



ПРОЕКТУВАННЯ ЛИТОЇ ЗАГОТОВКИ

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни
«Проектування і виробництво заготовок»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
спеціальності 131 «Прикладна механіка» за освітньо-професійною
програмою «Технології машинобудування» всіх форм навчання

Обговорено і рекомендовано
на засіданні кафедри
технологій машинобудування
та деревообробки
протокол №10 від 15.04.2021 р.

Проектування литої заготовки. Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Проектування і виробництво заготовок» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 131 «Прикладна механіка» за освітньо-професійною програмою «Технології машинобудування» всіх форм навчання. – Чернігів: НУЧП, 2021.– 62с.

Укладач: САПОН СЕРГІЙ ПЕТРОВИЧ, кандидат технічних наук, доцент

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

Рецензент: ГущИН ОЛЕКСАНДР ВОЛОДИМИРОВИЧ, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри інноваційних технологій і управління Донбаської державної машинобудівної академії м. Краматорськ

© Сапон С.П.

© НУ«Чернігівська політехніка»

Зміст

Вступ	4
1 Загальні методичні вказівки	5
1.1 Індивідуальне завдання та організація виконання РГР	5
1.2 Вимоги до обсягу та оформлення РГР	6
1.2.1 Структура та зміст РГР	6
1.2.2 Титульний аркуш РГР	7
1.2.3 Вимоги до оформлення пояснювальної записки РГР	7
1.2.4 Складання переліку посилань	10
1.2.5 Вимоги до оформлення графічної частини РГР	11
1.2.6 Критерії оцінювання знань студентів при виконанні РГР	12
2 Методичні вказівки до виконання окремих розділів РГР	15
2.1 Визначення розрахункової маси виливка	15
2.2 Визначення типу виробництва і групи конструктивно-технологічної складності виливка	15
2.3 Вибір способу отримання виливка	16
2.4 Вибір положення виливка у формі	19
2.5 Аналіз технологічності деталі з точки зору отримання виливка	22
2.6 Визначення точності виливка	24
2.7 Призначення припусків та допусків на поверхні виливка	26
2.8 Призначення напусків та ливарних радіусів	30
2.9 Розробка кресленника виливка	31
2.10 Конструювання стрижня	33
2.11 Конструювання моделі	35
2.12 Конструювання разової ливарної форми	37
2.13 Розрахунок ливникової системи	41
2.13.1 Розрахунок ливникової системи для чавунних виливків	42
2.13.2 Розрахунок ливникової системи для виливків зі сталі	44
2.13.3 Розрахунок ливникової системи для виливків з кольорових сплавів	45
Рекомендована література	47
Додатки	51
Додаток А. Керівні матеріали для визначення типу виробництва	51
Додаток Б. Характеристика виливків за групами конструктивно-технологічної складності	52
Додаток В. Галузі раціонального застосування основних способів лиття	55
Додаток Г. Рекомендації по підвищенню технологічності конструкції виливка	51
Додаток Д. Радіуси заокруглень та спряження	58
Додаток Е. Лінійна усадка деяких сплавів	60
Додаток Ж. Рекомендації до вибору матеріалу модельного комплекту	61
Додаток К. Приклад оформлення титульного аркуша до РГР	62

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 вилівка, моделі, стрижня.

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

1 Загальні методичні вказівки

1.1 Індивідуальне завдання та організація виконання РГР

Вихідними даними до виконання розділу розрахунково-графічної роботи (РГР) «Проектування литої заготовки» є індивідуальне завдання.

В загальному випадку індивідуальним завданням є кресленик однієї або декількох деталей та величина партії деталей або тип виробництва. Кількість деталей та інші особливості індивідуального завдання кожен студент формує спільно з викладачем, залежно від оцінки на яку претендує при підсумковій атестації з дисципліни «Проектування і виробництво заготовок».

В окремих випадках індивідуальне завдання може бути запропоновано студентом особисто, але обов'язково має бути пов'язане з процесами виробництва або проектування заготовок. Зміст індивідуального завдання кожного студента обов'язково погоджується в викладачем.

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'ясувати на консультаціях.

З метою забезпечення ритмічного та поетапного виконання РГР проводяться рубіжні контролю 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 і, в разі виявлення порушення плану-графіка виконання розділів допомагає студенту виявити причини відставання та усунути їх.

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 може бути атестований з дисципліни «Проектування і виробництво заготовок».

1.2 Вимоги до обсягу та оформлення РГР

1.2.1 Структура та зміст РГР

Розділ РГР «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 Призначення припусків та допусків на поверхні виливка
 - 2.8 Призначення напусків та ливарних радіусів
 - 2.9 Розробка кресленика 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 (формат А4-А2);
- кресленик стрижня (при наявності стрижня);
- кресленик моделі (формат А4-А2).

Вказаний обсяг та зміст пояснювальної записки і графічної частини є мінімально обов'язковим для студентів, що претендують на мінімальну позитивну («задовільно» **60 балів**) підсумкову оцінку з дисципліни.

Обсяг пояснювальної записки та(або) графічної частини РГР студента, який претендує на оцінку **понад 60 балів** може бути додатково збільшений за бажанням студента, залежно від оцінки на яку він претендує при підсумковій атестації з дисципліни «Проектування і виробництво заготовок».

1.2.2 Титульний аркуш РГР

Титульний аркуш є першою сторінкою РГР, яка не нумерується.

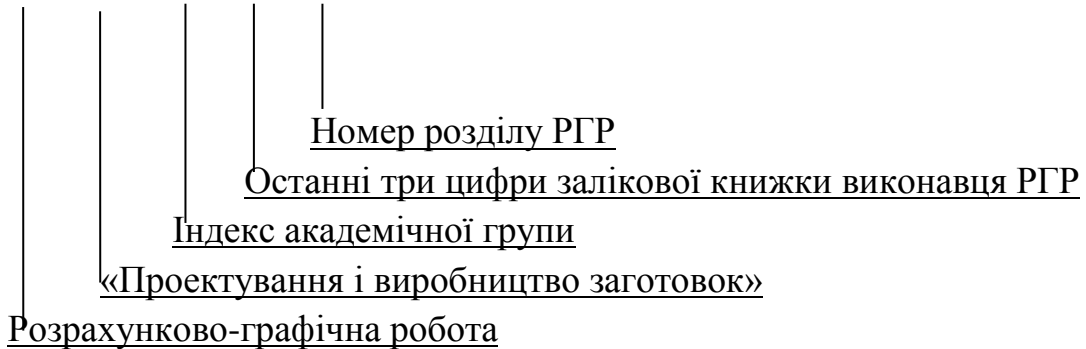
Титульний аркуш виконується за встановленим зразком, що наведений у додатку К.

1.2.3 Вимоги до оформлення пояснювальної записки РГР

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 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



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.

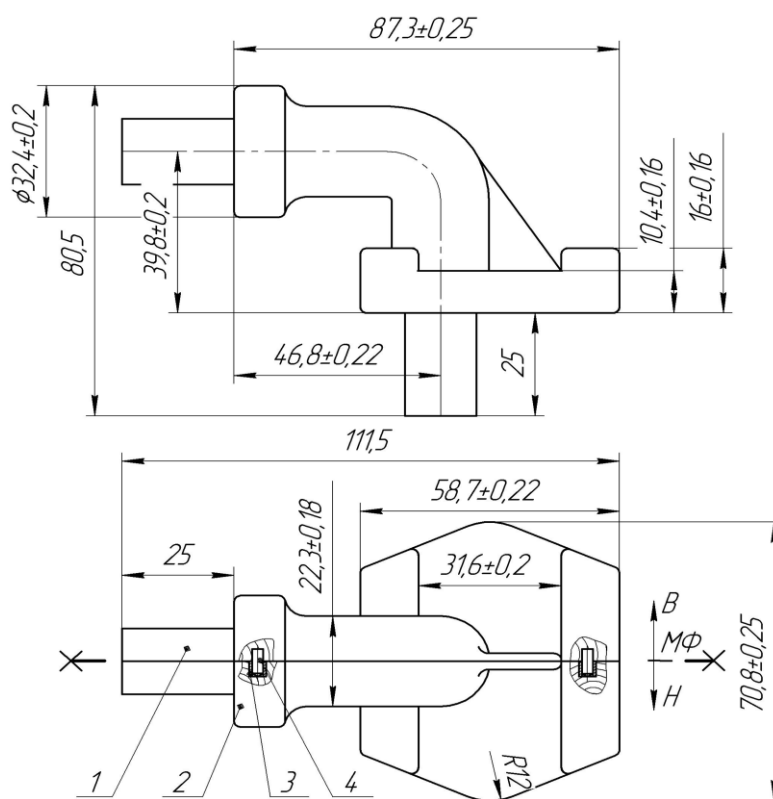
Матеріал ПЗ потрібно викладати коротко в логічній послідовності. В тексті повинні бути пояснення, розрахунки, ескізи, рисунки. **Не допускається** переписування з книг та інших інформаційних ресурсів відомих положень та інформації без відповідних посилань на їх номер у переліку посилань вміщений у квадратних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



1, 2 – напівмоделі, 3 – втулка, 4 – штифт

Рисунок 1.6 – Ескіз моделі вилівка

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 вилівка 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). Наприклад:

Таблиця 2.1 – Розміри і допуски моделі

<i>Розмір вилівка</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>

Якщо таблиця переноситься на іншу сторінку її позначають так: «Продовження таблиці 2.1». Наприклад:

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>

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

Методичні рекомендації до розрахунково-графічної роботи

повністю, наприклад «в таблиці 2.4». Вказане в повній мірі відноситься і до рисунків.

1.2.4 Складання переліку посилань

Посилання на літературні джерела та інформаційні ресурси наводять в кінці кожної лабораторної роботи 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.

Перелік посилань слід формувати у порядку їх появи у тексті або за абеткою.

Бібліографічний опис інформаційних 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».

Посилання на деякі основні літературні джерела рекомендовано оформлювати наступним чином:

Інформаційні інтернет-ресурси

Сандвик коромант [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/pages/default.aspx>

Методичні вказівки:

Сапон С.П. Проектування і виробництво заготовок. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 131 – Прикладна механіка всіх форм навчання. / С.П.Сапон – Чернігів: НУЧП, 2021. – 54с.

Книжки, навчальні посібники, підручники:

Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування: навч. посібник для студентів вищих технічних навчальних закладів / С.Г. Бондаренко. – Львів : Магнолія 2009. – 567 с.

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. – 254с.

Основы теории резания материалов: учебник [для высш. учебн. заведений] / Мазур Н.П., Внуков Ю.Н., Грабченко А.И. и др.; под общ. ред. Н.П. Мазура и А.И. Грабченко. – 2-е изд., перераб. и дополн. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2013. – 534 с.

Стандарти:

Кафедра технологій машинобудування і деревообробки

Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски: ГОСТ 7505-89.- [Введен в действие с 1990-07-01]. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 54с.

1.2.5 Вимоги до оформлення графічної частини РГР

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. Перевага віддається масштабу 1:1.

Специфічні вимоги до оформлення креслеників вилівка, моделі, стрижня 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 захаращений кресленик зайвими проєкціями та зображеннями?
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 розмірах?
6. Чи вказано шорсткість вилівка?
7. Чи правильно використано тип ліній при виконанні конструктивних елементів вилівка, 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 , вилівка, 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.

1.2.6 Критерії оцінювання знань студентів при виконанні РГР

Виконання частини РГР «Проектування литої заготовки» оцінюється за шкалою від **60 до 100 балів** залежно від обсягу індивідуального завдання, обраного кожним студентом індивідуально, та своєчасності виконання РГР.

Для отримання мінімальної кількості балів (**60 балів**) студент повинен виконати індивідуальне завдання мінімального (базового) рівня відповідно до змісту наведеного в п.1.2.1 та рекомендацій розділу 2 даних методичних вказівок.

Студент, який претендує на оцінку **понад 60 балів** за виконання частини РГР «Проектування литої заготовки», самостійно (залежно від оцінки, на яку претендує) додатково обирає кількість та вид індивідуальних завдань з нижче наведеного переліку в таблиці 1.1. Самостійно обрані індивідуальні завдання погоджуються з викладачем.

Таблиця 1.1 – Додаткові індивідуальні завдання

Вид робіт	Кількість балів
Обґрунтувати вибір способу отримання виливка на основі аналізу, систематизації і порівняння переваг та недоліків можливих способів отримання виливка. Порівняння переваг, недоліків ілюструвати графо-аналітичними способами (діаграми, графіки, таблиці тощо).	10
Обґрунтувати вибір положення лінії рознімання ливарної форми та/або моделі на основі аналізу, систематизації і порівняння переваг та недоліків можливих варіантів положення лінії рознімання. Порівняння переваг, недоліків ілюструвати графо-аналітичними способами (діаграми, графіки, таблиці тощо).	10
Розробити додатково кресленик виливка для іншої деталі	20
Розробити додатково кресленик виливка для тієї ж деталі, але отриманого іншим способом лиття	10
Розробити додатково кресленик або ескіз стрижня	5
Розробити додатково кресленик моделі виливка для іншої деталі	15
Розробити додатково кресленик моделі для одного виливка, але отриманого іншим способом лиття	10

Розробити додатково кресленик моделі виливка для заданої деталі, але модель має бути з іншого матеріалу	5
Розробити додатково кресленик моделі виливка для заданої деталі, але модель повинна мати іншу альтернативну конструкцію.	15

Продовження таблиці 1.1

Вид робіт	Кількість балів
Здійснити порівняння виливків для однієї деталі, але отриманих різними способами. Порівняння ілюструвати графо-аналітичними способами (діаграми, графіки, таблиці тощо).	10
Здійснити порівняння моделей для одного виливка, але отриманих різними способами, виготовлених з різних матеріалів, або іншої конструкції. Порівняння ілюструвати графо-аналітичними способами (діаграми, графіки, таблиці тощо).	10
Розробити ескіз або кресленик ливарної форми	20
Виконати розрахунок та проектування елементів ливникової системи	15

За бажанням, студент може додатково представити РГР у вигляді мультимедійної презентації обсягом 7-15 слайдів, за яку також додатково нараховуються заохочувальні рейтингові бали з розрахунку: **1 бал 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.

Своєчасність виконання частини РГР «Проектування литої заготовки» стимулюється за рахунок застосування коефіцієнта своєчасності K_{CB} , на який множиться кількість балів, отриманих студентом за виконання РГР. Значення коефіцієнта своєчасності наведено в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 – Значення коефіцієнта своєчасності K_{CB}

Період протягом якого виконано і захищено РГР	K_{CB}
Від 3 до 5 (включно) тижня від початку семестру	1,25
Від 6 до 8 (включно) тижня від початку семестру	1,0
Від 9 до 10 (включно) тижня від початку семестру	0,9
Від 11 до 12 (включно) тижня від початку семестру	0,8
Від 13 тижня від початку семестру до екзаменаційної консультації	0,6

Підсумкова кількість балів, отриманих студентом за виконання частини РГР «Проектування литої заготовки» визначається за формулою:

Кафедра технологій машинобудування і деревообробки

$$B_{РГР}^1 = B \cdot K_{CB} \quad (1.1)$$

де B – кількість балів, отриманих за виконання частини РГР.

K_{CB} – коефіцієнт своєчасності виконання частини РГР.

При виконанні РГР заохочується креативність та новизна технічних рішень, запропонованих особисто студентом. Креативність та новизна конструкторських та технологічних рішень мають бути обґрунтовані з обов'язковим аналізом аналогічних за призначенням конструкцій, методик розрахунку, схем тощо та викладені окремим пунктом в тому розділі РГР, до якого дане рішення відноситься. Наповнення цього пункту 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.

За кожне таке рішення **студент додатково отримує заохочувальні бали**. Бажану кількість заохочувальних балів визначає студент, обґрунтовуючи цінність та новизну запропонованих технічних рішень. Категорично не рекомендується занижувати оцінку (знецінювати) креативність та прагнення студента проявити свої здібності та бажання виконувати завдання нетрадиційно, з конструкторським або науково-дослідницьким ухилом.

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, при потребі - з консультативною допомогою викладача. Після виправлення помилок студент повторно подає РГР на перевірку викладачу. РГР, що містить помилки вважається не виконаною до тих пір, поки всі помилки не будуть виправлені.

2 Методичні вказівки до виконання окремих розділів РГР

2.1 Визначення розрахункової маси виливка

Орієнтовна розрахункова маса виливка визначається за формулою:

$$m_{\text{в}} = K_{\text{м.м}} \cdot m_{\text{д}}, \text{ кг} \quad (2.1)$$

де $K_{\text{м.м}}$ – коефіцієнт збільшення маси;

$m_{\text{д}}$ – 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 визначається 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 жорсткості, 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.

Послідовність виконання даного розділу РГР наступна:

- 1) Визначити за додатком А тип виробництва.
- 2) Визначити за додатком Б клас групи конструктивно-технологічної складності.

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. Для матеріалів, що володіють пониженими ливарними властивостями (низька рідкотекучість, висока схильність до усадки і т.п.), не рекомендовано застосовувати 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 ліквації.

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.

Послідовність виконання даного розділу РГР наступна:

- 1) Використовуючи довідкову, навчально-методичну літературу та рекомендації даного розділу визначити декілька можливих способів отримання виливка.
- 2) Вибрати найбільш прийнятний для даних умов спосіб лиття. Вибір логічно обґрунтувати поясненням у текстовій формі чому саме цей спосіб лиття було обрано для виготовлення заготовки даної деталі. Наприклад:

На основі здійсненого аналізу можливих способів лиття та з врахуванням типу виробництва, річної програми випуску та конструктивних особливостей деталі обираємо, як найбільш доцільний – спосіб лиття в піщано-глиняні форми по випалюваним моделям. Вибір цього способу отримання виливка пояснюється тим, що модель не потребує виймання з форми. Це дозволить уникнути складнощів, пов'язаних з виготовленням від'ємних частин моделі

- 3) Навести коротку характеристику обраному методу отримання вихідної заготовки.

2.4 Вибір положення виливка у формі

Деякі способи лиття передбачають виготовлення виливка у роз'ємних ливарних формах. В такому випадку, в цьому пункті необхідно призначити площину (площини) рознімання ливарної форми з урахуванням основних правил конструювання виливків і вимог до технології виготовлення. Також потрібно визначити положення виливка у формі при заливанні розплаву, кількість внутрішніх та зовнішніх стрижнів, їх конфігурацію.

Вибір положення виливка у ливарній 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) виливок по можливості необхідно розташовувати в одній напівформі, краще в нижній;
- 3) масивні та відповідальні частини виливка розміщують у нижній частині ливарної форми, в крайньому разі – вертикально;
- 4) виливок 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;
- б) виливок у роз'ємних ливарних формах бажано розміщувати так, щоб максимальний габаритний розмір не перетинав площину рознімання;

- 7) розташування виливка у ливарній формі багаторазового використання повинно забезпечувати простоту рознімання форми та видалення з неї виливка;
- 8) модель для виготовлення виливка 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) тонкостінні елементи виливків бажано розташовувати вертикально або з ухилом, щоб забезпечити краще відведення з них газів;
- 12) при інших рівнозначних умовах заготовки у ливарній формі рекомендується розташовувати так, щоб забезпечити вертикальне відведення газів зі стрижнів;
- 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 стінки, 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.

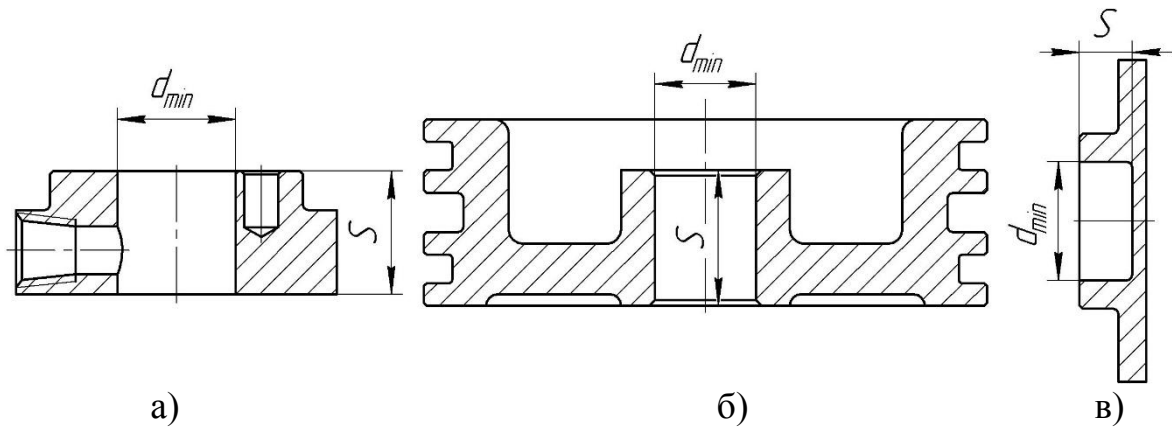


Рисунок 2.1 – До визначення мінімального діаметру отвору виливка

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

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

Якщо вказаний на кресленику 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 обгрунтувавши вибране її положення або логічно обгрунтувати, чому форма не має лінії рознімання.

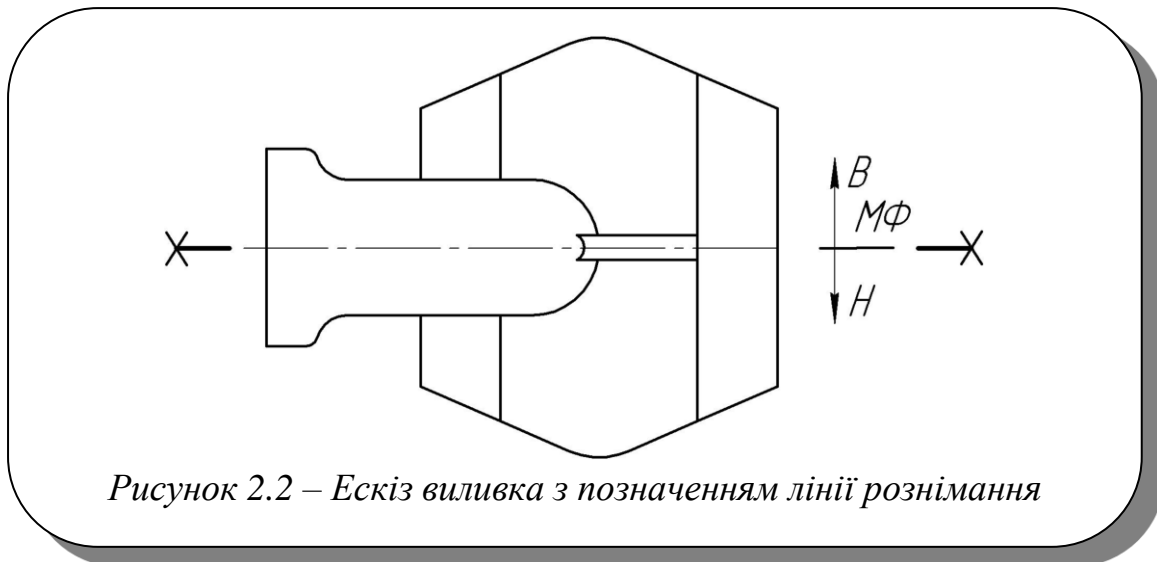
Послідовність виконання даного розділу РГР наступна:

- 1) Використовуючи довідкову, навчально-методичну літературу та рекомендації даного розділу вибрати положення виливка у формі (площину рознімання ливарної форми). Вибір положення лінії рознімання логічно обгрунтувати поясненням у текстовій формі. При цьому потрібно навести мінімум 3 аргументи на користь вибраного положення виливка у ливарній формі. Наприклад:

Вибране положення виливка в ливарній формі є найбільш раціональним, оскільки дозволяє забезпечити:

- розміщення виливка, при якому максимальний габаритний розмір буде розташований у горизонтальній площині;
- вільне виймання моделі з форми, не руйнуючи останню;
- розташування найбільш відповідальних частин виливка у нижній частині ливарної форми.

- 2) Навести ескіз виливка з позначенням положення лінії рознімання ливарної форми.



3) Визначити доцільність та можливість отримання отворів литтям.

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 кресленика 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 вилівка 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 вилівка (отвори, ухили, радіуси скруглень тощо) бажано уніфікувати з метою застосування мінімальної кількості інструментів при виготовленні ливарної форми, елементів модельного комплексу або ливарного оснащення;

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

4) конструкція вилівка 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 виливків 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 виливків, 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.

В даному розділі РГР необхідно проаналізувати конструкцію деталі 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 виливків наведені в додатку Г.

2.6 Визначення точності вилівка

Для розробки кресленика вилівка 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 вилівка необхідно визначити *точність вилівка*. Точність вилівка визначається нормами точності: клас розмірної точності, ступінь жолоблення, ступінь точності поверхонь, клас точності вилівка по масі, допустима величина зміщення вилівка по площині рознімання. Наведені норми точності встановлюють за стандартом [5].

Клас розмірної точності вилівка 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 вилівка призначається за стандартом [5, таблиця 10] залежно від відношення найменшого розміру елемента вилівка до найбільшого (товщини або висоти до довжини елемента вилівка). 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].

Для способів лиття, в яких ливарна форма є роз'ємною визначити допустиму величину зміщення виливка по площині рознімання форми. Величина допуску визначається за таблицею 1 стандарту [5] за номінальним розміром найтоншої стінки виливка, яку перетинає площина 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.

Послідовність виконання даного розділу РГР наступна:

- 1) Вибирати для лиття в разові форми властивості формувальної суміші.
- 2) Визначити за стандартом [5, таблиця 9] клас розмірної точності.
- 3) Визначити за стандартом [5, таблиця 10] ступінь жолоблення.
- 4) Визначити за стандартом [5, таблиця 11] ступінь точності поверхонь.
- 5) Визначити за стандартом [5, таблиця 13] клас точності виливка по масі.
- 6) Визначити за стандартом [5, таблиця 1], допустиму величину зміщення виливка по площині рознімання (при необхідності).
- 7) Сформулювати точність виливка, яка буде вказана в технічних вимогах на кресленику виливка.

- 8) За стандартом [5, таблиця 12] залежно від ступеня точності поверхонь призначити шорсткість поверхонь виливка.
- 9) Призначити ряд припусків на обробку за стандартом [5, таблиця 14] для вибраного ступеня точності поверхонь виливка.

2.7 Призначення припусків та допусків на поверхні виливка

Припуск на обробку поверхонь, величину допусків на ці поверхні призначають для розробки кресленика виливка. 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 за таблицею 1 стандарту [5] визначають допуски на відповідні лінійні та діаметральні розміри елементів виливка. 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 відносного 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 більш точне 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 таблицею 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 виливка на відповідні діаметри або відстані між протилежними оброблюваними поверхнями виливка. Проте на кресленіку виливка проставляється повний загальний допуск.

Розрахунковий розмір виливка 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 виливка дозволяється здійснювати округлення розрахункового розміру виливка до найближчого цілого числа. Так само можна здійснювати округлення розрахункових розмірів поверхонь виливка, отриманих з використанням піщаних стрижнів у формах багаторазового використання. При округленні розмірів обов'язково необхідно врахувати тип розміру: охоплюючий (отвір) або охоплюваний (вал).

Послідовність виконання даного розділу РГР наступна:

- 1) Вибирати для всіх поверхонь виливка за стандартом [5, таблиця 1] допуски на лінійні та діаметральні розміри.
- 2) Для поверхонь, які мають вимоги по точності форми та розташування за стандартом [5, таблиця 2] залежно від ступеня жолоблення призначити відповідні допуски форми і розташування поверхонь виливка.
- 3) За стандартом [5, таблиця 16] визначити загальні допуски елементів виливка, що враховують спільний вплив допуску розміру і допусків форми або розташування поверхні.
- 4) Для всіх оброблюваних поверхонь визначити за формулою (2.3) співвідношення допусків розмірів поверхонь деталі та виливка. Для необроблюваних поверхонь це співвідношення визначати не потрібно.
- 5) Для поверхонь, що мають допуски форми та розташування визначити за формулою (2.4) співвідношення допусків форми та розташування поверхонь деталі та виливка.
- 6) За співвідношенням допусків розмірів поверхонь деталі та виливка визначити за стандартом [5, таблиця 7] вид остаточної механічної обробки для поверхонь, що не мають допусків точності форми та відносного розташування.
- 7) За стандартом [5, таблиця 8] визначити вид остаточної обробки для поверхонь, які мають вимоги по точності форми та розташування.
- 8) За стандартом [5, таблиця 6] призначити загальний припуск на сторону для кожної оброблюваної поверхні.
- 9) Всі попередньо визначені параметри занести до таблиці 2.1, яку на аркуші рекомендовано розташовувати горизонтально (рисунок 2.3).

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		

Таблиця 1.1 – Визначення допусків, припусків для лінійних розмірів вилівка

Розмір деталі, мм	Допуск розміру вилівка, мм	Співвідношення допусків деталі і вилівка	Допуск форми або розташування поверхні, мм		Співвідношення допусків деталі і 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			
12 _{-0,11} мм	1,1	0,1	-	-	-	1,1	чистова	1,8	2,0	13,8±0,55	14±0,55	
18 _{-0,11} мм	1,2	0,09	-	-	-	1,2	чистова	1,9	2,0	19,9±0,6	20±0,6	
64 _{-0,1} 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 _{-0,2} 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 _{-0,25} мм	2,0	0,125	-	-	-	2,0	напівчистова	2,4	2,5	Ø144,8±1,2	Ø145±1,2	
40 _{-0,25} 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 _{-0,22} мм	2,0	0,11	-	-	-	2,0	напівчистова	2,4	2,5	114,8±1,0	115±1,0	
Ø30H8(^{+0,053})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 ^{+0,03} 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 ^{-0,15} 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 ^{+2,0}	Ø125 ^{+2,0}
Ø40мм	1,4		Не оброблюється								Ø40 _{-1,4}	Ø40 _{-1,4}
50±0,03мм	1,6		Міжосова відтань								50±0,8	50±0,8
130мм	2,0		Не оброблюється								130 _{-2,0}	130 _{-2,0}
9мм	1,0		Не оброблюється								9 _{-1,0}	9 _{-1,0}

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

- 10) Визначити розрахункові розміри вилівка.
- 11) Відкоригувати розрахункові розміри вилівка відповідно до особливостей вибраного способу лиття, конструкції вилівка та типу виробництва.

2.8 Призначення напусків та ливарних радіусів

На тих частинах виливка, де складно або технологічно неможливо одержати отвори, западини, порожнини, або наявність вказаних елементів перешкоджає вільному видаленню моделі виливка з разової ливарної форми або готового виливка 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).

Формувальні ухили є також технологічними напусками і 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 комплекту 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.

Послідовність виконання даного розділу РГР наступна:

- 1) Визначити поверхні, на які потрібно призначити формувальні ухили.
- 2) Визначити за стандартом [6, таблиці 1, 2, 3] величини формувальних ухилів.
- 3) Призначити радіуси заокруглень.

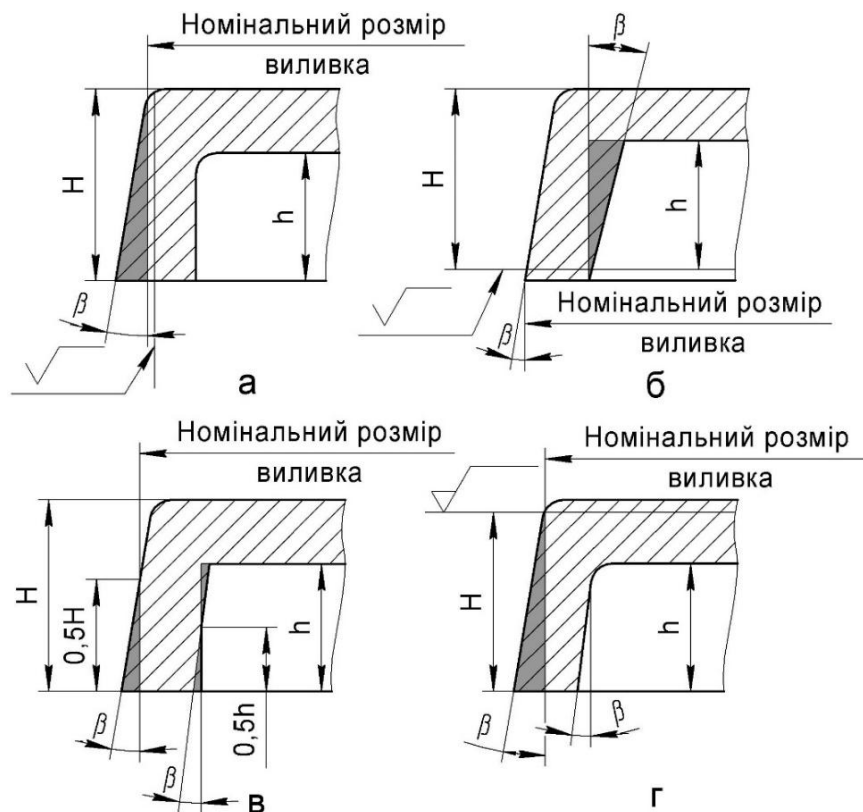


Рисунок 2.4 – Формувальні ухили (показано сірим кольором)

2.9 Розробка кресленика виливка

Кресленик литої заготовки виконується відповідно до вимог ЄСКД, технічного креслення та стандарту [7]. Він повинен містити всі дані, необхідні для виготовлення, контролю і приймання виливка:

- обов'язково необхідно проставити розміри з допусками, відобразити напуски, припуски, формувальні 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 розрахунком, щоб розмірні ланцюги були коротшими, а замикаючими ланками були розміри, до точності яких не висуваються високі вимоги.

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

1. Вимоги до матеріалу виливка або відомості про його замітник.
2. Вказівки щодо виду термічної обробки, встановлені межі твердості.

Кафедра технологій машинобудування і деревообробки

3. Не вказані на кресленнику радіуси заокруглень, формувальні ухили.
4. Допустиме зміщення опок (найчастіше вказується на креслениках 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 виливка.

Приклад оформлення кресленника виливка наведено на рисунку 2.5.

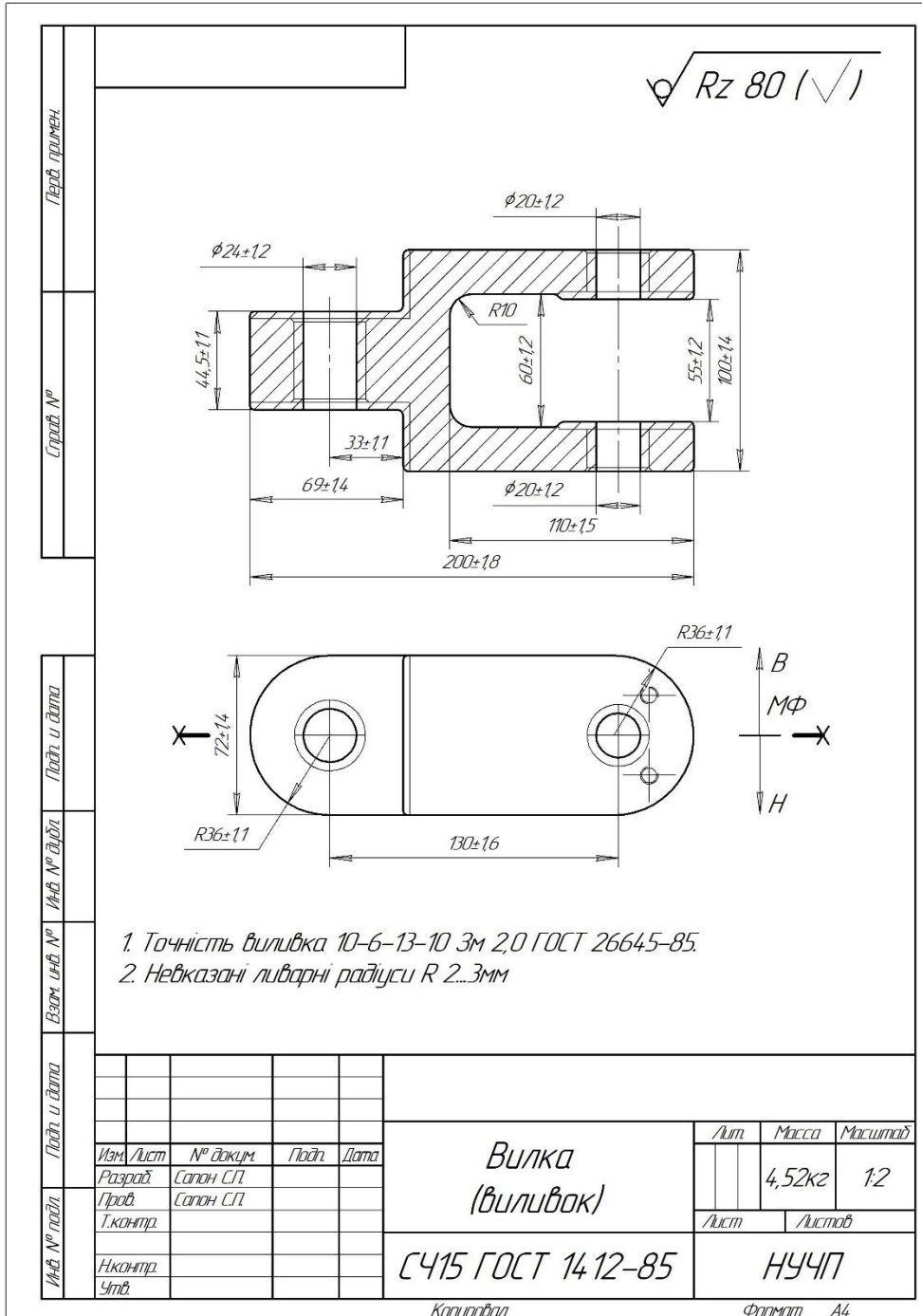


Рисунок 2.5 – Приклад оформлення кресленника виливка

2.10 Конструювання стрижня

Розміри формуючої 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 формуючої 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 2.6, б), а якщо такі стрижні встановлюються вертикально, то знакові частини – конічні (рисунок 2.6, в).

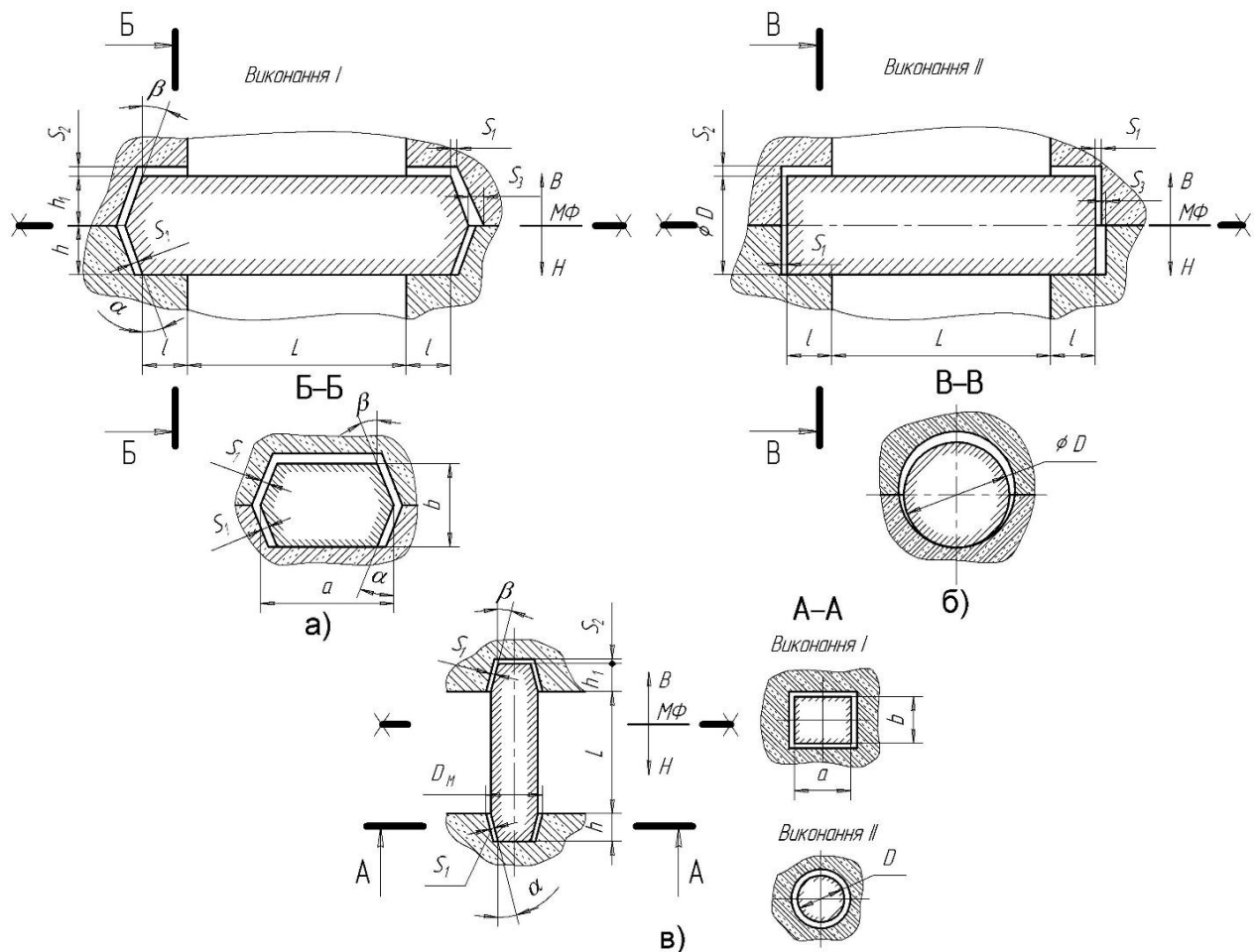


Рисунок 2.6 – Ескізи ливарних стрижнів: а, б – горизонтальні стрижні, в – вертикальний стрижень

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.

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 α і β .

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 2.6) 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 комплексу, габарити стрижня і вид формування. Клас точності модельного комплексу визначають у відповідності до класу розмірної точності вилівка визначити за стандартом [6, таблиця 15].

Послідовність виконання даного розділу РГР наступна:

- 1) Визначити розміри формоутворюючої частини стрижня згідно прийнятих розмірів отвору або порожнини вилівка.
- 2) Залежно від положення стрижня в ливарній формі призначити тип стрижневого знаку (горизонтальний або вертикальний).
- 3) Залежно від розмірів формоутворюючої частини стрижня за стандартом [6] визначити розміри стрижневих знаків.
- 4) Визначити за стандартом [6, таблиця 8] величину ухилів на знакових частинах стрижня.
- 5) У відповідності до класу розмірної точності вилівка визначити за стандартом [6, таблиця 15] клас точності модельного комплексу.
- 6) За стандартом [6, таблиці 9-12] 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].
- 7) Виконати кресленик стрижня з вказанням лінії рознімання форми і всіх визначених в п. 1, 3, 4, 6 конструктивних елементів. Виконуючи

кресленик стрижня необхідно вказати положення лінії рознімання форми та всі визначені вище конструктивні елементи (рисунок 2.7).

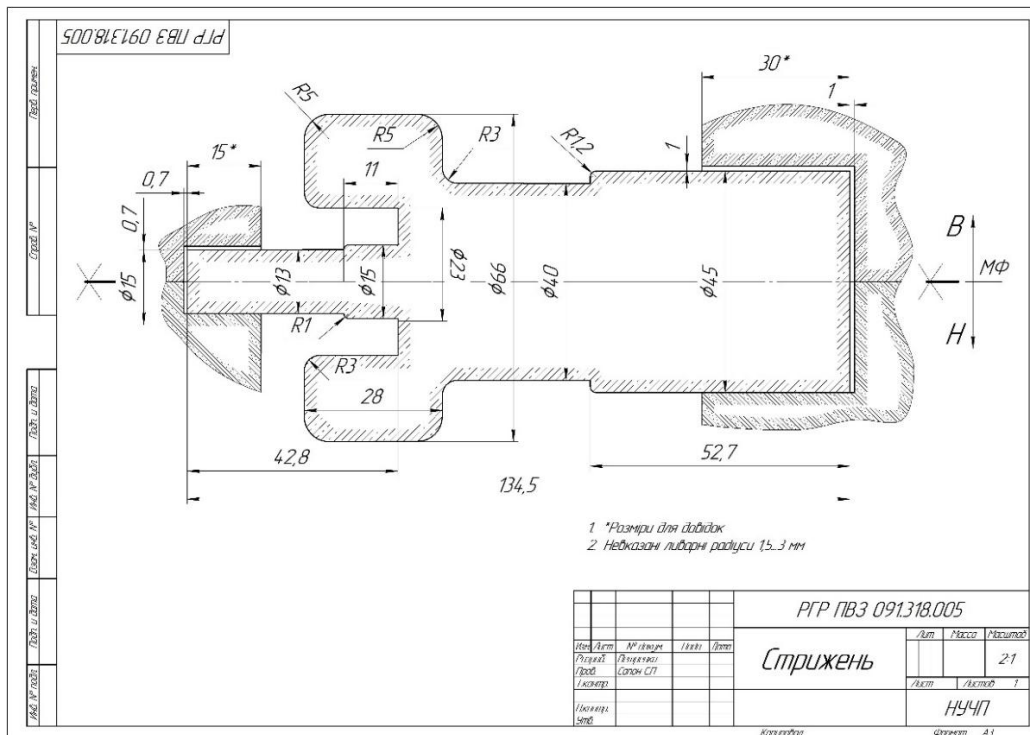


Рисунок 2.7 – Приклад оформлення кресленика стрижня

2.11 Конструювання моделі

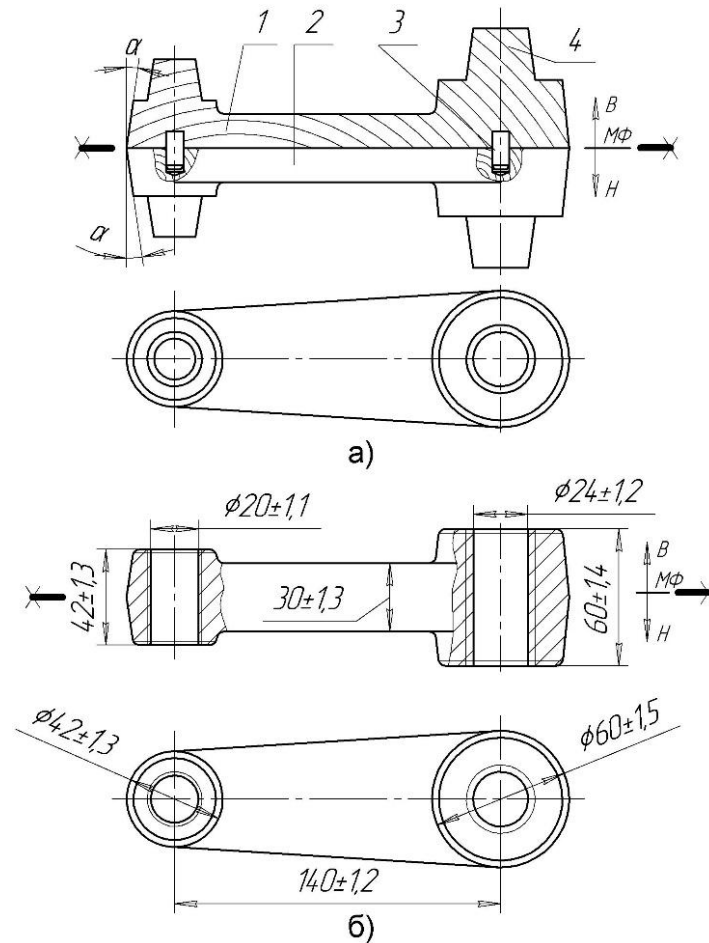
Залежно від способу лиття моделі виливків можуть бути разовими або багатократного використання. Разові моделі виливків бувають витоплювані, розчинні або випалювані (газифіковані). Моделі багатократного використання виготовляють з дерева, пластмаси, гіпсу, металу та переважно застосовують при виготовленні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

Клас точності модельного комплексу призначається в залежності від

класу розмірної точності вилівка за стандартом [6, таблиця 15]. Приклад позначення точності дерев'яного модельного комплекту для вилівка 13 класу розмірної точності: *Точність МК 8 – дерево ГОСТ 3212-92.*



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

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

Розміри модельного комплекту збільшуються в порівнянні з розмірами вилівка 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 вилівка. 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 комплекту наведені в стандарті [6, таблиця 14].

Послідовність виконання даного розділу РГР наступна:

- 1) Використовуючи рекомендації додатка Ж вибрати матеріал модельного комплекту.
- 2) Згідно кресленика вилівка визначити лінійні розміри моделі з врахуванням лінійної усадки сплаву, величина якої наведена в додатку Е.
- 3) При наявності знакових частин моделі, визначити їх, збільшивши в порівнянні із знаковими частинами стрижнів на величину технологічних зазорів.
- 4) У відповідності до класу точності модельного комплекту вилівка за стандартом [6, таблиця 14] визначити допуски розмірів моделі вилівка. Визначення розмірів модельного комплекту і допусків на них навести у вигляді таблиці 2.2

Таблиця 2.2 – Визначення розмірів модельного комплекту

Номинальний 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

- 5) Призначити формувальні ухили поверхонь модельного комплекту.

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.

2.12 Конструювання разової ливарної форми

Конструкція разової ливарної форми визначає кількість вилівоків, які одночасно виготовляються в опоках, площину рознімання форми, тип ливникової системи, положення форми при заливанні розплаву, наявність стрижнів тощо. Вибирається найдоцільніше формування в опоках. Враховуючи розміри модельного комплекту і рекомендації таблиці 2.3 визначають кількість вилівоків, які одночасно виготовляються, вибирають тип і розміри опок згідно стандарту [9].

Таблиця 2.3 – Рекомендовані товщини шару формувальної суміші на різних ділянках форм

Тип форми	Товщина шару суміші, мм				
	від моделі до стінок опоки	від моделі до верха форми	від моделі до низу форми	між моделями	
				для нижньої напівформи	для верхньої напівформи

Методичні рекомендації до розрахунково-графічної роботи

<u>Сирі</u> дрібні середні	20-30 50-75	35-60 75-100	50-75 100-125	1/3 висоти моделі в напівформі	1/2 висоти моделі в напівформі
<u>Сухі</u> дрібні середні крупні	50-75 75-125 125-200	75-100 100-150 150-250	75-100 100-150 150-250	-	75-125 75-125 -

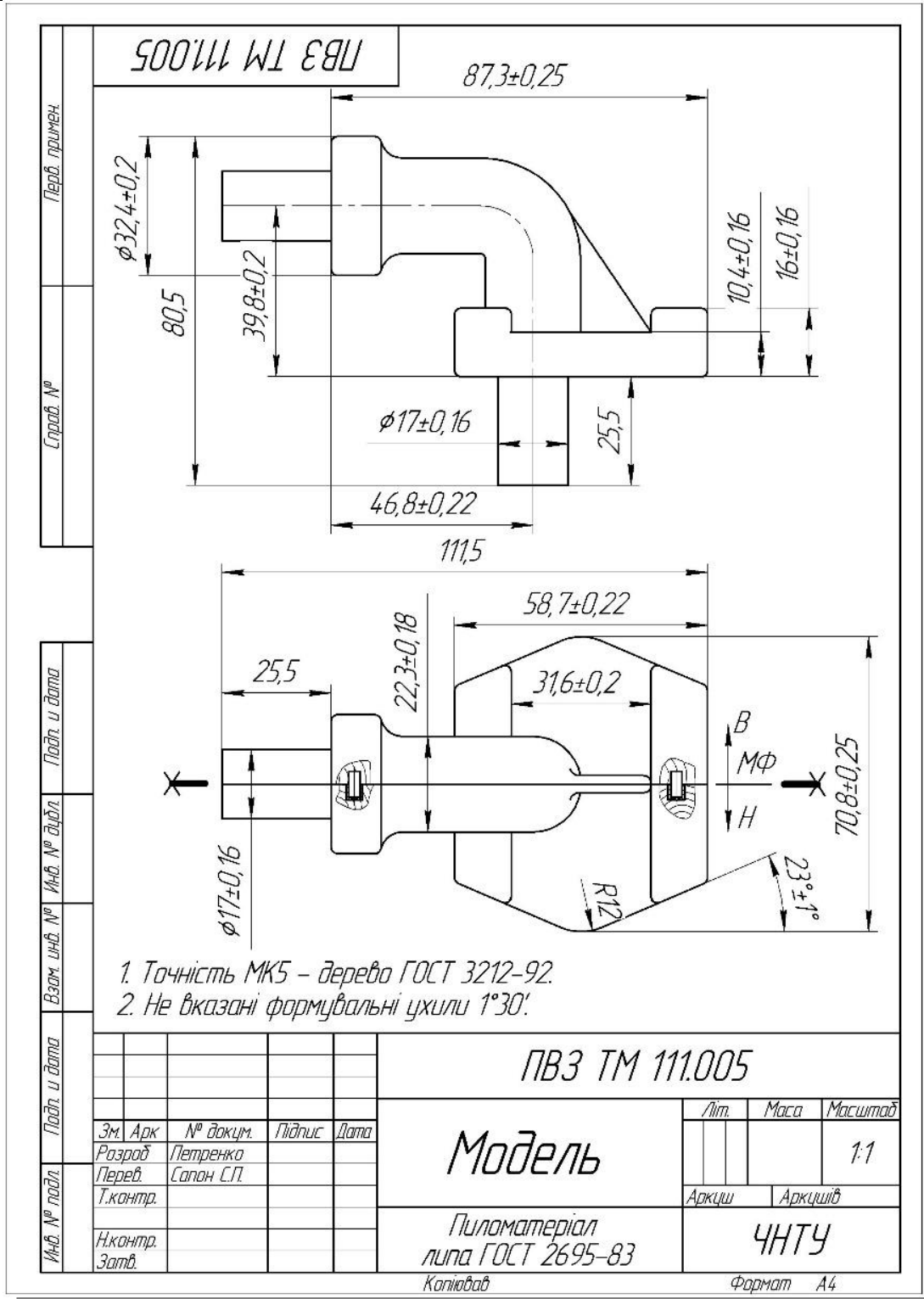


Рисунок 2.10 – Приклад виконання кресленика моделі
Кафедра технологій машинобудування і деревообробки

За основну розрахункову величину для конструктивних елементів опок всіх типів приймають середній розмір на світу: l – довжина опоки; B – ширина опоки. Основні розміри опок повинні відповідати вказаним у стандарті [9, таблиці 3, 4]. Відстань між осями центрових отворів під штирі в опоках вибирається зі стандарту [9, таблиця 5].

2.13 Розрахунок ливникової системи

Ливниковою системою називають сукупність елементів ливарної форми у вигляді каналів і порожнин, призначених для підведення розплаву в форму, її заповнення і живлення виливка під час затвердіння [10].

Ливникова система повинна відповідати наступним вимогам:

- забезпечувати заповнення форми розплавом за встановлений час;
- сприяти дотриманню принципу спрямованого затвердіння;
- підводити метал в порожнину ливарної форми з малою лінійною швидкістю для запобігання руйнування (розмивання) частин форми і завихрення металу при його русі;
- перешкоджати попаданню разом з розплавом повітря в стояк при заливанні металу в ливникову чашу;
- затримувати шлак та інші неметалеві домішки;
- створювати оптимальний тепловий режим форми, сприяти отриманню якісних виливків (щільних, без тріщин, пригару і т.ін.);
- не ускладнювати усадку розплаву;
- забезпечувати зручність формовки;
- ливникова чаша, живильники та інші елементи ливникової форми повинні мати мінімально допустимі розміри;
- легко відділятися від виливка, без ушкоджень останнього.

Модель і ливникову систему слід розташовувати у формі так, щоб забезпечити якісне заповнення її рідким металом з належною швидкістю і без руйнування. При виборі місця підводу розплаву необхідно враховувати наступні вимоги:

1) Підведення металу повинно забезпечувати плавний, безударний рух по порожнині форми.

2) Підведення металу слід робити в місцях, які в подальшому підлягають механічній обробці.

3) Не слід підводити метал близько до дрібних стрижнів.

4) Потрібно враховувати принцип спрямованого затвердіння.

В залежності від положення форми при заливанні розплаву і особливостей виливка вибирається тип ливникової системи (горизонтальна, горизонтальна з елементами гальмування і живлення, вертикальна (ярусна або дощова), верхня, нижня (сифонна), бічна).

За співвідношенням площин поперечного перерізу основних елементів ливникової системи поділяються на *закриті* – площа поперечного перерізу основних елементів послідовно зменшується від стояка до живильника і на *відкриті* – площа поперечного перерізу основних елементів збільшується. В

першому випадку створюються сприятливі умови для видалення неметалевих домішок, але розплав надходить в порожнину з підвищеною швидкістю.

Відкриту ливникову систему застосовують при виготовленні виливків зі сплавів, що легко окислюються (сталь, алюміній та інш.) та великих литих заготовок. Для відділення шлаків у відкриту ливникову систему встановлюють фільтрувальні сітки або розплав в форму заливають зі стопорних ковшів [10 с.167].

Розрахунок ливникової системи заснований на застосуванні рівнянь гідравліки для ідеальних рідин, що течуть в газонепроникних каналах. Оскільки рідкий метал не є ідеальною рідиною, а ливарна форма газопроникна, то при розрахунках додатково застосовують дослідно-експериментальні дані. В загальному випадку розрахунок ливникової системи зводиться до розрахунку поперечного перерізу найвужчого місця елемента ливникової системи (як правило живильника) з подальшим визначенням поперечних перерізів всіх інших елементів.

Розрахунки ливникової системи для різних типів розплаву мають деякі відмінності, тому далі окремо наведено послідовність розрахунку для кожного типу розплаву.

2.13.1 Розрахунок ливникової системи для чавунних виливків

Розрахунок ливникової системи полягає у визначенні найменшої площі поперечного перерізу її елемента (живильника) за формулою:

$$\sum F_{жс} = \frac{M}{\rho \cdot t \cdot V}, \text{ см}^2, \quad (2.5)$$

де тут і далі M – маса виливків разом з ливниковою системою, г;

ρ – щільність рідкого металу, г/см³ (для чавуну $\rho = 7,0$ г/см³);

t – час заповнення форми, с;

V – швидкість течії розплаву (заповнення), см/с.

Час заповнення форми визначається за формулою:

$$t = S \cdot \sqrt{M}, \text{ с}, \quad (2.6)$$

де тут і далі S – коефіцієнт товщини стінки виливка.

Коефіцієнт S для чавунних виливків слід приймати в залежності від товщини стінок виливка за таблицею 2.4.

Таблиця 2.4 – Значення коефіцієнту товщини стінки виливка S

Товщина стінок, мм	До 10	11-20	21-40	>40
Коефіцієнт S	1,0	1,3	1,5	1,7

Швидкість заповнення визначається за величиною натиску розплаву:

$$V = \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_p}, \text{ см/с}, \quad (2.7)$$

де тут і далі μ – коефіцієнт витрат металу, для тонкостінних складних виливків $\mu=0,3 \div 0,5$; для крупних виливків, зі стінками великої товщини $\mu=0,7 \div 0,9$.

g – прискорення вільного падіння, $g=9,81 \text{ м/с}^2 = 981 \text{ см/с}^2$;

H_p – розрахунковий статичний тиск розплаву:

$$H_p = H_0 - \frac{P^2}{2 \cdot C}, \text{ см}, \quad (2.8)$$

де H_0 – напор металу (висота стояка), см; (див. Рисунок 2.12)

C – загальна висота виливка, см;

P – висота виливка, вище місця підведення розплаву, см.

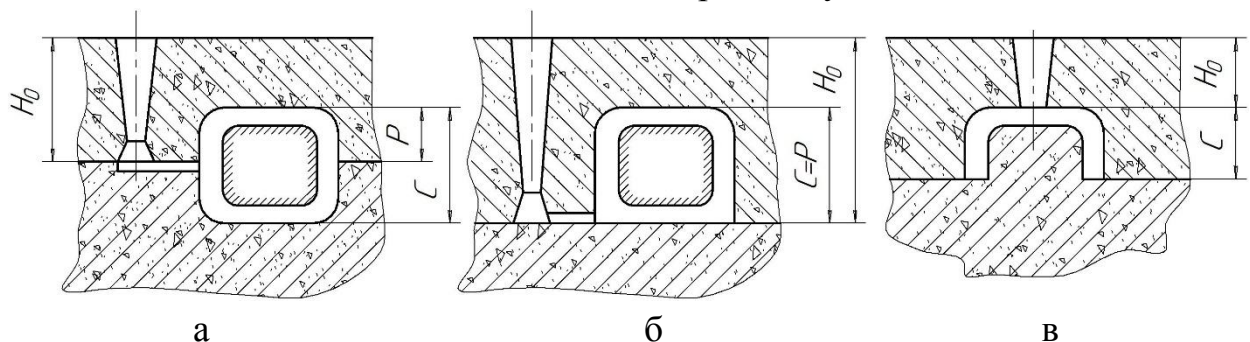


Рисунок 2.12 – Схема для визначення розрахункового статичного тиску розплаву H_p при різному підведенні металу в порожнину форми: а – по роз'єму, б – знизу (сифонне заливання), в – зверху

Для сифонного заливання (рисунок 2.12, б) $P=C$, тому:

$$H_p = H_0 - \frac{C}{2}, \text{ см} \quad (2.9)$$

При заливанні зверху (рисунок 2.12, в) $P=0$, тому:

$$H_p = H_0, \text{ см} \quad (2.10)$$

Площі поперечних перерізів інших елементів ливникової системи знаходяться за співвідношеннями наведеними в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Співвідношення між площами поперечних перерізів елементів ливникової системи в залежності від типу чавунного виливка

Тип виливка	F _ж : F _ш : F _с
Дрібний	1,0 : 1,05 : 1,1
Середній	1,0 : 1,1 : 1,2
Великий	1,1 : 1,2 : 1,3

Примітка. F_ж - площа поперечного перерізу живильника, см²;

F_ш – площа поперечного перерізу шлаковловлювача, см²;

F_с - площа поперечного перерізу стояка, см².

Вибираються форми поперечних перерізів стояка, живильника, шлаковловлювача, визначаються їх розміри та площа поперечного перерізу.

2.13.2 Розрахунок ливникової системи для виливків зі сталі

Ливарні властивості сталей значно гірші, ніж чавуну. Для забезпечення якісного заповнення форми розплавом живильник слід підводити таким чином: до дрібних і середніх – по площині рознімання форми або згори; до середніх і великих – знизу.

Сумарний переріз живильників для сталевих виливків визначається за формулою:

$$\sum F_{жс} = \frac{M}{t \cdot l \cdot K_y}, \text{ см}, \quad (2.11)$$

де l – коефіцієнт рідкотекучості:

для вуглецевих сталей $l = 0,85$;

для низьколегованих сталей $l = 1,0$;

для легованих сталей $l = 1,15$.

K_y – питома швидкість заливання, кг/(см³·с), визначається в залежності від щільності металу за таблицею 2.6.

Таблиця 2.6 – Питома швидкість заливання

	Питома швидкість заливання K_y , кг/(см ³ ·с) при щільності металу виливка ρ , кг/дм ³						
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	>6
Сирі форми	0,6	0,65	0,70	0,75	0,80	0,90	0,95
Сухі форми	0,78	0,85	0,91	0,98	1,04	1,17	1,24

Час заливання розплаву визначають за формулою:

$$t = S \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot M}, c, \quad (2.12)$$

де δ – середня товщина стінки виливка, мм;

Коефіцієнт S для сталевих виливків, залежить від товщини стінки, маси, конфігурації виливка, а також матеріалу форми $S=1,4 - 1,6$.

Отримане значення часу заливання перевіряють по швидкості заповнення форми за формулою:

$$V = \frac{C}{t}, \text{ см/с}, \quad (2.13)$$

де C – висота виливка (див. рисунок 2.12), см.

Отримане значення швидкості заповнення форми повинно відповідати залежності наведеній в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Залежність швидкості заповнення форми від товщини стінок виливка

Товщина стінок, δ , мм	Швидкість заповнення, V , см/с
7...10	$V \geq 20$
10...40	$V > 10$
> 40	$V = 8$

Площі поперечних перерізів інших елементів ливникової системи для виливків зі сталі визначають із співвідношення: $\Sigma F_{ж} : F_{ш} : F_c = 1 : 1,1 : 1,2$.

2.13.3 Розрахунок ливникової системи для виливків з кольорових сплавів

Ливникова система виливків з мідних сплавів повинна задовольняти таким вимогам: розплав до форми слід подавати спокійно, без розбризкування. Різниця температур в різних точках виливка повинна бути мінімальною. Форма повинна добре заповнюватися рідким металом. Газ, що утворюється на границі рідкий метал-форма, не повинен попадати у виливок.

Сумарний переріз живильників для виливків з мідних сплавів:

$$\Sigma F_{ж} = \frac{M}{\mu \cdot t \cdot \rho \cdot \sqrt{2gH_p}} \quad (2.14)$$

Коефіцієнт витрат металу μ для виливків з мідних сплавів має значення:

- для тонкостінних виливків $\mu=0,3 \div 0,4$;
- для товстостінних $\mu=0,7 \div 0,8$.

Час заповнення форми t , визначається за формулою (2.12). При цьому коефіцієнт товщини стінок S у формулі (2.12) для виливків з бронзи має значення: $S = 2,0-2,1$, якщо кількість одночасно отриманих виливків у формі не більше 4-х. Якщо кількість виливків у формі більше 4-х, то $S=2,5-2,8$. Для латуні $S=1,9$.

Щільність рідкого металу γ для деяких кольорових сплавів:

- для алюмінієвих сплавів $\gamma = 2,5 \text{ г/см}^3$
- для олов'яних бронз $\gamma = 8,8 \text{ г/см}^3$
- для безолов'яних бронз $\gamma = 8,0 \text{ г/см}^3$
- для латуней $\gamma = 8,4 \text{ г/см}^3$

Розрахунковий статичний тиск розплаву H_p визначається за формулою 2.8.

Співвідношення елементів ливникової системи для виливків з кольорових сплавів:

бронза - $F_{ж} : F_{ш} : F_c = 3 : 2 : 1,2$

латунь - $F_{ж} : F_{ш} : F_c = 1 : 1,3 : 1,6$.

Для виготовлення виливків з алюмінію використовують ливникову систему, яка розширюється, тому що сплави алюмінію легко окислюються. Ливникову систему для дрібних і середніх виливків рекомендують вибирати з нижнім підведенням, для середніх тонкостінних – вертикально-щілинну. Найменший переріз елемента ливникової системи розраховується аналогічно, як для виливків з мідних сплавів.

При розрахунках часу заливання коефіцієнт товщини стінок для виливків з алюмінієвих сплавів приймають з таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Залежність коефіцієнта S від товщини стінок виливків з алюмінієвих сплавів

δ , мм	До 6	7-10	11-15	16-20	21-40	41-60
S	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	3,0

Рекомендовані співвідношення між елементами ливникової системи для виливків з алюмінієвих сплавів : $F_{ст} : F_{ш} : F_{жив} = 1 : 1,5 : 3,0$

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. Сулова Т.1 / [А.М. Дальский и др.]. – М.: Машиностроение-1, 2001 – 912с.
9. Опоки литейные. Типы и основные размеры: ГОСТ 2133-75 – [Введен в действие с 1977-01-01]. – М.: Издательство стандартов, 1976. – 8 с.
- 10.Абрамов Г.Г. Справочник молодого литейщика. / Г.Г. Абрамов – 3-е изд., перераб. и доп.- М.: Высшая школа, 1991. – 319 с.

Додатки
Додаток А. Керівні матеріали для визначення типу виробництва
(довідковий)

Таблиця А.1 – Річна програма випуску виливків

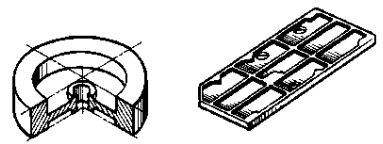

Вагова група	Маса виливка, кг	Виробництво					
		одиничне	дрібносерійне	середньосерійне	великосерійне	масове	
I	а	До 0,25	до 2500	2500 ... 15000	15000 ... 35000	35000 ... 100000	більше 100000
		0,25 ... 0,63	до 2000	2000 ... 12000	12000 ... 30000	30000 ... 70000	більше 70000
		0,63 ... 1,0	до 1500	1500 ... 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:

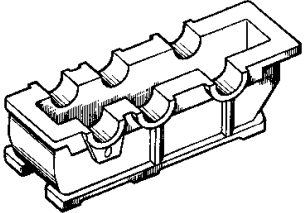
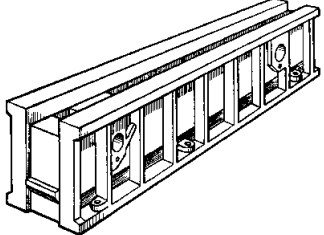
- а) якщо маса виливка знаходиться в середині інтервалу мас, то вибирається тип виробництва з меншим ступенем спеціалізації робочих місць;
- б) якщо маса виливка знаходиться на межі інтервалу мас, то вибирається тип виробництва з більшим ступенем спеціалізації робочих місць.

Додаток Б. Характеристика виливків за групами конструктивно-технологічної складності

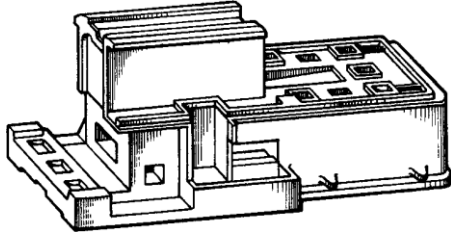
Таблиця Б.1 – Характеристика виливків за групами конструктивно-технологічної складності

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		
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, шківні, 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

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, Rz 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	Шківи $\varnothing > 1\text{м}$, 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						
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						

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, Rz 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	Передні бабки, складні станини, стойки, основи, траверси верстатів, колінчасті вали, корпуси відцентрових насосів і гідро-турбін, блоки циліндрів двигунів	Лиття в піщані форми
			< 4	≥6					Лиття кокільне, відцентрове, в оболонковій формі
			< 3	≥9					Лиття під тиском, за витоплюваними моделями та інші спеціальні методи

Додаток В. 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 pomp, 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
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
Відцентрове лиття	Деталі, що мають вісь симетрії	Великосерійне, масове	Чавун, сталь, бронза	I	Вінці, шестерні, бандажі, колеса, фланці, шківни, маховики, труби, кільця, втулки, гільзи

Продовження таблиці В.1

Спосіб лиття	Технологічні особливості	Тип виробництва	Матеріал	Вагова група	Приклади деталей
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
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. Рекомендації по підвищенню технологічності конструкції виливка

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

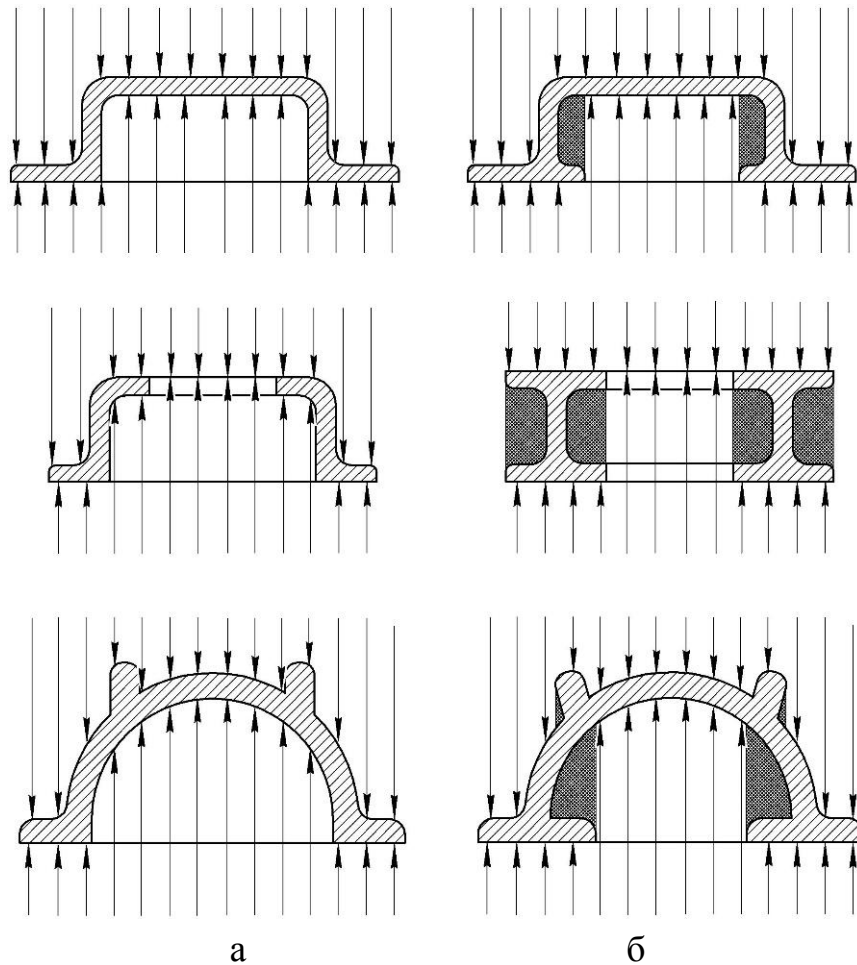


Рисунок Г.1 – Визначення нетехнологічних елементів конструкції виливка методом «тіней»: а – технологічно; б – нетехнологічно

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

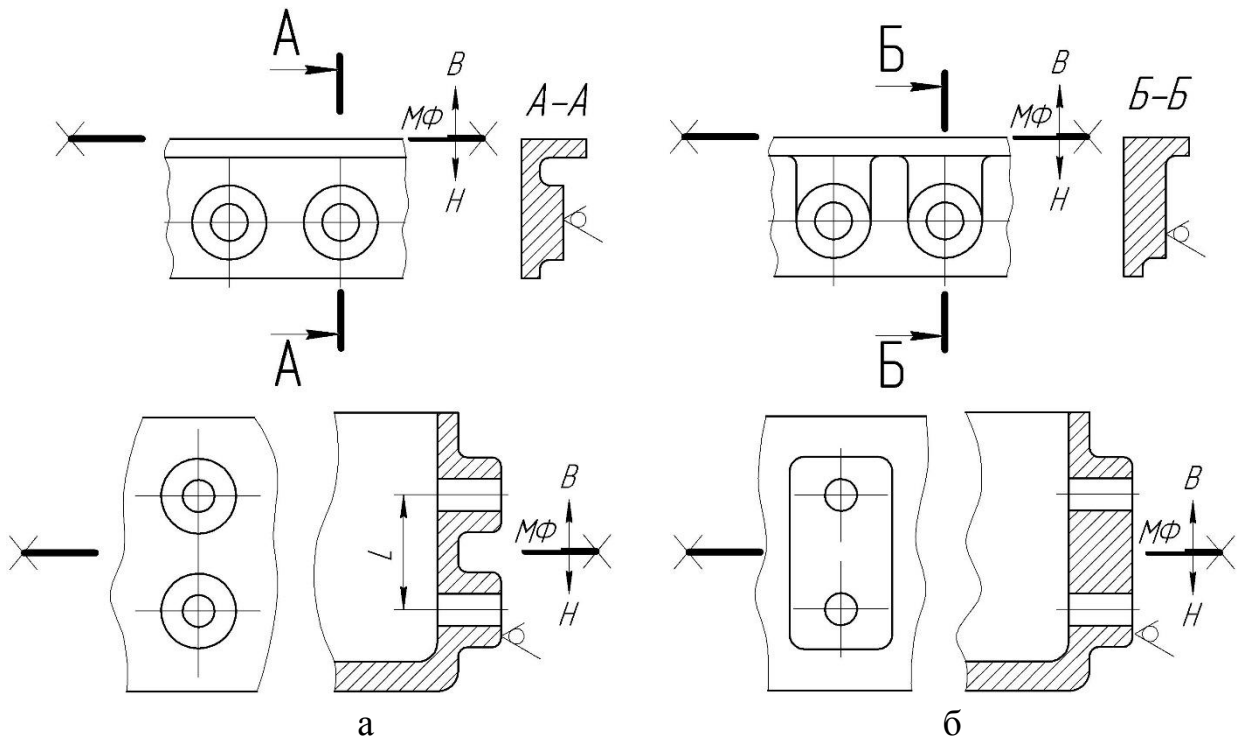
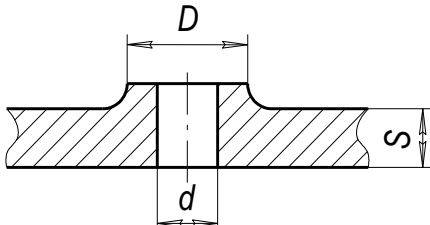


Рисунок Г.2 – Конструкція виступаючих частин виливка: а – нетехнологічна, б – технологічна

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
	≤ 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.

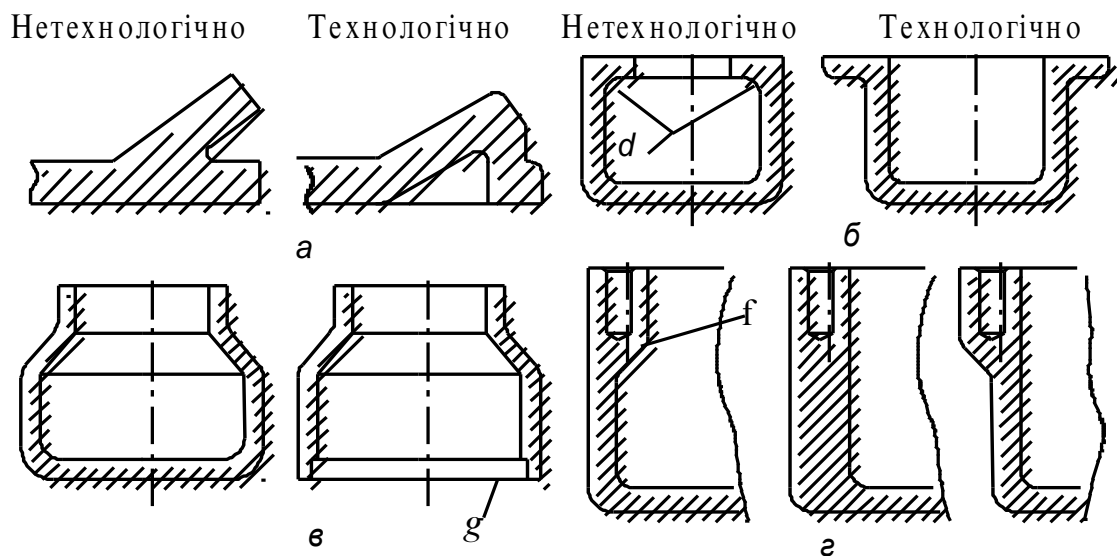
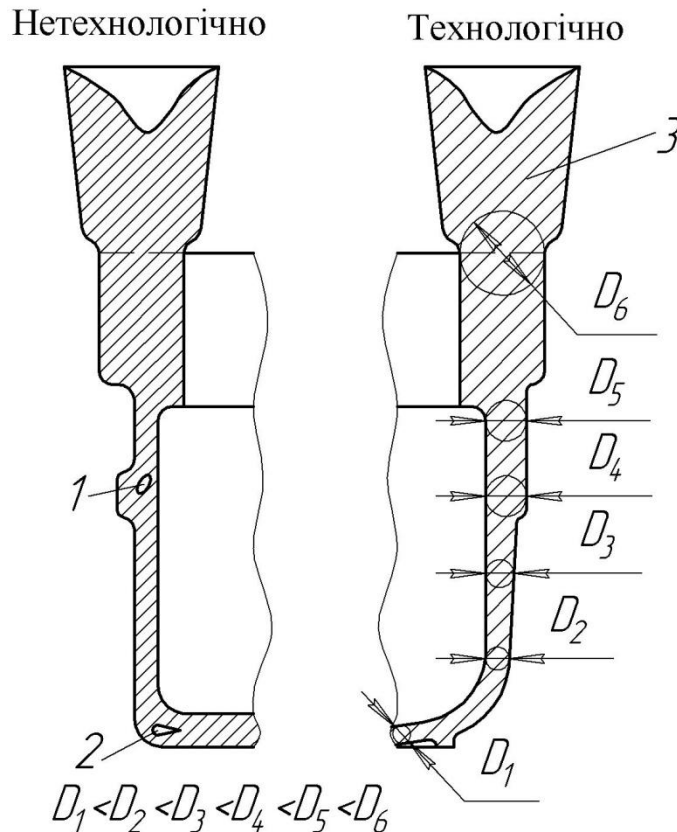


Рисунок Г.3 – Приклади конструктивного усунення нетехнологічних елементів конструкції вилівка

2. При виборі товщин стінок виливків, 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 виливка, 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 виливок 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 виливка наведено на рисунку Г.5.

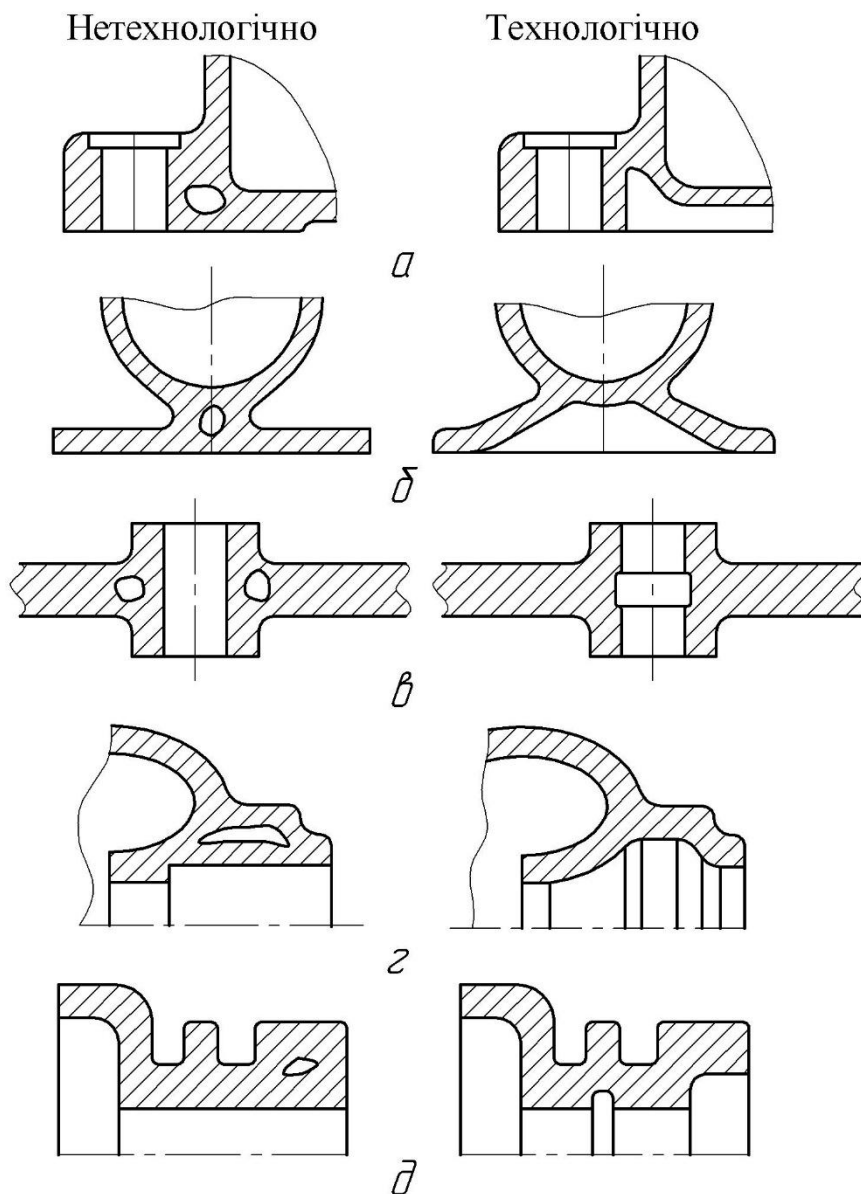


Рисунок Г.5 – Приклади усунення усадкової пористості і раковин шляхом зміни конструкції виливка

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

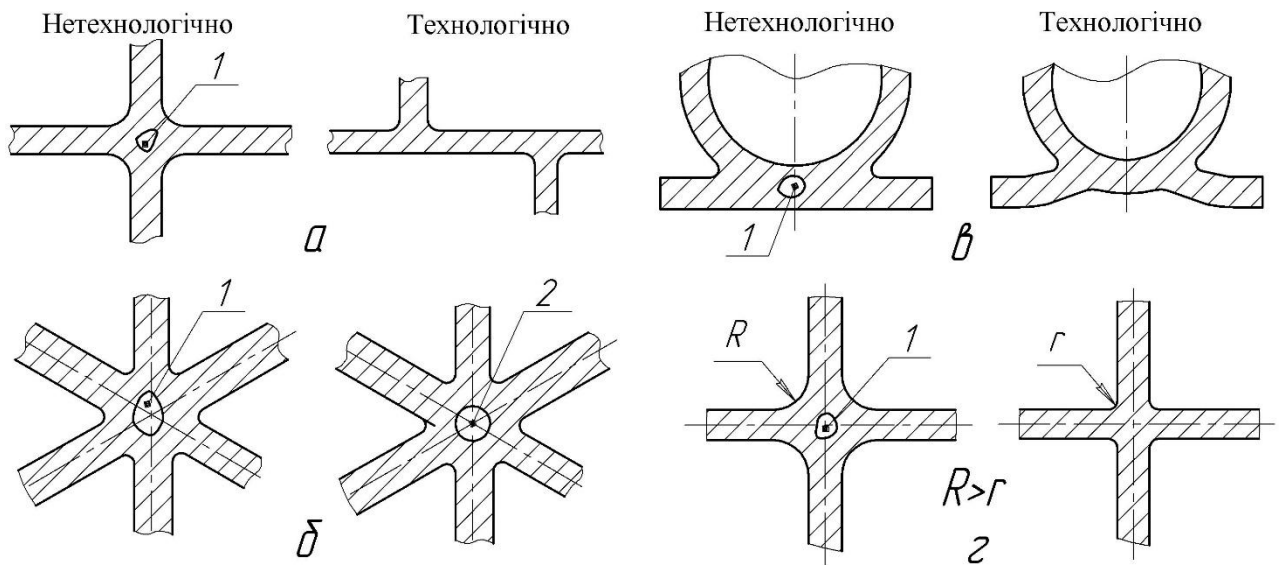
Матеріал	Характеристика вилівка	Найменша товщина стінки, мм
Сталь	Дрібний	8
	Середній	12
	Крупний	20
Сірий чавун	Дрібний (до 2кг)	3-4
	Середній (до 50кг)	6-8
	Крупний (більше 50кг)	10-20
Бронза олов'яна	При найбільшій довжині стінки, мм:	
	до 50	3
	50÷100	5
	100÷250	6
Бронза спеціальна, латунь,	Дрібний	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), Т-подібне (таврове), V – вилкоподібне, К-подібне, Х – 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)

Проектування литої заготовки

(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. Радіуси заокруглень та спряження

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.

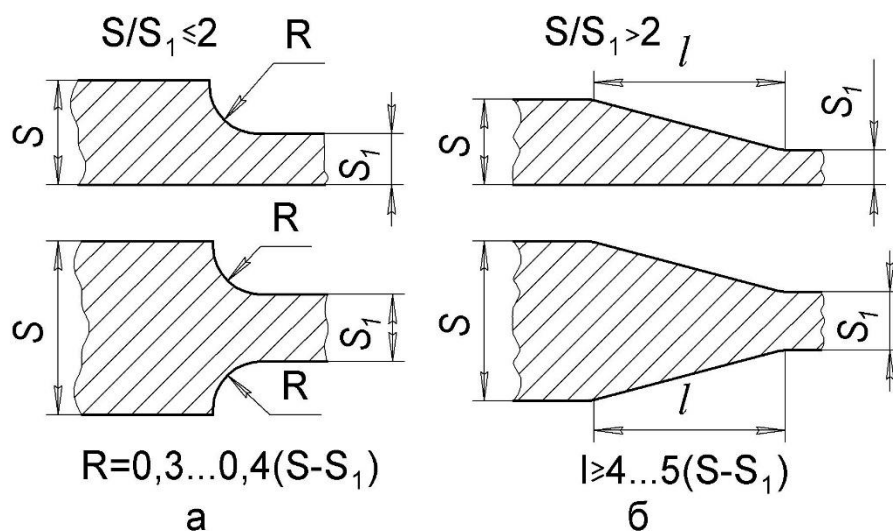


Рисунок Д.1 – Лобове спряження стінок

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 виливка 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 виливка. 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.

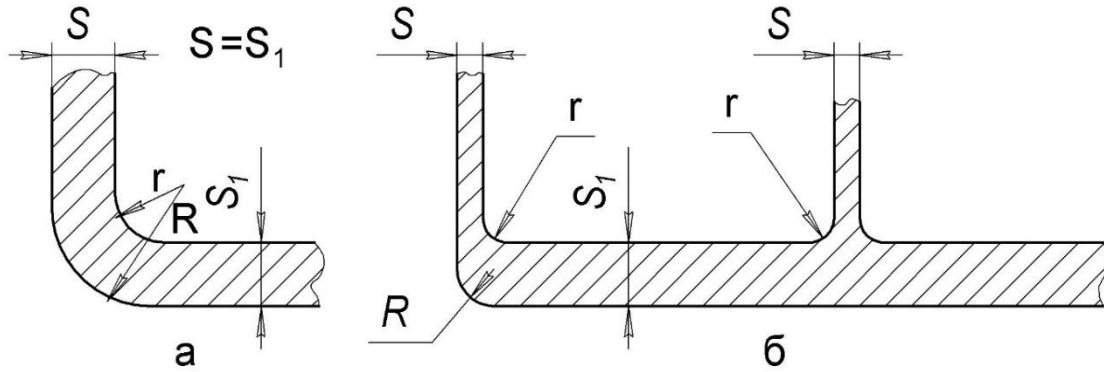


Рисунок Д.2 – Схема спряження стінок виливка: а – однієї товщини, б – різної товщини

Таблиця Д.1 – Значення внутрішніх радіусів r при сполученні стінок виливка 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 виливків з кольорових металів і сплавів наведено в таблиці Д.2.

Таблиця Д.2 – Значення внутрішніх радіусів r заокруглень виливків 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. Лінійна усадка деяких сплавів

Таблиця Е.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
			0,5...1,25
Сталі вуглецеві і малолеговані - високолеговані	Дрібні	I	1,8...2,2
	Середні	II	1,6...2,1
	Крупні	III, IV	1,4...1,8
			2,2...2,5
Бронзи: - олов'яні - безолов'яні і латуні - алюмінієві	Дрібні	I	1,0...1,2
	Середні	II	1,4...1,6
	Крупні	III	1,0...1,4
			0,8...1,2
Алюмінієві та магнієві сплави	Дрібні	I	1,2...1,8
	Середні	II а, б	1,0...1,2
	Крупні	II в, III	0,75...1,0
Мідні сплави	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. Рекомендації до вибору матеріалу модельного комплекту

Таблиця Ж.1 – До вибору матеріалу модельного комплекту

Матеріал модельного комплекту	Тип виробництва	Характеристика розмірів модельного комплекту	Вагова група вилівка
<i>Ручне формування</i>			
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
<i>Машинне формування</i>			
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.

Додаток К. Приклад оформлення титульного аркуша до РГР

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

кафедра технологій
машинобудування і
деревообробки

Розрахунково-графічна робота

з дисципліни “Проектування і виробництво
заготовок”

Частина 1. Проектування литої заготовки

Виконав:

*ст. гр. ТМ-081
Ольховик М.О.*

Перевірив:

*к.т.н., доцент
Сапон С.П.*

ЧЕРНІГІВ 2021