

Міністерство освіти і науки України  
Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА)

## **ЛИВАРНА ГІДРАВЛІКА**

**Робоча програма,  
методичні вказівки  
й контрольні завдання**

**для студентів спеціальності 6.050402  
заочної форми навчання**

Затверджено  
на засіданні  
методичної ради  
Протокол №      від

Краматорськ  
ДДМА  
2013

Ливарна гідравліка : робоча програма, методичні вказівки і контрольні завдання для студентів спеціальності 6.050402 заочної форми навчання / уклад. О. Р. Абдулов. – Краматорськ : ДДМА, 2013. – 24 с.

Міститься короткий виклад усього курсу з окремих розділів із зазначенням контрольних питань на самостійну роботу і літературу, а також контрольні завдання з кожного розділу курсу та вирішення практичних завдань.

Укладач

О. Р. Абдулов, ст. викл.

Відп. за випуск

В. К. Заблоцький, проф.

## ЗМІСТ

Вступ .....	4
1 Програма курсу та методичні вказівки до його вивчення .....	6
1.1 Тема 1. Основи реології. Витікання металу з ковша та його рух в ливниковій системі .....	6
1.1.1 Особливості рідкого металу як гідравлічного об'єкта. Реологія...	6
1.1.2 Основні положення гідростатики та гідродинаміки .....	7
1.1.3 Витікання металу з ковша .....	8
1.1.4 Рух металу в ливниковій чаші і воронці та в стояку .....	9
1.1.5 Рух металу в шлаковловлювачі .....	10
1.2 Тема 2. Фільтрування металу .....	12
1.2.1 Сітчасті та зернисті фільтри .....	12
1.2.2 Керамічні, пінокерамічні та пресовані фільтри .....	13
1.3 Тема 3. Динамічна та статична дія металу на форму та стрижні .....	14
1.4 Тема 4. Гідравлічні основи розрахунку ливникових систем .....	15
2 Практичні роботи .....	16
3 Методичні вказівки до виконання контрольної роботи .....	19
4 Контроль знань студентів .....	21
Перелік посилань .....	22
Додаток А. Приклад білету на контрольній роботі на заліку .....	23

## ВСТУП

Даний методичний посібник складено для студентів заочної форми навчання за напрямом підготовки 6.050402 «Ливарне виробництво» спеціальності 6.05040201 «Ливарне виробництво чорних і кольорових металів і сплавів». Для студентів цієї спеціальності курс «Ливарна гідравліка» є спеціальною дисципліною.

Ціль вивчення курсу – ознайомлення студентів із питаннями щодо гідравлічних властивостей рідкого металу, закономірностей його руху в каналах ливникової системи і відтворення тонких елементів рельєфу форми, фізико-механічної взаємодії металу з формою. Також ціллю є формування професійних знань у майбутніх спеціалістів-ливарників, необхідних для подальшої інженерної діяльності в ринкових умовах підприємств України. Глибоке вивчення перерахованих і інших питань необхідне для покращення якості виливків, які отримуються в сучасних ливарних цехах, розрахунку ливникових систем для їх отримання, розуміння закономірностей руху металу в ливарних формах. Головна задача вивчення дисципліни – навчити майбутніх фахівців вибирати та технічно вірно використовувати технологічні процеси отримання виливків

Для вивчення дисципліни "Ливарна гідравліка" студенти попередньо повинні засвоїти такі дисципліни: «Фізика», «Металознавство», «Теорія металургійного виробництва», «Теоретичні основи формоутворення», «Теоретичні основи ливарного виробництва».

Навчальний процес на заочному відділенні організується наступним чином. У період настановної сесії студентам читаються вступні лекції і видаються завдання для виконання контрольної роботи. Основні питання, які входять до модуля, загальна кількість годин та кількість аудиторних годин наведені в таблиці 1.1. Навчальні заняття з курсу включають самостійну роботу над навчально-методичною літературою з написанням конспекту і виконання контрольної роботи. Контрольна робота надсилається в академію для перевірки у строки, передбачені навчальним графіком. Студенти, які захистили контрольну роботу і виконали самостійну роботу, допускаються до заліку з дисципліни.

Це видання містить методичні вказівки щодо вивчення дисципліни, питання для самоконтролю, завдання для виконання контрольних робіт, список рекомендованої літератури.

Рекомендовано наступний порядок самостійного опрацювання тем курсу:

- ознайомлення зі змістом теми і методичними вказівками, щоб уявляти об'єм та послідовність викладання матеріалу;
- прочитання відповідних розділів в основному підручнику;
- для розширення знань про основні питання курсу звернутися до додаткової літератури;
- відповісти на наведені питання для самоперевірки.

*Таблиця 1.1 – Зміст модулю дисципліни «Ливарна гідравліка»*

№ з/п	Краткий зміст модуля	Загальна кількість годин	Кредити ECTS	Кількість аудиторних годин
1	Основи реології. Витікання металу з ковша та його рух в ливниковій системі. Фільтрування металу. Динамічна та статична дія металу на форму та стрижні. Гідравлічні основи розрахунку ливникових систем.	144	4	16

Приступаючи до вивчення кожної нової теми курсу, рекомендовано, перш за все, чітко уявити собі обсяг теми та послідовність питань, що в ньому розбираються. Після ознайомлення із методичними вказівками можна переходити до попереднього ознайомлення з матеріалом за підручником.

Коли цей перший етап роботи виконано, слід перейти до детального вивчення матеріалу підручника. Читати підручник потрібно вдумливо, уважно, не поспішаючи і не пропускаючи тексту, намагаючись зрозуміти кожну фразу. Якщо після ретельного вивчення теми за підручником з використанням методичних вказівок залишаться неясні місця, потрібно звернутися за консультацією до викладача.

Щоб легше запам'ятати і засвоїти матеріал, рекомендується складати короткий конспект по кожному розділу, що вивчається, так як конспект у поєднанні з підручником допомагає краще підготуватися до заліку.

Після вивчення кожної теми потрібно відповісти усно на питання для самоперевірки, які розміщені в методичних вказівках. Відповіді на питання для самоперевірки - важливий засіб самоконтролю. Вони допомагають закріпити в пам'яті матеріал курсу.

Контрольну роботу потрібно виконувати після повного вивчення теоретичного курсу. Тільки в цьому випадку може бути досягнута основна мета роботи - закріпити теоретичні знання.

Залік - заключний етап вивчення курсу. Запорукою успішної його здачі є систематична робота над курсом і повне виконання викладених тут вимог. Залік виставляється за результатами усної співбесіди студента з викладачем по обраним розділах програми (на розсуд викладача).

# 1 ПРОГРАМА КУРСУ ТА МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ЙОГО ВИВЧЕННЯ

## *1.1 Тема 1. Основи реології. Витікання металу з ковша та його рух в ливниковій системі*

### *1.1.1 Особливості рідкого металу як гідравлічного об'єкту. Реологія*

Особливості рідкого металу як гідравлічного об'єкту. Пружне тіло Гука, в'язка рідина Ньютона, пластичне тіло Сен-Венана. Поняття про реологію. Прості реологічні тіла. Ньютонівська рідина. Бінгамово тіло. Псевдопластичне тіло або неньютонівська рідина. Максвелловська рідина. Тіло Шведова. Ідеально крихке тіло. Реологічні властивості рідких металів, при твердінні та при охолодженні повністю затверділого металу.

Посилання на літературу: [1, с. 8–24; 2, с. 380–387; 3, с. 7–21; 4, с. 15–46; 5, с. 4–27; 6, с. 11–23; 7, с. 5–63].

### **Методичні вказівки**

Процес формування виливка супроводжується перетвореннями металу, що відбуваються у міру його охолодження. Спочатку метал представляє в'язку рідину, при кристалізації він перетворюється на гетерогенну середу, нижче за температуру кристалізації утворюється тверде крихке тіло, яке в міру подальшого охолодження набуває пластичність і пружність. Для здійснення математичного аналізу поведінки речовин створені уявлення про ідеальні тіла: ідеальна нестисла паскалева рідина зі зсувній в'язкістю, рівною нулю; в'язка ньютонівська рідина; абсолютно тверде, евклідова тіло, яке не деформується при будь-яких навантаженнях; тверде пружне Гуково тіло. Уявлень про класичні тіла недостатні ще й тому, що в'язкість і пружність притаманні в тій чи іншій мірі всім фізичним тілам. Тому в тих випадках, коли фактор часу має істотний вплив на поведінку тіла і в ньому проявляються пружно-в'язкі властивості, ідеальні уявлення, що застосовуються в класичних науках, гідродинаміці і теорії пружності, виявляються непридатними.

Процеси зміни напружень і деформацій у часі з урахуванням в'язких і пружних властивостей розглядаються реологією, що є загальною наукою про плин та деформації речовин. Реологічні тіла - проміжні між твердими і рідкими. Вони, крім того, ідеальні в тому сенсі, що не існують в природі. Відмінність всякого реального тіла від реологічних полягає ще в тому, що воно може деформуватися за різними законами залежно від умов. Отже, реологічні, тіла відповідають не реальним тілам, а їх станів та описують реологічні явища.

Реологічні тіла створюють за допомогою так званих структурних моделей. Для характеристики реологічних тел застосовують графіки, що виражають залежність деформації від навантаження, зокрема графіки залежності градієнта швидкості течії від напруги зсуву. Такі криві зводяться

реологічними кривими консистенції. К основним типам реологічних кривих консистенції відносять ньютонівську рідину, бінгамово тіло, псевдопластичне тіло або неньютонівську рідину, максвелловську рідину, тіло Шведова, ідеально крихке тіло.

### **Питання для самоперевірки**

- 1 Поняття про гідравліку.
- 2 Що входить до особливостей ливарної гідравліки?
- 3 Як розраховується гідростатичний тиск?
- 4 Рівняння нерозривності потоку.
- 5 Як розраховується швидкість витікання реальної рідини?
- 6 Як розраховується виштовхуюча сила?
- 7 Уявлення про ідеальні тіла.
- 8 Що таке реологія?
- 9 Характеристика реологічних тіл. Ньютонівська рідина. Псевдопластичне тіло або неньютонівська рідина. Тіло Шведова.
- 10 Характеристика реологічних тіл. Бінгамово тіло. Максвелловська рідина. Ідеально крихке тіло.

#### *1.1.2 Основні положення гідростатики та гідродинаміки*

Закон Паскаля. Рівняння нерозривності потоку. Рівняння Торрічелі. Закон Архімеда. Динамічний тиск рідини, що рухається. Рівняння Бернуллі для ідеальної та реальної рідини.

Посилання на літературу: [4, с. 4–11; 7, с. 5–63].

### **Методичні вказівки**

Гідростатика – це розділ гідравліки, який вивчає закони робочого середовища і взаємодію його з твердими стінками за умови, що робоче середовище знаходиться у стані спокою, або у відносному русі. За цих умов у роб. сер. не проявл. властивості в'язкості. Спокій рідини буває абсолютний (посудина стоїть на довільній площині) і відносний (посудина рухається вздовж горизонтальної чи похилої площини).

Сили поділяють на зовнішні та внутрішні (сили взаємодії між частинками рідини). На рідину в стані спокою діють 2 групи сил: масові сили, які діють на всі частинки рідини і пропорційні масі частинок (сили тяжіння та сили інерції. Сили інерції діють на рідину у стані відносного спокою) та поверхневі сили, які прикладаються на поверхню розділу рідини з газом або твердою стінкою. Поверхневі сили відносяться до зовнішніх сил. У результаті дії внутрішніх і зовнішніх сил у об'ємі рідини виникає стискальна напруга, яка є гідростатичним тиском  $P$ . Гідростатичний тиск має наступні властивості: Сила тиску має напрям по нормалі до площини на яку вона діє.

Реальна рідина - модель природної рідини, що характеризується ізо-тропністю всіх фізичних властивостей, але на відміну від ідеальної моделі, володіє внутрішнім тертям при русі.

При вивченні руху реальної (в'язкої рідини) можна піти двома різними шляхами: скористатися готовими диференціальними рівняннями і їхніми рішеннями, отриманими для ідеальної рідини. Облік прояви в'язких властивостей здійснюється за допомогою введення в рівняння додаткових поправочних членів рівняння, вивести нові рівняння для в'язкої рідини. Для практичної інженерної діяльності більш прийнятним слід вважати перший напівемпіричний шлях, другий слід використовувати лише в тих випадках, коли потрібно детальне вивчення процесу руху в'язкої рідини. Умови застосування рівняння Бернуллі: а) рух, що встановився, з масових сил діє тільки сила тяжіння; б) перетини беруться тільки там, де потік паралельнострумчастий або плавно змінюється, при цьому зовсім не обов'язково, щоб потік на всій ділянці між розглянутими перерізами був близьким до паралельнострумчастого; в) для стисливої рідини рух має відбуватися при постійному тиску і температурі без розривів струменів і утворень пустот. Перерізи потоку плоскі і перпендикулярні векторам швидкості.

### **Питання для самоперевірки**

- 1 Що вивчає гідростатика?
- 2 Які можуть бути види спокою?
- 3 Які сили діють на робоче середовище?
- 4 Як записується основне рівняння гідростатики в диференціальній формі?
- 5 Як записується основне рівняння гідростатики для тіла, яке знаходиться у різних умовах
- 6 Як розраховується об'ємна витрата рідини у елементарної струминки та потоку, масова і вагова витрати потоку?
- 7 Які є режими руху рідини в залежності від критерію Рейнольдса?

#### *1.1.3 Витікання металу з ковша*

Витікання металу з стопорного ковша, ковша з носиком та шиберним затвором. Конструкція стопорного ковша. Питома об'ємна витрата металу з ковша. Швидкість струменя металу та час спорожнення ковша. Розрахунок необхідного розміру стопорного стаканчика. Конструкція ковша з носиком. Траєкторія руху струменя.

Посилання на літературу: [5, с. 11–18; 6, с. 21–27].

### **Методичні вказівки**

Метал виплавлений в печі зазвичай спочатку випускають в ківш, з якого в заливальному прольоті цеху його заливають у форми. В окремих випадках форми заливаються безпосередньо з печі. Вільна заливка невеликих



порцій металу (зазвичай до 1 т) - чавуну або кольорових сплавів - виробляється з поворотних ковшів через носик. Великі кількості металу, в особливості сталі, заливаються з ковшів з стопорним пристроєм. Вільна заливка з поворотних і стопорних ковшів є способом, що переважає в ливарному виробництві. При заливанні деталей, що мають специфічну конфігурацію або малу товщину стінок, для полегшення заливки, а також з метою механізації і автоматизації застосовують примусову заливку: центробіжне литво, лиття під тиском і т. д.

При витіканні з ковша метал утворює в повітрі вільний струмінь. Швидкість подачі металу через невеликий круглий отвір у дні судини, як і будь-якої рідини, описується рівнянням Торрічеллі. На великих відстанях від круглого отвору на струмінь починають діяти збурюючі сили поверхневого натягу та гіроскопічні ефекти, в результаті чого вона руйнується на краплі. При витіканні з отвору неправильної форми на поверхні струменя виникають окремі потоки і він швидко руйнується.

При витіканні через носик роль гідростатичного напору грає відстань від нижньої точки носика до поверхні дзеркала рідкого металу в ковші. Витрата металу з поворотного ковша залежить від поглиблення каналу в носик, швидкості повороту і площі поверхні (дзеркала) металу в ковші.

### **Питання для самоперевірки**

- 1 Класифікація способів заливки форм.
- 2 Які ви знаєте елементи ливникових систем?
- 3 Яку роль виконують різні елементи ливникових систем?
- 4 Які ви знаєте типи ливникових систем?
- 5 Як розраховується необхідний розмір стопорного стаканчик?
- 6 Як описується траєкторія руху струменя металу, що витікає із ковша з носиком?

#### *1.1.4 Рух металу в ливниковій чаші і воронці та в стояку*

Заливання металу в ливникову чашу та воронку. Затримання неметалічних часток в чаші. Стояки, які працюють під розрідженням і під надатмосферним тиском. Конфігурація стояків.

Посилання на літературу: [1, с. 8–13; 5, с. 21–22].

### **Методичні вказівки**

При подачі розплаву в чашу вільно падаючим струменем його поверхня, що контактує з навколишнім повітрям, окислюється, інтенсивність окислення розплаву зростає із збільшенням висоти падіння струменя, а також при її розбризкуванні (дробленні) і розриві оксидної плівки. Тому при заливці форм відкритим струменем необхідно дотримуватися заходів, що забезпечують мінімальне окислення розплаву.

При русі металу по дну чаші з порогом в ній створюється висхідний потік, що сприяє виносу шлаку на поверхню розплаву, і виникає зона завихрення з горизонтальною віссю обертання. При цьому на кожну частку шлаку діють три сили: підйомна  $P_1$  (при щільності частинки, меншої щільності розплаву), сила, що несе частку уперед  $P_2$  і доцентрова  $P_3$ , спрямована до осі обертання.

Розрізняють перебіг із заповненням і незаповненням перерізом стояка. У заповнених стояках розплав, як правило, трохи окислюється і шлак не затримується, тому що швидкість потоку розплаву в них у декілька разів більше максимальної швидкості спливання шлаків, рівний, наприклад, 8,1 в алюмінієвих і 6,9 см/с у магнієвих сплавах. Рух сплаву в незаповнених вертикальних стояках мало чим відрізняється від руху вільно падаючого струменя. У таких стояках відбувається частковий процес ошлаковування металу, а в разі їх похилого розташування зменшується захоплення повітря, розбризкування і завихрення потоку. Позитивним чинником при заливці через незаповнені стояки є також те, що витікання сплаву з них відбувається з невеликою швидкістю, зважаючи на мале значення статичного напору металу.

### **Питання для самоперевірки**

- 1 Яку роль відіграє ливникова чаша та воронка?
- 2 Як відбувається гасіння струменя металу при його падінні на похилу стінку?
- 3 Які сили діють на неметалеву частинку в ливниковій чаші з порогом?
- 4 Назвіть умови, при яких будуть спливати неметалеві частинки в ливниковій чаші.
- 5 Які особливості в конструкції ділянок стояк-ливниковий хід без розширення, з розширенням і пониженням дна ливникового ходу?
- 6 Які особливості в конструкції ділянок стояк-ливниковий хід, що забезпечують краще відокремлення шлакових частинок?
- 7 Назвіть форми та типи стояків для різних сплавів.

#### *1.1.5 Рух металу в шлаковловлювачі*

Режими руху металу. Затримання неметалічних часток у шлаковловлювачі. Рух металу живильниках та порожнині ливарної форми. Довжина живильників та їх поперечний перетин. Вплив конфігурації та стану поверхні порожнини форми на рух металу. Призначення і необхідні розміри напору.

Посилання на літературу: [1, с. 7–25; 3, с. 271–284; 5, с. 24–27; 6, с. 21–23].

## Методичні вказівки

Ні в якому іншому місці ливникової системи збурення в потоці за своїм обсягом і характером не може зрівнятися зі збуреннями і пов'язаними з ними негативними наслідками, що розвиваються на ділянці стояк - ливниковий хід, тобто на початковій ділянці системи. Отже, конструкція початкової ділянки системи, що включає зумпф стояка, металоприймач, різні проміжні канали, повинні в максимальному ступені сприяти пом'якшенню удару об дно стояка, зменшенню піно- і вихроутворення, плавного введення розплаву в ливниковий хід і затримання утворених під стояком неметалічних включень на початковій ділянці ливникового ходу.

Щоб перші порції розплаву не потрапляли в живильники, останні не можна розміщати під стояком, виконувати під ливниковим ходом або приєднувати до його задньої стінки. У більшості випадків живильники розташовують в одній півформі з ливниковим ходом і відводять від нього під прямим кутом. Це виключає вплив на живильник швидкісного напору металу, що протікає в ливниковому ході. Крім того, відгалуження живильника під прямим кутом створює великий гідравлічний опір на вході в живильник, що знижує швидкість потоку. Однак у цьому випадку в живильниках можуть утворитися незаповнені зони і буде можливий підсос повітря потоком розплаву. Тому живильники необхідно плавно з'єднувати з ливниковим ходом, а при можливості відводити від нього під тупим кутом.

У разі розташування живильників нижче дна литникового ходу (накладні живильники) метал, який тече по дну ливникового ходу, зустрівши на своєму шляху канавку, вдаряється о її стінку і передчасно потрапляє в живильник. Крім того, уступи в литниковому ході створюють додаткові збурення, що збільшують турбулентність потоку в живильниках. Тому, якщо це необхідно за умовами формування, в нижній полуформі розміщують частину литникового ходу (звичайно не більше 0,2-0,3 його висоти) і від неї вже відводять живильник.

Одна з умов правильного функціонування ливникової системи з декількома живильниками - рівномірний розподіл розплаву між ними. Для підвищення рівномірності дії живильників в горизонтальній системі рекомендується плавно (не сходиною) зменшувати площі поперечних перерізів ливникового ходу після кожного живильника.

Неметалічні частки відрізняються за щільністю від металевих сплавів і тому мають здатність до самостійного руху. У сплавах на основі заліза, міді і титану шлаки, флюси і оксиди всіх компонентів легше, ніж рідкі сплави, і їх частки спливають на поверхню потоків. У сплавах на основі алюмінію і магнію їхні оксиди важче сплавів і тонуть в потоках. Виняток становлять оксиди натрію, які утворюються при модифікуванні алюмінієвих сплавів. Флюси в алюмінієвих сплавах плавають на поверхні як більш легкі; у магнієвих сплавах вони знаходяться на дні плавильних тиглів. Таким чином, боротьба з неметалевими частками у важких і легких сплавах повинна проводитися суттєво різними методами.

## Питання для самоперевірки

- 1 Як запобігти нерівномірну дію живильників?
- 2 Як має бути сконструйована ливникова система згідно рекомендаціям Ж. В. Токарева?
- 3 Як можна усунути розрідження і інжекцію повітря і газів в ливникових каналах?
- 4 Яке рівняння описує ідеальний профіль?
- 5 Чим на практиці замінюють ідеальний профіль стояка?
- 6 Як можна усунути інжекцію?
- 7 Типи неметалічних часток.
- 8 Як розраховується швидкість спливання неметалічних часток ?
- 9 Які співвідношення площин елементів ливникових систем використовуються?
- 10 Яка різниця між запертими та незапертими ливниковими системами?
- 11 Що таке дросельні ливникові системи?

### **1.2 Тема 2. Фільтрування метала**

#### **1.2.1 Сітчасті та зернисті фільтри**

Технологія застосування сітчастих фільтрів. Фільтрування металу за допомогою зернистих фільтрів. Механізм та режими фільтрування. Вибір розміру отвору сітки. Вплив розмірів та природи зерен і режиму фільтрування на ефективність очищення розплаву.

Посилання на літературу: [5, с. 28–38; 8, с. 10–85].

### **Методичні вказівки**

Сітчастий фільтр – це сітка, через яку пропускають розплав. Цілком природно, що при цьому затримуються вкраплення, розміри яких перевищують розміри сітки. Матеріал сітки не повинен розчинятися компонентами сплаву, а сама вона повинна зберігати достатню міцність, щоб не руйнуватися під дією металостатичного тиску при температурі розплаву. Ці умови виконуються при виготовленні сітки з боралюмосилікатного скла.

Вибір розміру вічка сітки визначається в залежності від її механічної міцності та необхідного металостатичного напору для подання капілярного протитиску, що виникає внаслідок незмочування металом матеріалу сітки.

Зернистий фільтр – це шар зерен різного розміру (звичайно від 5 до 15мм) та товщиною 10...20см, через який пропускають розплав. Зерна повинні мати достатню вогнетривкість, бути хімічно інертними та не розчинятися в компонентах сплаву. Найбільш часто їх виготовляють з наступних матеріалів: корунду  $Al_2O_3$ ; магнезиту  $MgO$ ; графіту  $C$ ; сплаву фторидів  $CaF_2 + MgF_2$ ; алюмофтористого натрію  $Na_3AlF_6$ .

## Питання для самоперевірки

- 1 Як фільтри застосовують в ливарних цехах для відокремлення та затримання неметалічних вкраплень у розплавах?
- 2 Як працює сітчастий фільтр?
- 3 Як робиться вибір розміру отвору сітки?
- 4 Як розраховується мінімально необхідний металостатичний напір?
- 5 Де встановлюють сітчасті фільтри?
- 6 Як працює зернистий фільтр?
- 7 З яких матеріалів їх виготовляють?
- 8 За рахунок яких двох процесів відбувається очищення розплаву від неметалічних вкраплень?
- 9 Як розраховується питому об'ємна витрата металу через фільтр?

### *1.2.2 Керамічні, пінокерамічні та пресовані фільтри*

Фільтрування металу за допомогою керамічних фільтрів. Пресовані та пінокерамічні фільтри. Технологія застосування керамічних фільтрів. Пресовані та пінокерамічні фільтри. Співвідношення площі фільтру та поперечного перетину ливникового ходу. Технологія виготовлення керамічних фільтрів.

Посилання на літературу: [5, с. 28–38; 8, с. 10–25].

## Методичні вказівки

Пінокерамічні фільтри – це високопориста пластина товщиною 10...30 мм, через яку пропускають розплав. Пористість фільтра досягає 90...92%, а кількість пор на 1 см довжини фільтра змінюється від 4 до 20. Його густина складає 0,40...0,45 г/см<sup>3</sup>. Пінокерамічний фільтр, таким чином, має значну кількість звивистих пор перемінного перетину. Затримання неметалічних часток відбувається як за рахунок сітчастого так і за рахунок адгезійних явищ. При цьому це відбувається одночасно по всьому об'єму фільтра. Отримують пінокерамічні фільтри різними методами. Наприклад, полімерну губку, найбільш часто поліуретанову, стискають і занурюють у шлікер сметаноподібної консистенції.

Після насичення губки шлікером її вилучають і пропускають через обтискувальні вальці для виділення надлишку шлікера. Віджату губку пров'ялюють на повітрі і ріжуть на шматки потрібних розмірів та форм (квадратні, круглі, полігональні). Отримані заготовки висушують при температурі 150...200°C для видалення вологи і зміцнення і потім випалюють при високих температурах для спікання. При випалюванні губка повністю вигоряє, фільтр набуває необхідної міцності внаслідок спікання часток вогнетривкого наповнювача, а також втрачає газоутворювальну здатність.

## Питання для самоперевірки

- 1 Які мають характеристики пінокерамічні фільтри?
- 2 За рахунок чого в них відбувається затримання неметалічних часток?
- 3 Назвіть склади шлікеру.
- 4 Що є найважливішими характеристиками пінокерамічного фільтру?
- 5 Де встановлюються пінокерамічні фільтри в ливниковій системі?
- 6 Переваги пінокерамічних фільтрів.

### *1.3 Тема 3. Динамічна та статична дія металу на форму та стрижні*

Кінетична енергія струменя металу та його потужність. Сила удару струменя у стінки форми та стрижнів та її зменшення. Гідравлічний удар у верхню півформу при завершенні заливання та розрахунок його величини. Розрахунок безрозмірного критерію ерозійної стійкості форми. Статичний тиск металу на стінки форм. Динамічна дія металу на форму. Піднімальна сила на верхню напівформу. Архімедова сила на стержні. Розрахунок загальної піднімальної сили та елементів скріплення напівформ.

Посилання на літературу: [1, с. 25–66; 2, с. 389–408; 3, с. 39–50].

## Методичні вказівки

Заповнення порожнини форми відбувається за певний розрахований відрізок часу – тривалість заливання  $\tau_{\text{зал}}$ , яка залежить від маси виливка, товщини його стінок, конструкції ливникової системи. Для досягнення заповнення порожнини форми за визначений час розраховують необхідний перетин елементів ливникової системи, приймаючи до уваги швидкість потоку металу в живильниках  $W_{\text{ж}}$ , яка суттєво залежить від металостатичного напору в ливниковій системі. В залежності від положення живильників по відношенню до порожнини форми, металостатичний напір в процесі заливання може залишатися незмінним або поступово зменшуватись. Тому при розрахунках ливникових систем використовують поняття розрахункового (середнього) металостатичного напору  $H_p$ , величину якого обчислюють наступним чином для найбільш поширених типів ливникових систем.

Струмінь металу, що витікає з ковша чи живильників з швидкістю  $W$ , має певну кінетичну енергію і створює динамічний тиск на поверхню форми.

В момент завершення заповнення порожнини форми рідкий метал, що піднімається в порожнині з певною швидкістю  $W_{\text{п}}$ , ударяє в верхню півформу з певною силою  $F_{\text{гид}}$ . Це явище називають гідравлічним ударом, і воно проявляється в різкому підвищенні тиску металу в верхніх шарах

форми на величину  $\Delta h_{\max}$  в порівнянні з статичним тиском  $h_{\text{ст}}$  і наступним зниженням тиску на величину  $\Delta h_{\min}$ . Процес повторюється декілька разів в затухаючому режимі.

Металостатичний напір – це відстань по вертикалі від горизонтальної площини, що проходить через рівень металу в ливниковій чаші або воронці до точки, що розглядається. Вектори сил тиску в точці, що знаходиться в середині металу, діють рівномірно у всіх напрямках

### **Питання для самоперевірки**

- 1 Чому дорівнює розрахунковий напір для верхніх ливникових систем?
- 2 Чому дорівнює розрахунковий напір для нижніх ливникових систем?
- 3 Чим визначається швидкість руху рідини через занурений отвір?
- 4 Для чого використовують бічні ливникові системи?
- 5 Чому пропорційна сила удару струменя металу у стінку форми?
- 6 Що таке ерозія форми і до чого вона призводить?
- 7 Як розраховується гідравлічний удар у формі?
- 8 Як розраховується швидкість підйому металу у формі?
- 9 В чому полягає негативний вплив гідравлічного удару на формування виливків?

### ***1.4 Тема 4. Гідравлічні основи розрахунку ливникових систем***

Класифікація способів заливання металу і типи ливникових систем. Визначення оптимальних тривалості заливання. Розрахунок металостатичного напору та площі вузького перетину ливникової системи. Раціональні області застосування вертикально–щільових ливникових систем. Призначення дощових ливникових систем та їх конструкція і різновиди. Розрахунок вертикально–дросельних та горизонтально–дросельних систем. Ярусні ливникові системи та їх застосування.

Посилання на літературу: [1, с. 67–233; 3, с. 285–409].

### **Методичні вказівки**

Вибір конструкції системи є початковим і в той же час найбільш відповідальним етапом її проектування, від успішного вирішення якого залежить кінцевий результат роботи – проектування раціональної ливникової системи.

Ливникові системи можуть складатися з двох елементів (ливникова лійка, ливники); трьох елементів (ливникова лійка, стояк, ливники); чотирьох елементів (ливникова лійка, стояк, розподільний канал, ливники). Розрахунок ливникової системи полягає в знаходженні площ поперечних

перерізів і лінійних розмірів її основних елементів: стояка, литникового ходу і живильників. Причому спочатку розраховують найменший (розрахункове), тобто регулючу витрату, перетин ливникової системи, зазвичай стояка, а потім, виходячи з прийнятого співвідношення  $F_c:F_{л.х.}:F_{п.}$  визначають площі сумарних поперечних перерізів інших елементів.

Щоб ливникова система виконувала свої функції, розміри її основних елементів слід розраховувати виходячи з таких умов: розміри литникової чаші - з умови запобігання підсмоктування шлаку через верхній перетин стояка та забезпечення позитивного тиску розплава в ньому; розміри нижнього поперечного перерізу стояка - з умови забезпечення протікання розплаву в них і робочої порожнини форми з допустимою турбулентністю, а також заповнюваності форми; розміри верхнього перерізу стояка - з умови забезпечення необхідного тиску розплаву на його стінки; розміри ливникового ходу і живильників - з умови забезпечення протікання розплаву в них з допустимою турбулентністю і затримання шлаку.

Відповідно до цього передбачають такі види розрахунків:

- розрахунок сумарних площ поперечних перерізів основних елементів ливникової системи: стояків, ливникових ходів і живильників;
- розрахунок числа названих вище елементів і визначення їх розмірів;
- розрахунок відстані від стояка до першого живильника;
- визначення розмірів литникової чаші або воронки.

### Питання для самоперевірки

- 1 Як досягають необхідний тиск металу в каналах ливарної форми?
- 2 Які умови забезпечення заповнюваності форми розплавом?
- 3 Які основні положення, на яких має ґрунтуватися проектування литникової системи?
- 4 Чому вибір конструкції ливникової є найбільш відповідальним етапом її проектування?
- 5 Як обирають положення виливка у формі і роз'єм форми?
- 6 Як обирати спосіб і місце підведення розплава у форму?
- 7 Як розрахувати вертикально-дросельні та горизонтально-дросельні системи?

## 2 ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

Практикум проводиться за для поглибленого вивчення особливостей руху рідкого металу у ливарній формі.

Практична робота 1 - Розрахунок діаметра отвору стопорного стаканчика. Розрахунки часу заливання форм та питомої швидкості заливання форм. Розрахунки швидкості струменя металу та час спорожнення ковша. Розрахунок діаметра отвору стопорного стаканчика та вибір необхідної ємності ковшу. Хід рішення роботи наведено у прикладі 2.1 (/5/, с. 18.). Варіанти завдань до першої практичної роботи наведено в таблиці 2.1.



Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розв’язання практичної роботи 1

№ завд.	Вихідні дані									
	$Q_1$ , кг	$\tau_1$ , с	$Q_2$ , кг	$\tau_2$ , с	$Q_3$ , кг	$\tau_3$ , с	$Q_4$ , кг	$\tau_4$ , с	$Q_5$ , кг	$\tau_5$ , с
1	110	15	90	10	100	20	120	22	80	10
2	120	22	300	30	180	25	220	28	160	23
3	980	60	550	60	900	57	800	50	750	40
4	950	60	1850	100	880	55	1650	70	650	50
5	1050	60	1750	70	980	58	2250	120	1950	100
6	1760	65	1890	67	1200	60	2740	80	2370	70
7	3500	170	1000	70	2450	120	1050	60	3980	180
8	1900	100	3590	130	4780	180	1750	110	3960	150
9	4860	120	2600	100	5960	140	1700	100	4870	160
10	5990	180	6890	130	4450	120	7590	100	5050	150
11	5790	110	8890	160	9570	200	5690	100	9940	220
12	11790	200	8890	190	10570	250	7690	150	10940	260
13	100	15	70	10	130	20	150	22	50	10
14	130	22	290	30	190	25	250	28	140	23
15	1080	60	450	30	950	57	850	50	650	40
16	1090	60	1750	100	780	55	1790	70	590	50
17	950	60	1850	70	1080	58	2150	120	1950	100

Практична робота 2 - Розрахунок напору для різних типів ливникових систем. Розрахунок швидкості та визначення режиму руху потоку рідкого чавуну при виході металу з живильника в порожнину ливарної форми. Розрахунок швидкості та визначення режиму руху потоку рідкої сталі при виході металу з живильника в порожнину ливарної форми. Хід рішення роботи наведено у прикладі 3.1 (/5/, с. 27.). Схема ливникової системи, яка необхідна для розрахунків наведена на рис. 2.1.

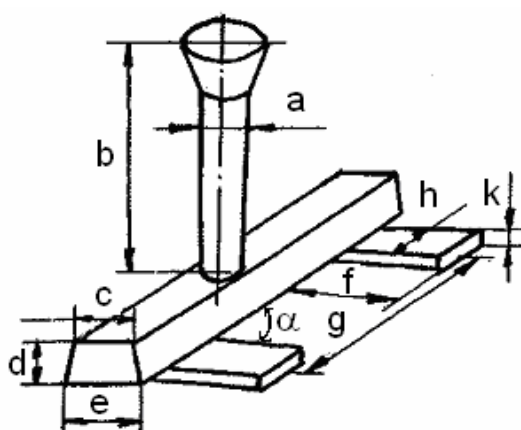


Рисунок 2.1 – Схема ливникової системи

Варіанти завдань до другої практичної роботи наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для розв’язання практичної роботи 2

№ завд.	Вихідні дані									
	a, мм	b, мм	c, мм	d, мм	e, мм	f, мм	g, мм	h, мм	k, мм	$\alpha$
1	40	400	28	30	32	40	400	22	12	30°
2	40	400	28	30	32	40	400	22	12	60°
3	40	400	28	30	32	40	400	22	12	90°
4	50	500	33	35	37	45	450	30	15	30°
5	50	500	33	35	37	45	450	30	15	60°
6	50	500	33	35	37	45	450	30	15	90°
7	25	250	22	25	28	30	250	20	8	30°
8	25	250	22	25	28	30	250	20	8	60°
9	25	250	22	25	28	30	250	20	8	90°
10	55	550	38	40	42	45	450	35	17	30°
11	55	550	38	40	42	45	450	35	17	60°
12	55	550	38	40	42	45	450	35	17	90°
13	60	550	42	45	48	50	500	35	17	30°
14	60	550	42	45	48	50	500	35	17	60°
15	60	550	42	45	48	50	500	35	17	90°
16	30	300	18	20	22	60	300	20	10	30°
17	30	300	18	20	22	60	300	20	10	60°

Практична робота 3 - Розрахунок кінетики фільтрування металу фільтрами. Фільтрування розплавів через сітчасті фільтри. Фільтрування розплавів через зерністі фільтри. Пінокерамічні фільтри. Хід рішення роботи наведено у прикладі 3.2 (/5/, с. 39.). Варіанти завдань до третьої практичної роботи наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Вихідні дані для розв’язання практичної роботи 3

№ завд.	Вихідні дані	
	Температура розплаву $T$ , °C	Розмір вічка сітки, мм
1	700	0,6 × 0,6
2	700	1,3 × 1,3
3	700	1,7 × 1,7
4	800	0,6 × 0,6
5	800	1 × 1
6	800	1,3 × 1,3
7	800	1,7 × 1,7
8	900	0,6 × 0,6
9	900	1 × 1
10	900	1,3 × 1,3
11	900	1,7 × 1,7
12	1000	0,6 × 0,6
13	1000	1 × 1
14	1000	1,3 × 1,3
15	1000	1,7 × 1,7
16	1100	0,6 × 0,6
17	1100	1 × 1

### **З МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ**

Мета виконання контрольної роботи - закріплення знань, які отримані при вивченні дисципліни і розвинути навички самостійної роботи над технічною літературою, довідниками, нормативними документами.

Контрольна робота строго індивідуальна, спонукає студентів “порційно” засвоїти великий по об’єму курс і контролювати його засвоєння. Контрольна робота містить у собі теоретичні питання та розрахунки за однією з практичних робіт.

Робота виконується наприкінці триместру на заліку. На написання контрольної виділяється 120 хвилин.

Виконується один варіант контрольних завдань згідно з отриманим білетом. На титульному аркуші необхідно вказати:

- точну назву дисципліни;
- варіант контрольної роботи;
- прізвище, ім'я, по батькові в родовому відмінку;
- факультет, групу, курс і спеціальність.

Для вдалого написання контрольної роботи треба дати відповідь на два теоретичних питання, відповісти на тестові завдання та вміти рішати практичні роботи.

Нижче наведено перелік теоретичних питань, за якими будуть тестові завдання та на які треба буде дати відповіді:

- 1 Особливості рідкого металу як гідравлічного об’єкта.
- 2 Поняття про реологію.
- 3 Прості реологічні тіла.
- 4 Пружне тіло Гука.
- 5 В’язка рідина Ньютона.
- 6 Пластичне тіло Сен–Венана.
- 7 Складні реологічні тіла.
- 8 Тіло Кельвіна.
- 9 Тіло Максвела.
- 10 Тіло Шведова.
- 11 Реологічні властивості рідких металів при твердінні та при охолодженні повністю затверділого металу.
- 12 Основні положення гідростатики та гідродинаміки.
- 13 Гідростатичний тиск в нерухомій рідині на плоскі стінки.
- 14 Гідростатичний тиск в нерухомій рідині на криволінійні стінки.
- 15 Динамічний тиск рідини, що рухається.
- 16 Рівняння Бернуллі для ідеальної та реальної рідини.
- 17 Витікання металу з стопорного ковша. Швидкість струменя металу та час спорожнення ковша.
- 18 Розрахунок необхідного розміру стопорного стаканчика.
- 19 Витікання металу з ковша з носиком. Траєкторія руху струменя.
- 20 Рух металу в ливниковій чаші і воронці.

- 21 Затримання неметалічних часток в чаші.
  - 22 Рух металу в стояці.
  - 23 Стояки, які працюють під розрідженням і під надатмосферним тиском. Конфігурація стояків.
  - 24 Рух металу в шлаковловлювачі.
  - 25 Режими руху металу.
  - 26 Падіння швидкості руху, розрахунок коефіцієнту втрат напору.
  - 27 Затримання неметалічних часток у шлаковловлювачі.
  - 28 Рух металу живильниках та порожнині ливарної форми.
  - 29 Довжина живильників та їх поперечний перетин. Вплив конфігурації та стану поверхні порожнини форми на рух металу.
  - 30 Призначення і необхідні розміри напору.
  - 31 Кінетична енергія струменя металу та його потужність.
  - 32 Сила удару струменя у стінки форми та стрижнів та її зменшення.
  - 33 Кінетичний тиск струменя на поверхню форми та стрижнів та відрив часток суміші.
  - 34 Розрахунок безрозмірного критерію ерозійної стійкості форми.
  - 35 Гідравлічний удар у верхню півформу при завершенні заливання та розрахунок його величини.
  - 36 Вплив гідравлічного удару на формування пригару, ужимин, газових раковин, підняття верхньої півформи.
  - 37 Статичний тиск металу на стінки форм.
  - 38 Динамічна дія металу на форму. Піднімальна сила на верхню напівформу. Архімедова сила на стрижні.
  - 39 Розрахунок загальної піднімальної сили та елементів скріплення напівформ.
  - 40 Класифікація способів заливання металу і типи ливникових систем.
  - 41 Визначення оптимальних тривалості заливання, розрахункового металостатичного напору та площі вузького перетину ливникової системи.
  - 42 Співвідношення площ поперечного перетину елементів ливникової системи.
  - 43 Область застосування та особливості дросельних ливникових систем.
  - 44 Типи та елементи дросельних ливникових систем.
  - 45 Розрахунок вертикальних дросельних систем.
  - 46 Розрахунок горизонтальних дросельних систем.
  - 47 Раціональні області застосування вертикально – щільових ливникових систем. Елементи систем та їх розрахунок.
  - 48 Ярусні ливникові системи та їх застосування. Методика розрахунку.
  - 49 Призначення дощових ливникових систем та їх конструкція і різновиди. Методика розрахунку.
  - 50 Особливості ливникових систем для сталі.
- Приклад білета до контрольної роботи наведено у Додатку А.

## 4 КОНТРОЛЬ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

В таблиці 4.1 наведені критерії оцінювання знань студентів, які впровадилися із написанням контрольної роботи.

*Таблиця 4.1 – Критерії оцінювання знань студентів*

№	Тип завдання	Кількість балів	
		мінімум	максимум
1	Тестові завдання:		
	- питання 1	-	4
	- питання 2	-	4
	- питання 3	-	4
	- питання 4	-	4
	- питання 5	-	4
2	Теоретичні питання:		
	- питання 1	15	25
	- питання 2	15	25
3	Практична робота	25	30
Всього		55	100

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. **Галдин, М. Н.** Литниковые системы и прибыли для фасонных отливок / М. Н. Галдин, В. В. Чистяков, А. А. Шатульский. – М. : Машиностроение, 1992. – 252 с.
2. **Чуркин, Б. С.** Теория литейных процессов : учеб. / Б. С. Чуркин ; под ред. Э. Б. Гофмана. – Екатеринбург : РГППУ, 2006. – 454 с.
3. **Рабинович, Б. В.** Введение в литейную гидравлику / Б. В. Рабинович. – М. : Машиностроение, 1966. – 424 с.
4. Теория заполнения форм расплавом / В. В. Чистяков, А. Г. Малов, В. А. Честных, А. А. Шатульский. – М. : Машиностроение, 1995. – 162 с.
5. Ливарна гідравліка : навчальний посібник / В. М. Дробязко, А. М. Фесенко, Р. В. Лютий, М. А. Фесенко. – Київ-Краматорськ : ДДМА, 2009. – 84 с.
6. **Гуляев, Б. Б.** Теория литейных процессов : учебное пособие для вузов / Б. Б. Гуляев. – Л. : Машиностроение, 1976. – 216 с.
7. **Старк, С. Б.** Основы гидравлики, насосы и воздухоудные машины / С. Б. Старк. – М. : Metallurgy, 1981. – 458 с.
8. **Чурсин, Б. С.** Флюсовая обработка и фильтрование алюминиевых расплавов / Б. С. Чурсин. – М. : Metallurgy, 1985. – 180 с.
9. **Десницкая, И. В.** Гидравлика жидкого металла : учебное пособие / И. В. Десницкая. – С-П. : Изд-во СПИМаш, 2001. – 80 с.
10. Теоретические основы литейной технологии / А. Ветишка, Й. Брадик, И. Мацашек, С. Словак. – Киев : Высшая школа, 1981. – 318 с.
11. **Баландин, Г. Ф.** Теория формирования отливки / Г. Ф. Баландин. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. – 360 с.
12. **Курдюмов, А. В.** Флюсовая обработка и фильтрование алюминиевых сплавов / А. В. Курдюмов, С. В. Инкин. – М. : Metallurgy, 1980. – 196 с.
13. Специальные способы литья: справочник / В. А. Ефимов [и др.] ; под общ. ред. В. А. Ефимова. – М. : Машиностроение, 1991. – 436 с.

**Додаток А**  
**Приклад білета на заліковій контрольній роботі**

**Білет 22**

**Частина 1. Тестові завдання**

Питання 1. Ливарна гідравліка розглядає питання пов'язані із:

1. Рухом транспортних засобів в ливарних цехах.
2. Принципами вибору матеріалів модельних комплектів.
3. Процесами заповнення форми металом.
4. Будовою діаграм стану подвійних систем.

Питання 2. Реологія – це:

1. Наука про течіння та деформацію речовин.
2. Наука про дослідження фізико-хімічних процесів у ливарній формі.
3. Наука про принципи вибору матеріалів ливарної форми.
4. Наука про витікання металу з ливарних ковшів.

Питання 3. Рівняння для розрахунку швидкості витікання металу зі стопорного ковшу:

1.  $\frac{wl_0}{v}$ .
2.  $\rho gH$ .
3.  $ma$ .
4.  $\mu\sqrt{2gH}$ .

Питання 4. Живильник - це:

1. Елемент ливарної форми призначений для направлення рідкого металу до різних термічних вузлів одного виливка.
2. Пристрій, який дозволяє подавати формувальну суміш у формувальну машину.
3. Елемент ливарної форми призначений для підводу металу від металоприймника безпосередньо у порожнину ливарної форми.
4. Елемент ливарної форми призначений для прийому металу з ливарного ковшу.

Питання 5. Розподілення швидкостей руху рідини в каналі носить параболічний характер при:

1. Турбулентному режимі.
2. Перехідному режимі.
3. Ламінарному режимі.

**Частина 2. Теоретичні питання.**

1. Класифікація способів заливання металу і типи ливникових систем.
2. Розрахунок безрозмірного критерію ерозійної стійкості форми.

**Частина 3. Практична робота.**

Розв'язати практичну роботу 2. Варіант 7.

*Навчальне видання*

## **ЛИВАРНА ГІДРАВЛІКА**

**Робоча програма, методичні вказівки  
і контрольні завдання**

**для студентів спеціальності 6.050402  
заочної форми навчання**

*(Українською мовою)*

Укладач                      **АБДУЛОВ Олександр Радікович**

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання                      **О. М. Болкова**

40/2012. Формат 60 x 84/16. Ум. друк. арк. 1,4.  
Обл.-вид. арк. 1,06. Тираж              пр. Зам. №

Видавець і виготівник  
Донбаська державна машинобудівна академія  
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ДК №1633 від 24.12.2003