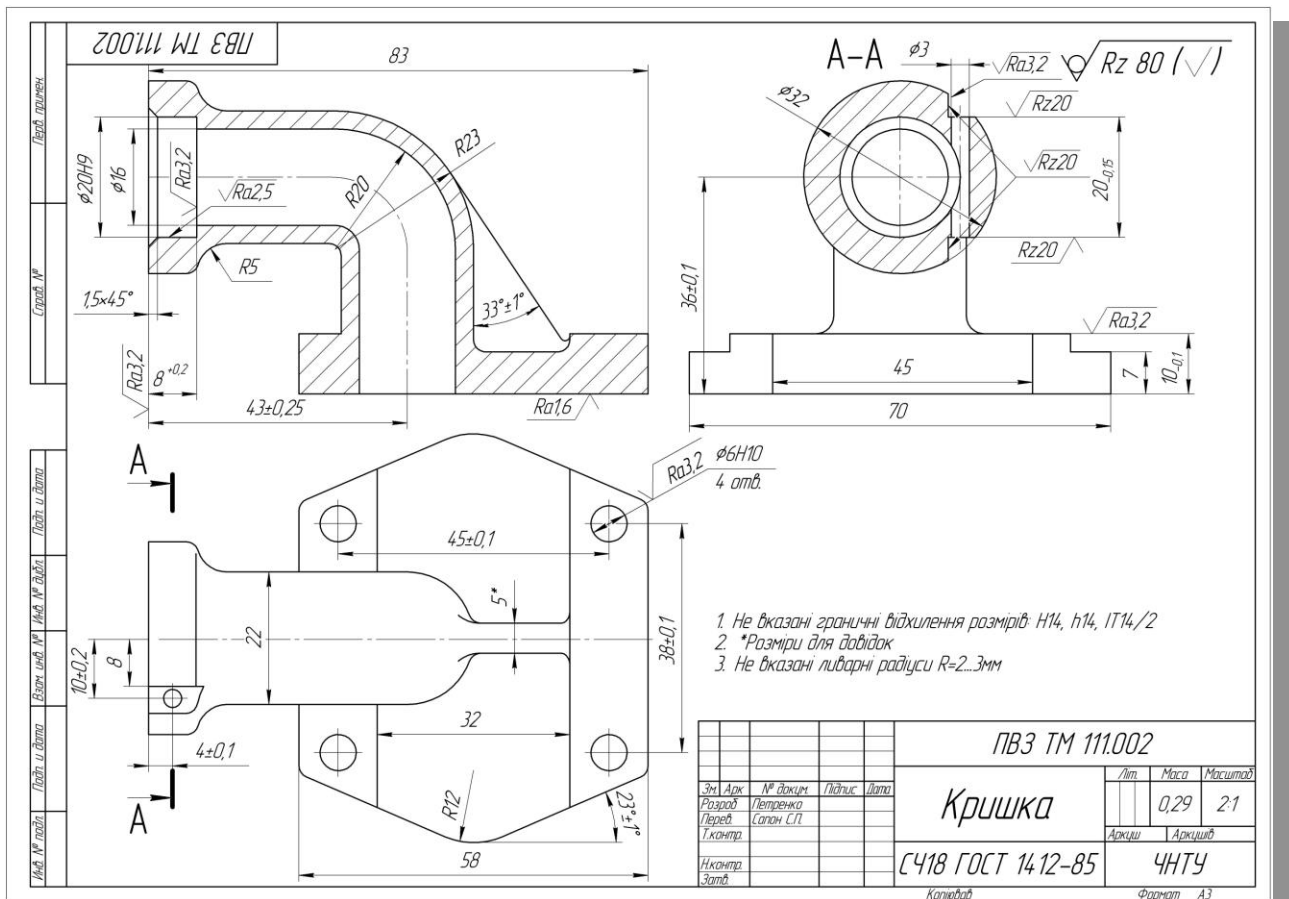


Рисунок 2.5 – Приклад оформлення кресленника деталі

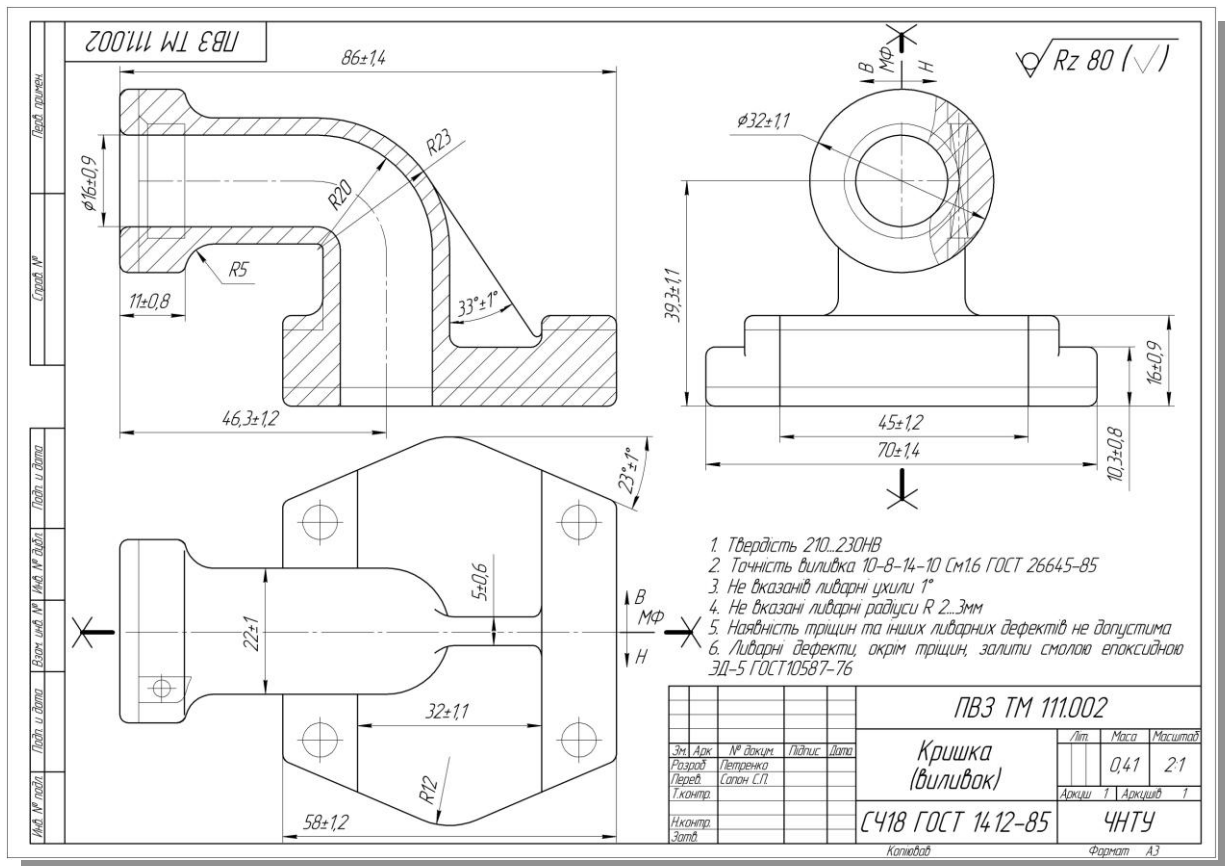


Рисунок 2.6 – Приклад оформлення кресленника виливка

## 2.8 Конструювання стрижня і моделі

### 2.8.1 Конструювання стрижня

Розміри формоутворюючої частини стрижня визначають згідно прийнятих розмірів отвору або порожнини виливка.

Розміри та форма знакової частини стрижня визначаються за ГОСТ 3212-92 [6] залежно від розмірів формоутворюючої частини стрижня, властивостей формувальної суміші та від того, як стрижень розташований в ливарній формі. Стрижні циліндричної форми, які встановлюються в формі горизонтально на знакових частинах ухилів не мають (рисунок 2.7, б), а якщо такі стрижні встановлюються вертикально, то знакові частини – конічні (рисунок 2.7, в).

Довжина горизонтальних знаків визначається за стандартом [6]:

- для “сирих” форм по таблиці 4;
- для “сухих” форм по таблиці 5;
- для форм, що твердіють в контакт з оснащенням по таблиці 6.

Висота нижніх вертикальних знаків для всіх видів сумішей визначається по таблиці 7 стандарту [6]. Нижні знаки вертикальних стрижнів є опорними, тому їх висота  $h$ , як правило більше висоти  $h_1$  верхніх знаків. При відсутності верхнього вертикального знака висоту нижнього збільшують до 50% в

порівнянні з вказаними в стандарті [6]. Висота верхнього вертикального знака приймається не менше 0,5 від висоти нижнього знака. В умовах масового і великосерійного виробництва верхній та нижній вертикальні знаки допускається робити однаковими за висотою.

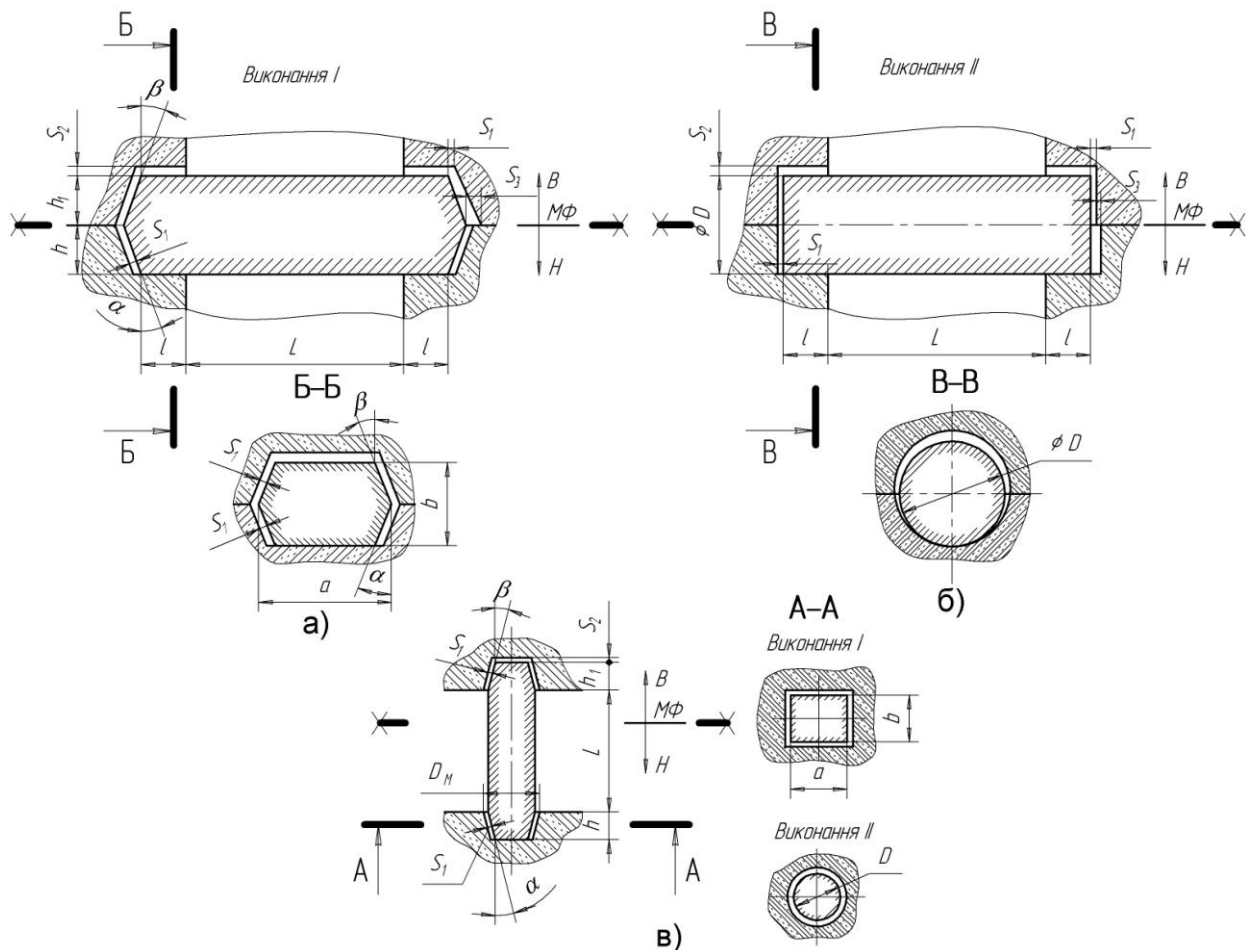


Рисунок 2.7 – Ескізи ливарних стрижнів: а, б – горизонтальні стрижні, в – вертикальний стрижень

Призматичні стрижні, незалежно від способу їх встановлення в ливарній формі, мають ухили на поверхнях знакової частини, перпендикулярних до площини рознімання ливарної форми. Для вільного встановлення стрижня у форму і кращого його центрування в формі на знакових частинах стрижня за стандартом [6, таблиця 8] призначаються ухили під кутами  $\alpha$  і  $\beta$ .

Знакові частини на моделях роблять більших розмірів, ніж у стрижнів, внаслідок чого при складанні форми між поверхнею форми і знаком стрижня утворюються зазори  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ , (див. рисунок 2.7.) які називаються *технологічними*. Відсутність цих зазорів може призвести до складнощів при складанні форми – форму неможливо буде скласти. При визначенні за стандартом [6] величини технологічних зазорів враховують клас точності, матеріал модельного комплекту, габарити стрижня і вид формування. Клас точності модельного комплекту визначають у

відповідності до класу розмірної точності вилівка визначити за стандартом [6, таблиця 15].

За стандартом [6, таблиці 9-12] необхідно визначити технологічні зазори  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  між знаковими частинами форми і стрижня. При виборі значень технологічних зазорів необхідно керуватися рекомендаціями п. 2.6.1 стандарту [6].

Виконуючи кресленик стрижня необхідно вказати положення лінії рознімання форми та всі визначені вище конструктивні елементи (рисунок 2.8).

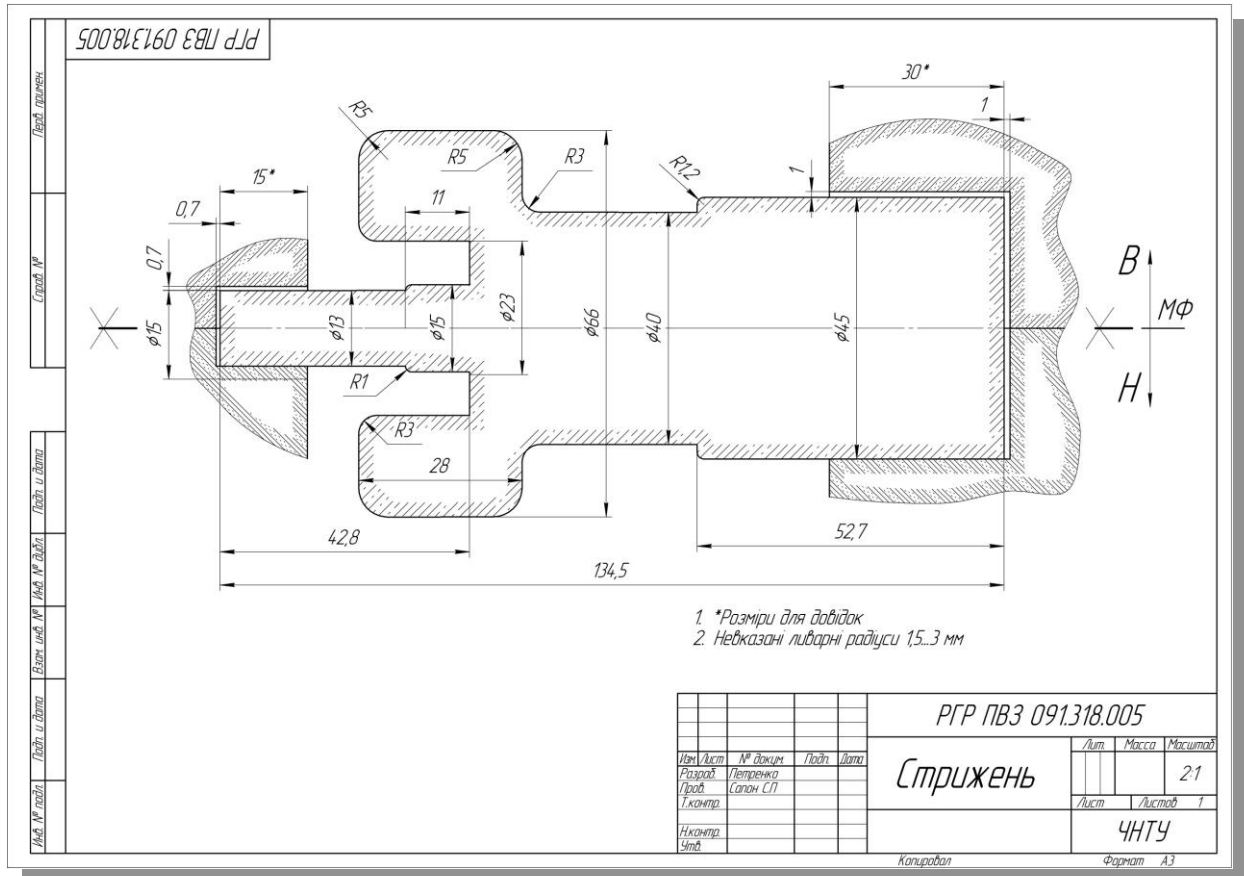


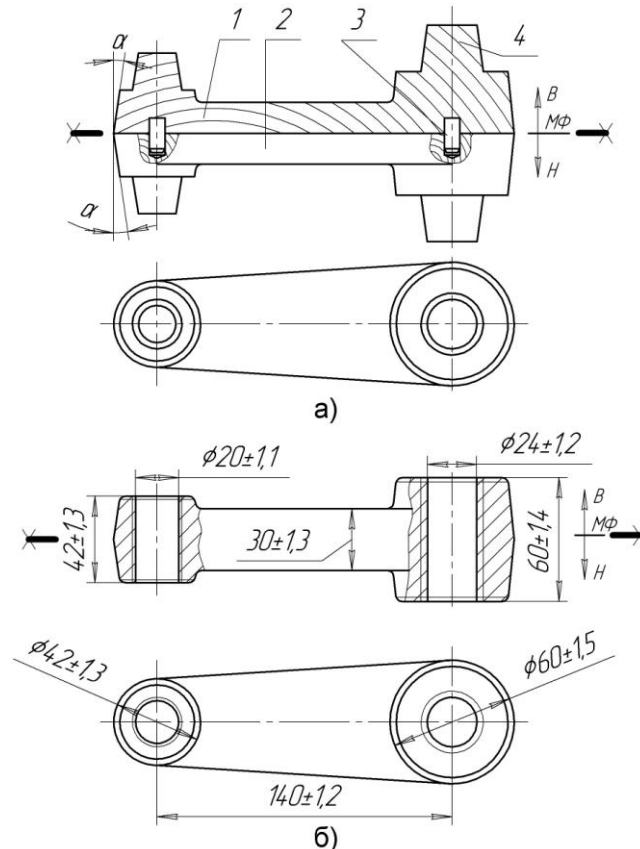
Рисунок 2.8 – Приклад оформлення кресленника стрижня

## 2.8.2 Конструювання моделі

Залежно від способу лиття моделі вилівоків можуть бути разовими або багатократного використання. Разові моделі вилівоків бувають витоплювані, розчинні або випалювані (газифіковані). Моделі багатократного використання виготовляють з дерева, пластмаси, гіпсу, металу та переважно застосовують при виготовленні вилівоків литтям в разові піщано-глиняні форми. Матеріал модельного комплекту вибирають залежно від типу виробництва, величини партії, маси, розмірів та способу отримання вилівоків. При виборі матеріалу модельного комплекту можна керуватися рекомендаціями, наведеними в додатку Ж.

За конструкцією моделі бувають роз'ємними і нероз'ємними. Моделі одноразового використання переважно виготовляють нероз'ємними, тоді як багаторазові моделі можуть бути як роз'ємними, так і не роз'ємними залежно від конструктивних особливостей виливка та вибраного способу лиття.

На відміну від виливка (рисунок 2.9, б) модель багаторазового використання замість отвору має виступаючі частини 4, (рисунок 2.9, а). Їх називають *знаками моделі*. Вони призначені для утворення у ливарній формі порожнин для встановлення і закріплення стрижнів.



1 – верхня частина моделі, 2 – нижня частина моделі, 3 – центруючий штир, 4 – знак моделі

Рисунок 2.9 – Ескіз моделі виливка а) та виливка б)

Клас точності модельного комплексу призначається в залежності від класу розмірної точності виливка за стандартом [6, таблиця 15]. Приклад позначення точності дерев'яного модельного комплексу для виливка 13 класу розмірної точності: *Точність МК 8 – дерево ГОСТ 3212-92*.

Розміри модельного комплексу збільшуються в порівнянні з розмірами виливка на величину лінійної усадки сплаву. Значення лінійної усадки деяких сплавів наведено в додатку Е. Обов'язково необхідно при конструюванні моделі враховувати формувальні ухили. Ухили формоутворюючих поверхонь моделі такі самі як і ливарні ухили на поверхнях виливка. Ухили знакових частин моделі такі ж, як у стрижнів.

Розміри знакових частин моделі необхідно збільшити в порівнянні із знаковими частинами стрижнів на величину технологічних зазорів  $S_1, S_2, S_3$ , (див. рисунок 2.7.), при виборі величини яких необхідно використовувати таблиці 9, 10, 11, 12 та рекомендації п. 2.6.1 стандарту [6]. Допуски розмірів модельного комплексу наведені в стандарті [6, таблиця 14].

Визначення розмірів модельного комплексу і допусків на них необхідно навести у вигляді таблиці 2.2

Таблиця 2.2 – Визначення розмірів модельного комплексу

Номінальний розмір вилівка, мм	Приріст розміру внаслідок лінійної усадки сплаву, мм	Розмір моделі з врахуванням усадки, мм	Допуск розміру моделі, мм	Розмір моделі на кресленнику, мм

Підсумком виконання даного розділу РГР є розроблений кресленник моделі вилівка та технічні вимоги на її виготовлення. На кресленнику обов'язково вказується площина рознімання моделі згідно стандарту [7]. Приклад виконання кресленника моделі наведено на рисунку 2.10.

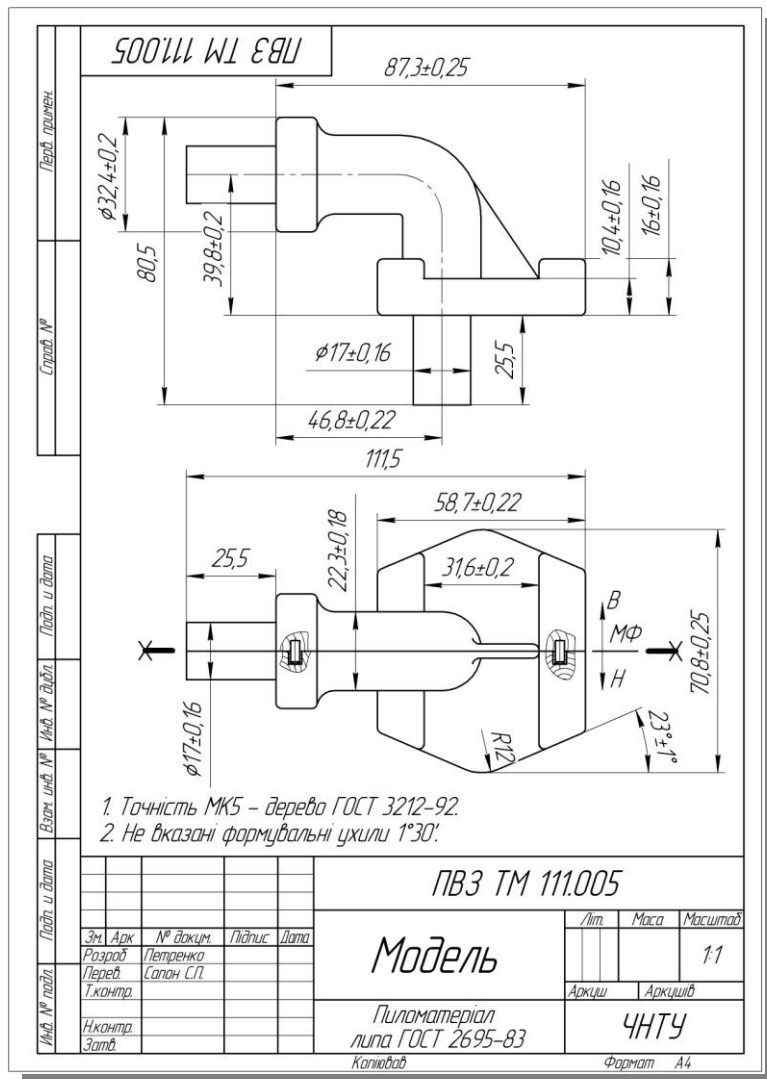


Рисунок 2.10 – Приклад виконання кресленника моделі



### Рекомендована література

1. Руденко П.А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: учебное пособие/ П.А.Руденко, Ю.А.Харламов, В.М.Плескач; под общ. ред. В.М.Плескача. – К.: Выща школа, 1991. – 247 с.
2. Руденко П.О. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин: підручник/ Руденко П.О., Плескач В.М., Харламов Ю.О., за ред. В.М. Плескача. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 1999. – 254 с.
3. Боженко Л.І. Технологія машинобудування: Проектування та виробництво заготовок : Підруч. для машинобуд. спец. вищ. навч. закладів / Л.І. Боженко. – Львів : Світ, 1996. – 366 с.
4. Афонькин М.Г. Производство заготовок в машиностроении / М.Г. Афонькин, М.В. Магницкая. – Ленинград: Машиностроение. Ленинград. отделение, 1987. – 255 с.
5. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку: ГОСТ 26645-85. – [Введен в действие с 1987-07-01]. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 55с.
6. Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров: ГОСТ 3212-92 – [Введен в действие с 1993-07-01]. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 13 с.
7. Правила графического выполнения элементов литейных форм и отливок: ГОСТ 3.1125-88 – [Введен в действие с 1989-01-01]. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 10 с.
8. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. Т1. / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова ,А.Г. Суслова Т.1 / [А.М. Дальский и др.]. – М.: Машиностроение-1, 2001 – 912с.



**Додатки**  
**Додаток А**  
(довідковий)

**Керівні матеріали для визначення річної програми випуску виливків**

Таблиця А.1 – Річна програма випуску виливків

Вагова група	Маса виливка, кг	Виробництво					
		одиничне	дрібносерійне	середньосерійне	великосерійне	масове	
I	а	До 0,25	до 2500	2500 ... 15000	15000 ... 35000	35000 ... 100000	більше 100000
		0,25 ... 0,63	до 2000	2000 ... 12000	12000 ... 30000	30000 ... 70000	більше 70000
		0,63 ... 1,0	до 1500	1500 ... 8000	8000 ... 20000	20000 ... 40000	більше 40000
	б	1,0 ... 2,5	до 1000	1000 ... 4000	4000 ... 12000	12000 ... 20000	більше 20000
		2,5 ... 10	до 500	500 ... 2000	2000 ... 6000	6000 ... 12000	більше 12000
	в	10 ... 25	до 300	300 ... 1000	1000 ... 3000	3000 ... 8000	більше 8000
25 ... 63		до 200	200 ... 800	800 ... 2500	2500 ... 6000	більше 6000	
II	а	63 ... 160	до 100	100 ... 600	600 ... 1500	1500 ... 4000	більше 4000
	б	160 ... 630	до 75	75 ... 450	450 ... 1000	1000 ... 2500	більше 2500
	в	630 ... 1000	до 50	50 ... 300	300 ... 600	600 ... 1500	більше 1500
III	1000 ... 5000	до 20	20 ... 100	100 ... 300	300 ... 1000	більше 1000	
IV	5000 ... 10000	до 10	10 ... 50	50 ... 150	150 ... 750	більше 750	
	більше 10000	до 5	5 ... 25	25 ... 75	більше 75	-	

Примітка. У випадку якщо річна програма випуску виливка знаходиться на межі двох типів виробництва, то враховують масу виливка:

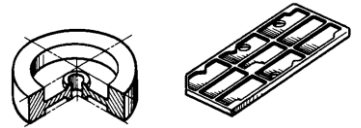
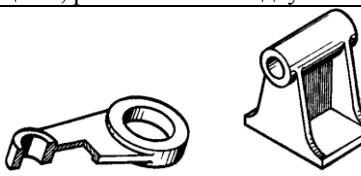
- а) якщо маса виливка знаходиться в середині інтервалу мас, то вибирається тип виробництва з меншим ступенем спеціалізації робочих місць;
- б) якщо маса виливка знаходиться на межі інтервалу мас, то вибирається тип виробництва з більшим ступенем спеціалізації робочих місць.

## Додаток Б

(довідковий)

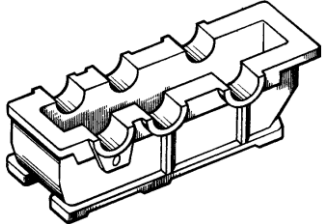
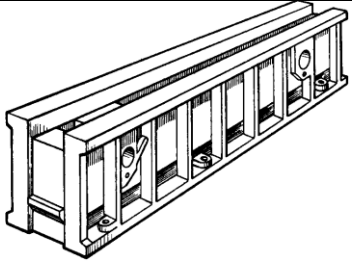
### Характеристика виливків за групами конструктивно-технологічної складності

Таблиця Б.1 – Характеристика виливків за групами конструктивно-технологічної складності

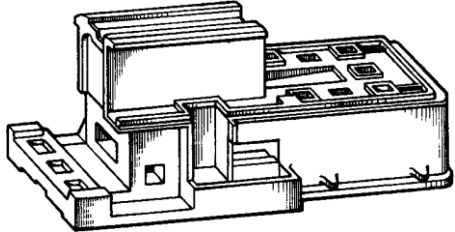
Група складності	Характеристики конструктивної складності				Характеристики технологічної складності			Приклад типового виливка	Рекомендований спосіб отримання виливка
	Конфігурація виливка (зовнішня форма)	Внутрішні порожнини та їх форма	Середня товщина стінок, мм	Кількість стрижнів	Вимоги до фізико-механічних властивостей поверхневого шару	Характер наступної механічної обробки	Параметри шорсткості поверхонь виливка, $R_z$ мкм		
35 1	 <p>Проста геометрична форма: плоскі, циліндричні, напівсферичні; поверхні прямолінійні або плоскі з невисокими ребрами, бобишками, фланцями; різностінність відсутня</p>	Неглибокі та нескладної форми, можливі невеликі отвори без виступів та поглиблень	>30	≤ 1	Не обумовлені	Не потрібна або незначна	Не обумовлені	Кришки, важелі, фланці, вилки простої конфігурації, маховики без спиць	Лиття в піщані форми
			>18						Лиття кокільне, відцентрове, в оболонкові форми
			>8						Лиття під тиском, за витоплюваними моделями
2	 <p>Проста форма у вигляді сполучення простих геометричних поверхонь: плоскі, циліндричні, напівсферичні відкритої коробчастої форми; поверхні прямолінійні або плоскі й криволінійні з ребрами, буртами, бобишками, фланцями з отворами і поглибленнями простої конфігурації; різностінність незначна</p>	Простої форми з вільним виходом назовні	30 ... 25	2 ... 5	Можливі	Часткова або повна	320 ... 160	Фігурні вилки, кронштейни, стакани, обойми, корпуси патронів, барабани, шківи, зубчасті колеса без литих зубців до Ø1м	Лиття в піщані форми
			18 ... 12	2					Лиття кокільне, відцентрове, в оболонкові форми
			8 ... 6	2 ... 3					Лиття під тиском, за витоплюваними моделями та інші спеціальні методи

Продовження таблиці Б.1

36

Група складності	Характеристики конструктивної складності				Характеристики технологічної складності			Приклад типового виливка	Рекомендований спосіб отримання виливка
	Конфігурація виливка (зовнішня форма)	Внутрішні порожнини та їх форма	Середня товщина стінок, мм	Кількість стрижнів	Вимоги до фізико-механічних властивостей поверхневого шару	Характер наступної механічної обробки	Параметри шорсткості поверхонь виливка, R <sub>z</sub> мкм		
3	 <p>Відкрита коробчаста, сферична, напівсферична, циліндрична форма; поверхні – прямолінійні, криволінійні та плоскі з ребрами, виступами, бобишками, фланцями з литими отворами і поглибленнями порівняно складної конфігурації; частину виливка отримують з використанням стрижнів; існує різностінність</p>	Поверхні середньої складності, утворені сполученням окремих геометричних фігур, несиметричні, великої довжини або високі з незначними виступами і поглибленнями, з вільним та ускладненим виходом назовні, можлива наявність замкнених порожнин	24 ... 19	6 ... 12	Обумовлені	Часткова або повна	160 ... 80	Шківні Ø > 1м, колеса з литими зубцями, кришки і корпуси редукторів, гільзи і поршні циліндрів, корпуси гідронасосів, люнети	Лиття в піщані форми
			12 ... 6	3					Лиття кокільне, відцентрове, в оболонкові форми
			6 ... 4	3 ... 5					Лиття під тиском, за витоплюваними моделями та інші спеціальні методи
4	 <p>Закрита і частково відкрита коробчаста, циліндрична, сферична або комбінована форма; поверхні прямолінійні і криволінійні з прилеглими патрубками, кронштейнами, фланцями і ребрами, поверхні утворюються стрижнями; стінки різної товщини</p>	Поверхні складної конфігурації, зі значними виступами та поглибленнями; існує сполучення несиметрично розташованих та перехрещених поверхонь з вільним та ускладненим виходом назовні, можлива наявність замкнених порожнин	18 ... 10	13 ... 20	Обумовлені	Сполучення необроблених поверхонь з поверхнями, що оброблюються з високою точністю	80 ... 20	Столи і станини металорізальних верстатів, кувальних машин і пресів, двох і трьох дискові зубчасті колеса, траверси, кожухи	Лиття в піщані форми
			6 ... 4	4 ... 5					Лиття кокільне, відцентрове, в оболонкові форми
			4 ... 3	5 ... 9					Лиття під тиском, за витоплюваними моделями та інші спеціальні методи

Продовження таблиці Б.1

Група складності	Характеристики конструктивної складності				Характеристики технологічної складності			Приклад типового виливка	Рекомендований спосіб отримання виливка
	Конфігурація виливка (зовнішня форма)	Внутрішні порожнини та їх форма	Середня товщина стінок, мм	Кількість стрижнів	Вимоги до фізико-механічних властивостей поверхневого шару	Характер наступної механічної обробки	Параметри шорсткості поверхонь виливка, $R_z$ мкм		
5	 <p>Закрита коробчаста і циліндрична форма; поверхні утворюються сполученням прямолінійних та криволінійних поверхонь з переходами, тонкими ребрами, виступами і поглибленнями, з прилеглими патрубками, кронштейнами, фланцями, поверхні утворюються стрижнями; стінки різної товщини</p>	<p>Порожнини особливо складної конфігурації з криво лінійними поверхнями, що перетинаються під різними кутами; існує сполучення несиметрично розташованих поверхонь, виступи, бобики, замкнені важкодоступні порожнини</p>	<10	20 ... 30	Обумовлені	Більшість поверхонь оброблюються з високою точністю	20 ... 10	<p>Передні бабки, складні станини, стойки, основи, траверси верстатів, колінчасті вали, корпуси відцентрових насосів і гідро-турбін, блоки циліндрів двигунів</p>	Лиття в піщані форми
			< 4	$\geq 6$					Лиття кокільне, відцентрове, в оболонковій формі
			< 3	$\geq 9$					Лиття під тиском, за витоплюваними моделями та інші спеціальні методи

## Додаток В

(довідковий)

### Галузі раціонального застосування основних способів лиття

Таблиця В.1 – Галузі раціонального застосування основних способів лиття

Спосіб лиття	Технологічні особливості	Тип виробництва	Матеріал	Вагова група	Приклади деталей
Лиття в піщані форми	Можливе виготовлення виливків будь-якої конфігурації, особливо таких, що вимагають великої кількості стрижнів. Спосіб потребує найбільших витрат металу. Застосування в масовому виробництві можливе лише при високому ступені механізації	Одиничне, серійне, масове	Алюмінієві сплави	I, II	Головки циліндрів двигунів, картери, поршні, корпуси, трубопроводи, корпуси карбюраторів, паливних помп, фланці, кришки, кронштейни, корпуси насосів
		Одиничне, серійне, масове	Чавун, сталь	I, II	Фланці, втулки, блоки циліндрів, маховики, кришки, корпуси і кришки картерів, коробок передач, гільзи циліндрів, шестерні, зубчасті колеса, корпуси підшипників, корпуси невеликих станин, важелі, муфти та ін.
		Одиничне, дрібносерійне	Чавун, сталь	III	Станини, корпуси машин, рами, циліндри, шаботи молотів, бабки, траверси, маховики, корпуси редукторів,
Лиття в оболонкові форми	Тонкостінні фасонні виливки компактної форми	Середньосерійне, великосерійне, масове	Чавун	I, II а	Ребристі циліндри для мотоциклів, корпуси електродвигунів, втулки, муфти, фланці, кронштейни, колеса сільгоспмашин
			Сталь	I, II а	Ребристі циліндри для мотоциклів, колінчасті і розподільчі вали, зірки, зубчасті колеса, деталі компресорів, тепловозів, двигунів суден, корпуси токарних патронів
			Алюмінієві сплави	I а, б	Втулки, муфти, фланці, кронштейни, деталі водо- і паропровідної арматури, деталі вентиляторів
Лиття за витоплюваними моделями	Дрібні та середні виливки складної конфігурації, механічна обробка яких ускладнена	Середньосерійне великосерійне, масове	Сталь високолегована	I а, б	Лопатки турбін, клапани, шестерні, різальний інструмент, деталі приладів, зубчасті колеса
		Великосерійне, масове	Титанові сплави	I, II а	Лопатки турбін, деталі приладів

Продовження таблиці В.1

Спосіб лиття	Технологічні особливості	Тип виробництва	Матеріал	Вагова група	Приклади деталей
Лиття під тиском	Тонкостінні виливки складної конфігурації маса і тепловміст яких навіть при значних габаритних розмірах в сотні разів менше, ніж маса і тепловміст металевої форми	Середньосерійне, великосерійне, масове	Магнієві, цинкові, мідні, алюмінієві і свинцево-алюмінієві сплави, сталь	I а, б	Корпуси приладів, панелі, коліна, кільця електродвигунів, блок двигуна, шестерні, циліндричні і конічні зубчасті колеса, коробки швидкостей, коробки передач автомобілів, корпусні деталі компресорів
Лиття в кокіль	Процес виготовлення товстостінних виливків простої та середньої складності вільним заливанням металу в металеві форми - кокілі	Великосерійне, масове	Алюмінієві сплави	I, II а	Муфти, втулки, стакани, маховики, колеса, картери двигунів, головки блоків циліндрів
		Одиничне, серійне, масове	Алюмінієві сплави	II а, б	Поршні, корпуси, диски, коробки подач, салаки, картери двигунів
		Великосерійне, масове	Чавун, сталь	III	Поршні, корпуси, диски, салазки, корпуси електродвигунів, болванки
		Середньосерійне, великосерійне масове	Сталь	I, II а	Лопатки робочих колес гідротурбін, колінчасті вали, букси, кришки букс
		Одиничне, серійне, масове	Чавун, сталь	II б, в	Поршні, корпуси, диски, коробки подач, салазки, направляючі станин, болванки
Відцентрове лиття	Деталі, що мають вісь симетрії	Великосерійне, масове	Чавун, сталь, бронза	I	Вінці, шестерні, бандажі, колеса, фланці, шківни, маховики, труби, кільця, втулки, гільзи
Штампуння рідкого металу	Рідкий метал подається безпосередньо в металеву форму і під тиском пресуючого пуансона відбувається ущільнення залитого металу.	Великосерійне, масове	Чавун, сталь, алюмінієві сплави	I а, б	Головки блока циліндрів, поршні, гільзи
		Великосерійне, масове	Кольорові сплави	I, II а	Лопатки турбін, деталі арматури високого тиску.





## Додаток Г

(рекомендований)

### Рекомендації по конструктивному усуненню деяких нетехнологічних елементів конструкції вилівка

1. Наявність поверхонь, які надмірно виступають або западають і перешкоджають вільному видаленню моделі і вилівка з ливарної форми перевіряється за допомогою правила "тіней": якщо при освітленні вилівка паралельними променями в напрямку, перпендикулярному до площини рознімання форми, з'являються тіньові ділянки (Рисунок Г.1, б), це свідчить про недосконалість її конструкції.

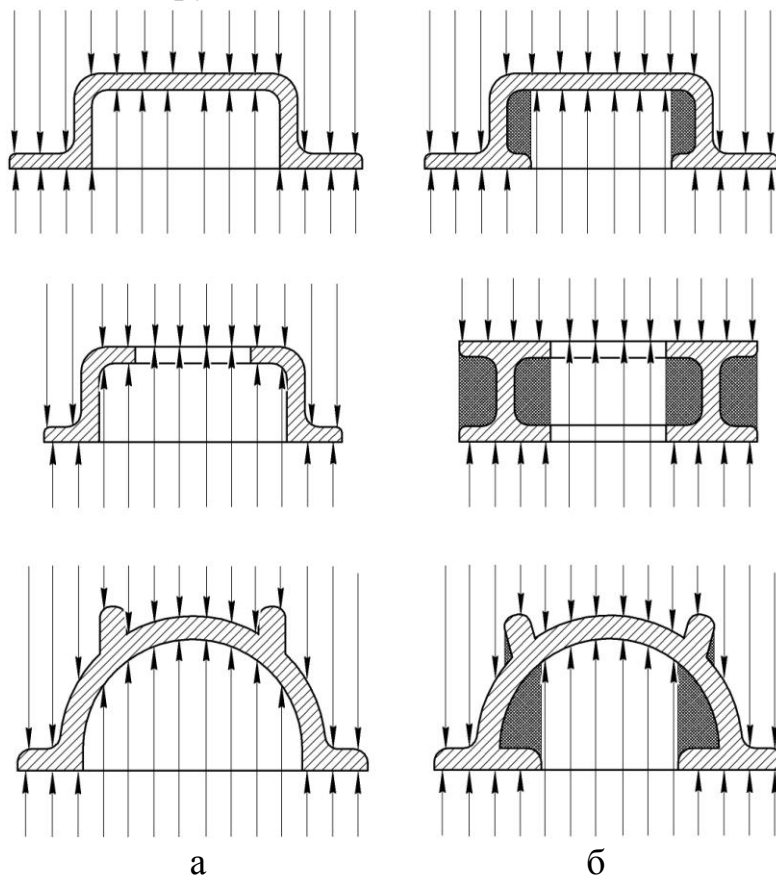


Рисунок Г.1 – Визначення нетехнологічних елементів конструкції вилівка методом „тіней”: а – технологічно; б – нетехнологічно

Усунути нетехнологічність такої конструкції можна:

- за рахунок застосування моделі з від'ємними частинами;
- за рахунок об'єднання, „злиття” цих елементів (рисунок Г.2);
- за рахунок зміни або удосконалення конструкції елемента (рисунок Г.3).

Від'ємні частини на моделі дозволяють уникнути додаткових роз'ємів моделі і додаткових стрижневих ящиків, що ускладнює і робить більш коштовним процес формування.

Конструктивно окремі виступи об'єднують в один, якщо відстані між їх центрами дорівнюють, чи менші за відстані, вказані в таблиці Г.1, або торці виступів не підлягають механічному обробленню.

Таблиця Г.1 – Мінімальна відстань між центрами виступів, що виливаються окремо

Діаметр отворів у виступах, мм	Відстань між центрами виступів (між осями отворів) при литті, мм	
	в разові форми	в багаторазові форми
до 4	25	15
від 4 до 6	30	18
від 6 до 10	30	22
від 10 до 14	40	30
від 14 до 18	50	38

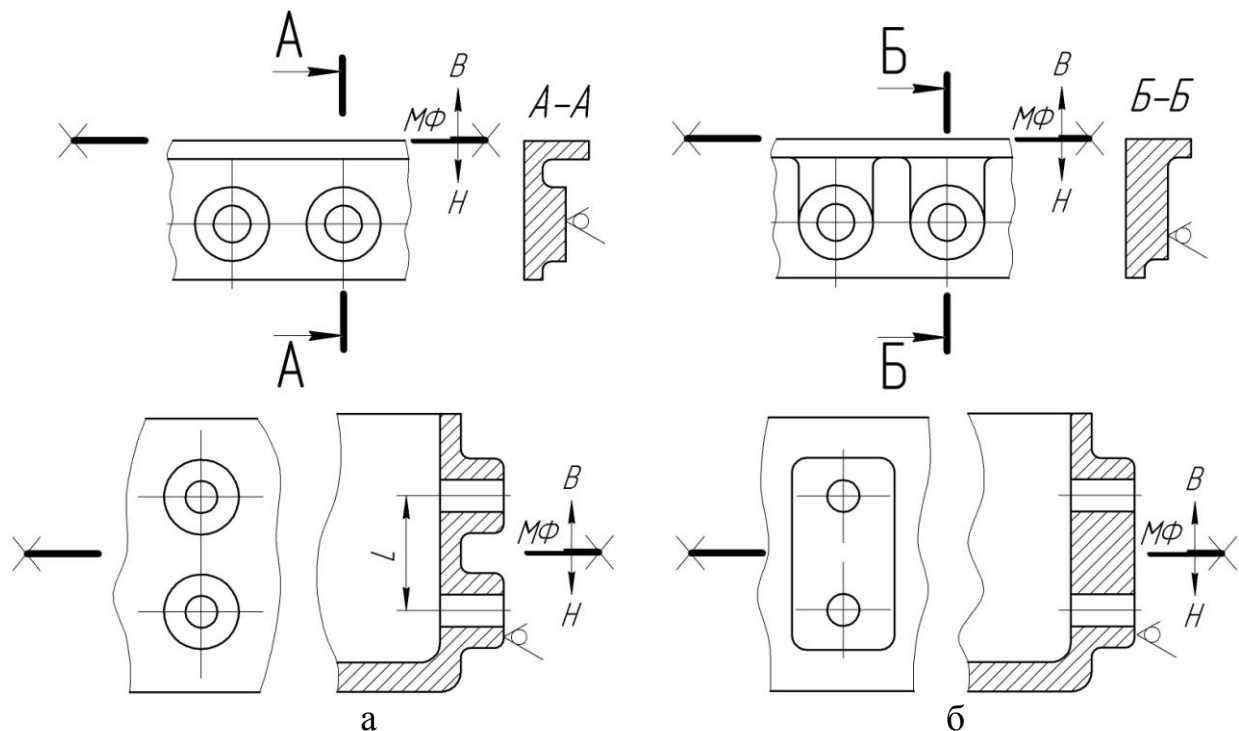
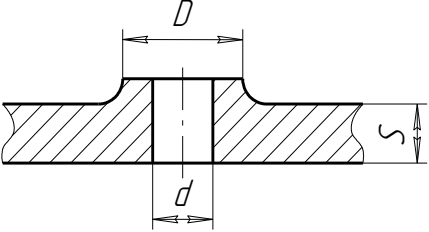


Рисунок Г.2 – Конструкція виступаючих частин виливка: а – нетехнологічна, б – технологічна

Взагалі, висота бобишок, виступів і приливів не повинна перевищувати товщини стінки, на якій вони знаходяться. Спряження бобишок і приливів зі стінкою деталі повинні бути плавними, без різких кутів і переходів. Зовнішні діаметри бобишок при наявності отвору рекомендовано призначати з урахуванням товщини стінки виливка, на якій розташована бобишка за таблицею Г.2.

Таблиця Г.2 – Залежність зовнішнього діаметра бобишки від діаметра отвору

Ескіз	Діаметр отвору $d$ , мм	Зовнішній діаметр бобишки $D$ , мм
	$\leq 40$	$D \geq 2,2d$
	$40 \div 80$	$D \geq 1,8d$
	$> 80$	$D \geq 1,2 + (3 \div 6)S$
	При товщині стінок вилівка $S$ менше 15мм	$D \geq 1,2 + (4 \div 8)S$

Якщо уникнути западин неможливо, то необхідно прагнути, щоб ці западини не були надто вузькими і глибокими. Відстань між виступаючими частинами  $l$  залежить від висоти цих частин деталі  $H$ , (див. рисунок Г.2) включаючи припуск на механічне оброблення, і вибирається за таблицею Г.3.

Таблиця Г.3 – До визначення відстані між виступаючими частинами вилівка

Середня висота виступаючих частин, $H$ , мм	8	9-15	16-25	26-50	50-100	$>100$
Відстань між виступаючими частинами $l$ , мм, не менше	$1,8H$	$1,6H$	$1,4H$	$1,2H$	$1,8H$	$1,8H$

Приклади конструктивного усунення виступаючих нетехнологічних елементів вилівка наведено на рисунку Г.3.

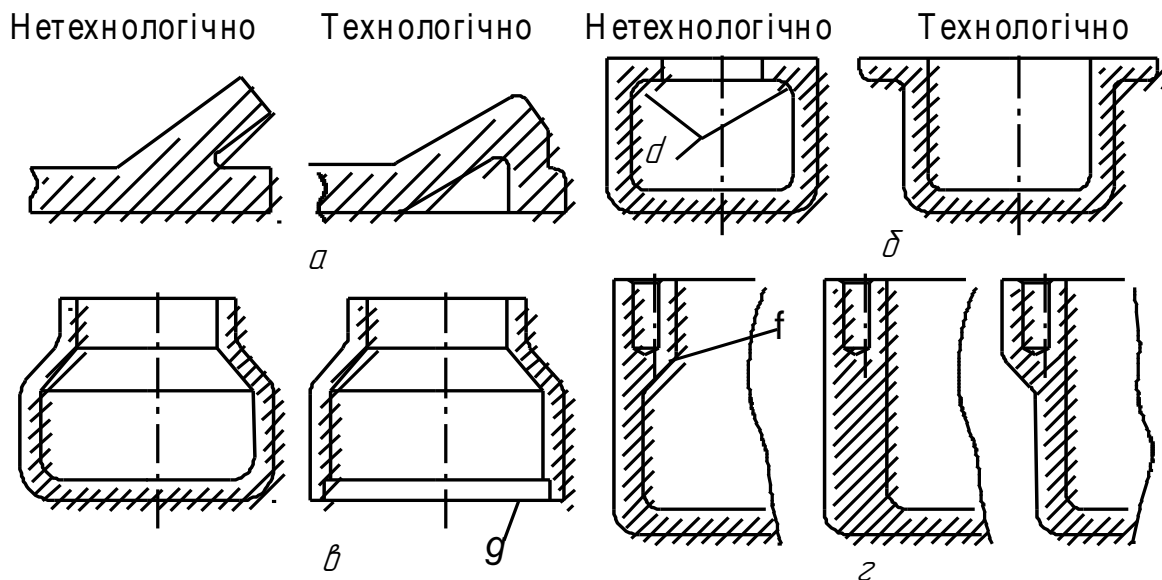
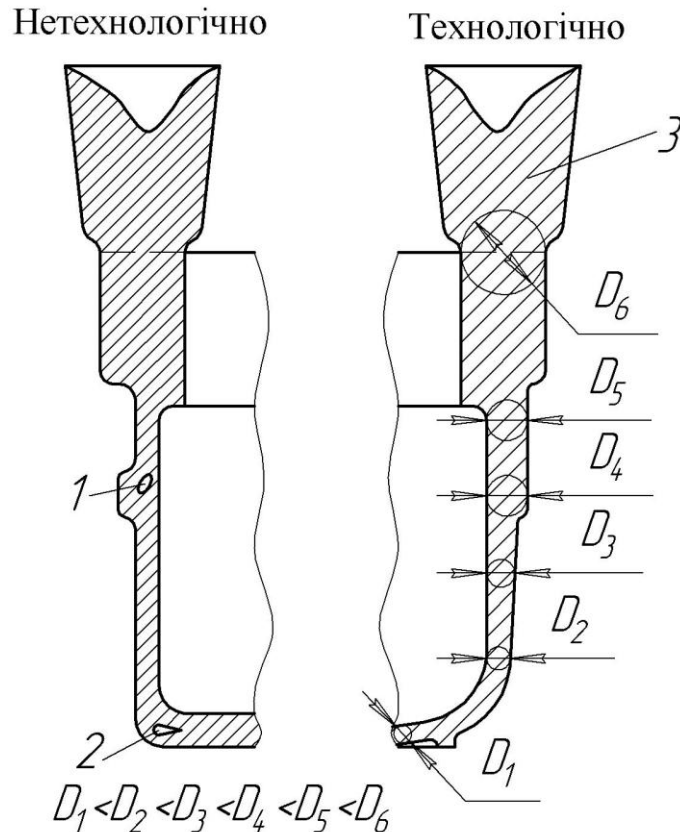


Рисунок Г.3 – Приклади конструктивного усунення нетехнологічних елементів конструкції вилівка

2. При виборі товщин стінок вилівоків, з метою уникнення місць локального скупчення металу, усадкових раковин та пухкості необхідно

дотримуватись принципу спрямованого затвердіння. Технологічність конструкції в цьому випадку перевіряється за правилом „вписаних кіл” (рисунок Г.4). Суть його полягає в тому, що з наближенням фронту кристалізації до місця підведення розплавленого металу діаметр кола, вписаного в переріз вилівка, повинен збільшуватися. Іншими словами, будь-яке вписане коло повинно без перешкод "викочуватися" в напрямку місця підведення розплавленого металу.



1,2 – усадкові пухкості, 3 – прилив (місце підведення розплавленого металу)

Рисунок Г.4 – Схема перевірки дотримання принципу спрямованого затвердіння металу методом "вписаних кіл"

При організації спрямованої кристалізації знизу вгору одержують щільний вилівок без усадкових раковин та пористості. Це досягається переважно за рахунок встановлення напливів. Однак вони призводять до ускладнення формування та збільшення витрати металу. Тому іншим способом уникнення місць локального скупчення металу є зміна конструкції деталі, за умови якщо такі зміни здійснити можна. Приклади усунення усадкової пористості і раковин шляхом зміни конструкції вилівка наведено на рисунку Г.5.

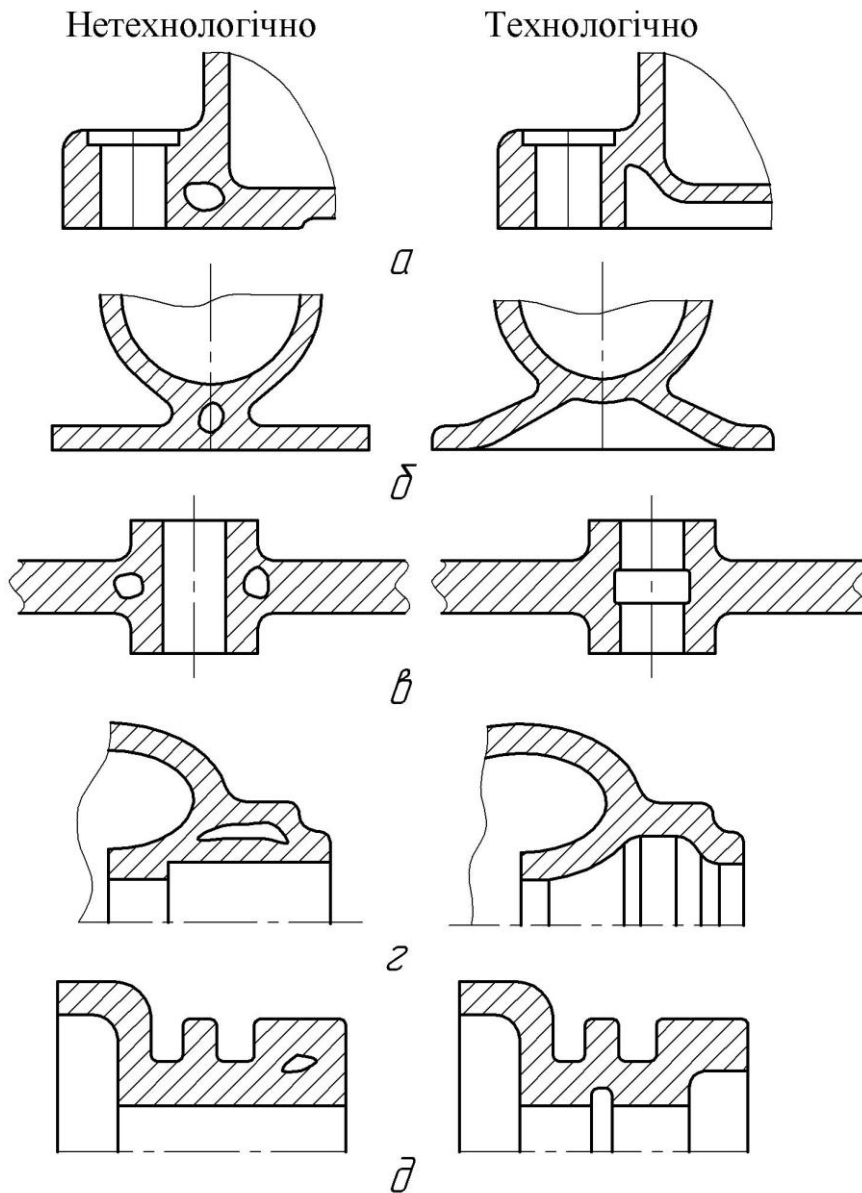


Рисунок Г.5 – Приклади усунення усадкової пористості і раковин шляхом зміни конструкції виливка

3. При виборі товщин стінок для виливків з будь-якого матеріалу слід прагнути до зменшення (в допустимих межах) і по можливості однакової товщини стінок по всьому виливку. Товщини стінок повинні призначатися залежно від призначення стінок, механічних і технологічних властивостей матеріалу і з урахуванням вимог, які ставляться до конструкції виливка.

Завищена товщина стінок призводить до надлишкових витрат металу і може бути причиною усадкової пористості та інших дефектів. Вірно вибрана товщина стінок забезпечує необхідні жорсткість, герметичність і є однією з найважливіших умов отримання виливків з високим коефіцієнтом

використання металу. Мінімальні значення товщин стінок для різних типів сплавів і способів лиття наведено в таблиці Г.4.

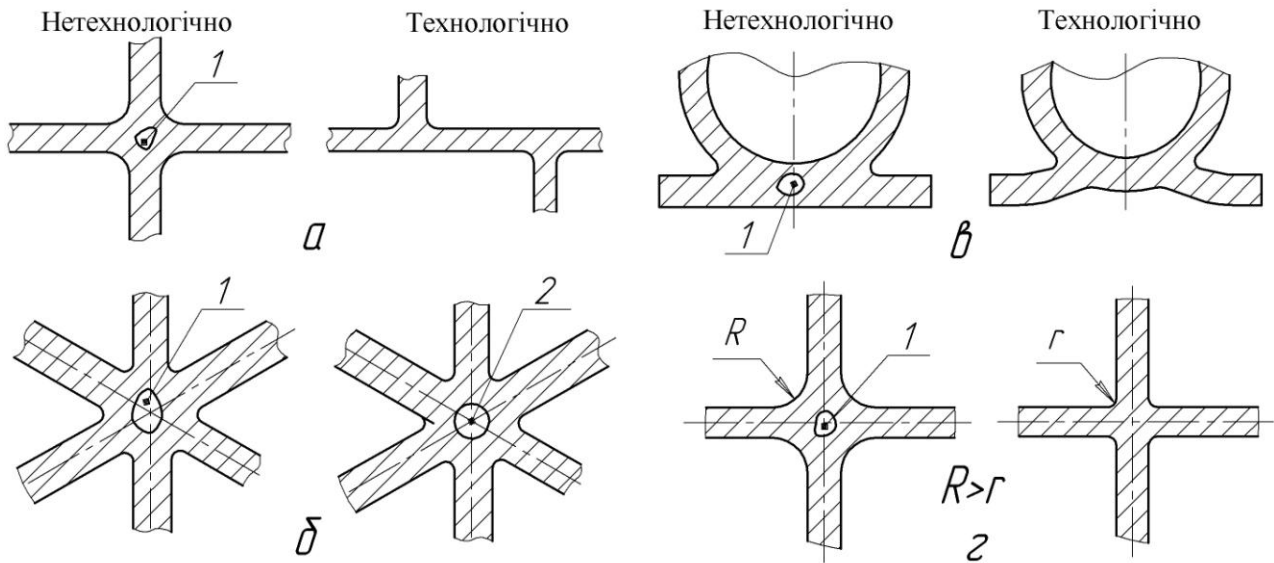
Таблиця Г.4 – Значення найменшої товщини стінок виливків, отримуваних в піщано-глиняних формах

<b>Матеріал</b>	<b>Характеристика вилівка</b>	<b>Найменша товщина стінки, мм</b>
Сталь	Дрібний	8
	Середній	12
	Крупний	20
Сірий чавун	Дрібний (до 2кг)	3-4
	Середній (до 50кг)	6-8
	Крупний (більше 50кг)	10-20
Бронза олов'яна	При найбільшій довжині стінки, мм:	
	до 50	3
	50÷100	5
	100÷250	6
Бронза спеціальна, латунь,	Дрібний	6
	Середній	8
Кремнієва бронза	-	4
Алюмінієві сплави	Дрібні при найбільшій довжині стінки, мм:	
	до 200	3-5
	200÷800	5-8
Магнієві сплави	Дрібний	4
	Середній з довжиною стінки не більше 400мм	6

4. Уникати різких переходів від товстих стінок до тонких, можна за рахунок правильного конструювання таких переходів, використовуючи рекомендації додатка Д.

5. При конструюванні литої деталі важливо виконати правильно сполучення стінок вилівка. Існують наступні типи з'єднання стінок: L - подібне (кутове), T-подібне (таврове), V – вилкоподібне, K-подібне, X – хрестоподібне сполучення. В місцях перетину ребер, через уповільнення охолодження, виникає небезпека утворення усадкових пористостей. Скупчення металу в місцях перетину ребер необхідно розосередити шляхом зміщення стінок (рисунок Г.6, а), за рахунок застосування кільцевого ребра

або розвантажувального отвору (циліндричної заглибини в центрі перетину) (рисунок Г.6, б), місцевого потоншення, (рисунок Г.6, в) або зменшення радіуса заокруглення (рисунок Г.6, г).



1 – усадкова пористість, 2 – розвантажувальний отвір

Рисунок Г.6 – Приклади уникнення нетехнологічної конструкції при перетині декількох ребер в одному вузлі



## Додаток Д

(довідковий)

### Співвідношення елементів, що сполучаються. Радіуси заокруглень.

Плавний перехід від тонких перерізів до товстих та правильне сполучення стінок дає можливість одержати якісний вилівок без ливарних дефектів та жолоблення стінок. Конфігурація переходу головним чином залежить від товщини з'єднаних елементів.

При лобовому сполученні стінок різної товщини відношення товщин стінок не повинно перевищувати 4:1. При відношенні товщин з'єднаних стінок  $S/S_1 \leq 2$ , сполучення рекомендується виконувати за допомогою радіусу заокруглення (рисунок В.1, а), який визначається за формулою:

$$R = (0,3 \dots 0,4)(S - S_1), \text{ мм} \quad (\text{Д.1})$$

Таке ж сполучення виконується і для  $S/S_1 > 2$ , якщо деталь не зазнає ударних навантажень.

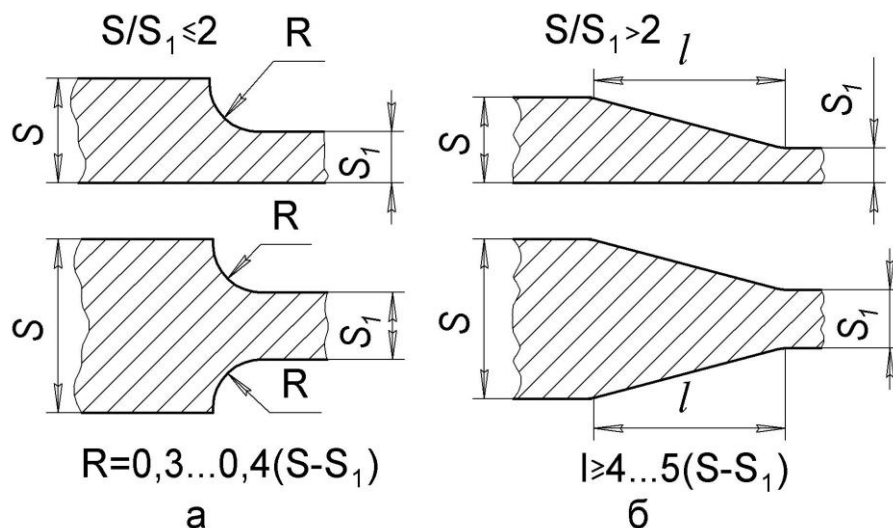


Рисунок Д.1 – Лобове спряження стінок

Якщо деталь піддається дії ударних навантажень, для  $S/S_1 > 2$  сполучення виконують у вигляді клина (рисунок Д.1, б). При цьому довжина перехідної ділянки для виливків з чавуну, магнієвих і алюмінієвих сплавів:

$$L \geq 4(S - S_1), \text{ мм}, \quad (\text{Д.2})$$

а для виливків зі сталі і мідних сплавів:

$$L \geq 5(S - S_1), \text{ мм} \quad (\text{Д.3})$$

На якість вилівка значно впливає вірний вибір радіусів заокруглень в місцях переходів від одного перерізу до іншого. Занадто малий радіус заокруглення призводить до виникнення тріщин, занадто великий – до утворення усадкової пухкості. Оптимальний радіус заокруглень залежить від товщини стінок вилівка. Заокруглення необхідно здійснювати з одного центра для внутрішнього і для зовнішнього радіусів, якщо сполучуються стінки однієї товщини (рисунок Д.2, а). Внутрішні радіуси  $r$  при сполученні стінок різної товщини (рисунок Д.2, б) визначають за таблицею Д.1.

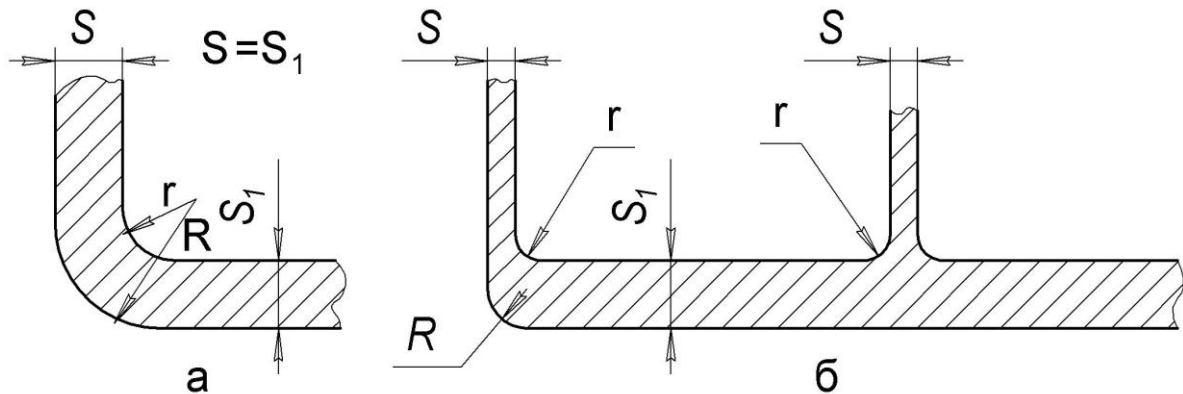


Рисунок Д.2 – Схема спряження стінок вилівка: а – однієї товщини, б – різної товщини

Таблиця Д.1 – Значення внутрішніх радіусів  $r$  при сполученні стінок вилівка різної товщини

$S/S_1$	Мінімальна товщина стінки або ребра, мм									
	до 6	6-10	10-15	15-20	20-25	25-35	35-45	45-60	60-80	80-100
1÷2	5	8	10	12	15	20	25	30	40	50
2÷3	8	10	12	15	20	25	30	40	50	-
Понад 3	10	12	15	20	25	30	40	50	-	-

Внутрішні радіуси заокруглень вилівоків з кольорових металів і сплавів наведено в таблиці Д.2.

Таблиця Д.2 – Значення внутрішніх радіусів  $r$  заокруглень вилівоків з кольорових металів і сплавів

$(S+S_1)/2$	$r$	$(S+S_1)/2$	$r$
до 12	6	35-45	20
12-16	8	45-60	25
16-20	10	60-80	32
20-27	12	80-110	36
27-35	16	110-150	40

Зовнішні радіуси заокруглення  $R$  визначають за формулою:

$$R=r+S_1, \text{ мм} \quad (\text{Д.4})$$

## Додаток Е

(довідковий)

### Лінійна усадка деяких сплавів

Таблиця Д.1 – Значення лінійної усадки деяких сплавів

Сплав	Характеристика виливка		Усадка, %
	розмір	вагова група	
Чавуни: - сірі  - модифіковані і леговані - високолеговані - високоміцні - ковкі і білі	Дрібні	I	1,0...1,25
	Середні	II	0,75...1,0
	Крупні	III, IV	0,5...0,75
			1,0...1,25
			1,25...1,75
Сталі вуглецеві і малолеговані  - високолеговані	Дрібні	I	1,8...2,2
	Середні	II	1,6...2,1
	Крупні	III, IV	1,4...1,8
Бронзи: - олов'яні - безолов'яні і латуні  - алюмінієві			2,2...2,5
			1,0...1,2
	Дрібні	I	1,4...1,6
	Середні	II	1,0...1,4
	Крупні	III	0,8...1,2
Алюмінієві та магнієві сплави			1,2...1,8
	Дрібні	I	1,0...1,2
	Середні	II а, б	0,75...1,0
Мідні сплави	Крупні	II в, III	0,5...1,0
	Дрібні	I	1,5...1,8
	Середні	II а, б	1,0...1,5
	Крупні	II в	0,75...1,0

#### Примітки

1. Більші значення усадки відносяться до простих виливків з вільною усадкою, а менші - до складних з ускладненою усадкою.

2. Дрібні виливки мають максимальний габаритний розмір до 500мм, середні – 500-1500мм, крупні – більше 1500мм.

## Додаток Ж

(рекомендований)

### Керівні матеріали до вибору матеріалу модельного комплекту

Таблиця Е.1 – До вибору матеріалу модельного комплекту

Матеріал модельного комплекту	Тип виробництва	Характеристика розмірів модельного комплекту	Вагова група вилівка
<b>Р у ч н е ф о р м у в а н н я</b>			
Дерево	Одиничне, дрібносерійне	Дрібні, середні, крупні	I - IV
Алюміній	Середньосерійне, великосерійне, масове	Крупні	I - III
Свинцево-сурм'янисті	Дрібносерійне	Дрібні	I
Гіпс	Дрібносерійне	Дрібні, середні	I
Цемент	Середньосерійне	Середні	II
Пінополістирол	Одиничне, дрібносерійне	Дрібні, середні, крупні	I - IV
<b>М а ш и н н е ф о р м у в а н н я</b>			
Дерево	Одиничне, дрібносерійне	Дрібні, середні, крупні	I - IV
Алюміній	Середньосерійне, великосерійне, масове	Дрібні, середні, крупні	I - III
Чавун	Великосерійне	Дрібні, середні	I - II
Сталь	Великосерійне, масове	Дрібні	I
Бронза і латунь	Масове	Середні	I а, б
Гіпс	Дрібносерійне	Дрібні, середні	I
Цемент	Середньосерійне	Середні	II
Пластмаса	Середньосерійне, великосерійне, масове	Дрібні, середні	I-II
Пінополістирол	Одиничне, дрібносерійне	Дрібні	I - IV

Примітки:

1. Орієнтовні вартості виготовлення модельного комплекту з дерева, алюмінієвих сплавів, чавуну, сталі співвідносяться як 1 : 8 : 12 : 15.

2. Дрібні модельні комплекти мають максимальний габаритний розмір до 500мм, середні – 500-1500мм, крупні – більше 1500мм.

Кафедра технологій машинобудування і деревообробки