

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Методичні вказівки  
до лабораторних робіт з дисциплін  
„Технологія ливарного виробництва” та  
„Теоретичні основи формоутворення”  
(Розділ „Формувальні суміші”)  
для студентів всіх форм навчання

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисциплін "Технологія ливарного виробництва" та "Теоретичні основи формоутворення". Розділ "Формувальні суміші" [Електронний ресурс]: для студентів всіх форм навчання / Укл.: О.Ф. Кузовов, В.Г. Іванов. – Електронні дані. – Запоріжжя: НУЗП, 2021. – 42 с.

Укладачі: О.Ф. Кузовов, доцент, к.т.н.  
В.Г. Іванов, доцент, д.т.н.

Рецензент: В.В. Наумик, професор, д.т.н.

Відповідальний  
за випуск: В.Г. Іванов, зав.каф., д.т.н.

Схвалено  
НМК Інженерно-фізичного  
факультету

Затверджено  
на засіданні кафедри машин і тех-  
нології ливарного виробництва

Протокол № 1  
від „ 19 ” серпня 2021 р.

Протокол № 1  
від „ 17 ” серпня 2021 р.

## ЗМІСТ

<b>Лабораторна робота №1. Виготовлення рідкої самотверднучої суміші та визначення її властивостей.....</b>	<b>4</b>
1.1 Загальні відомості.....	4
1.2 Завдання на підготовку до лабораторної роботи.....	7
1.3 Контрольні запитання для самоперевірки.....	7
1.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання.....	8
1.5 Порядок виконання лабораторної роботи.....	15
1.6 Вказівки з техніки безпеки.....	18
1.7 Зміст звіту.....	18
<b>Лабораторна робота №2. Визначення властивостей початкових матеріалів для РСС.....</b>	<b>18</b>
2.1 Загальні відомості.....	18
2.2 Завдання на підготовку до лабораторної роботи.....	20
2.3 Контрольні запитання для самоперевірки.....	21
2.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання.....	21
2.5 Порядок виконання лабораторної роботи.....	25
2.6 Вказівки з техніки безпеки.....	28
2.7 Зміст звіту.....	28
<b>Лабораторна робота №3. Вплив способу твердіння на міцність пластичної рідкоскляної суміші (ПРС).....</b>	<b>28</b>
3.1 Загальні відомості.....	28
3.2 Завдання на підготовку до лабораторної роботи.....	29
3.3 Контрольні запитання для самоперевірки.....	30
3.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання.....	30
3.5 Порядок виконання лабораторної роботи.....	30
3.6 Зміст звіту.....	31
<b>Лабораторна робота №4. Дослідження впливу температури та часу твердіння на міцність суміші гарячого твердіння. 31</b>	<b>31</b>
4.1 Загальні відомості.....	31
4.2 Завдання на підготовку до лабораторної роботи.....	34
4.3 Контрольні запитання для самоперевірки.....	34
4.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання.....	35
4.5 Порядок виконання лабораторної роботи.....	40
4.6 Вказівки з техніки безпеки.....	40
4.6 Зміст звіту.....	41
Рекомендована література.....	42

## **Лабораторна робота №1**

### **ВИГОТОВЛЕННЯ РІДКОЇ САМОТВЕРДНУЧОЇ СУМІШІ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЇЇ ВЛАСТИВОСТЕЙ**

Мета роботи – вивчити склад рідкої самотверднучої суміші, функціональне призначення і характеристики кожного інгредієнту суміші, область застосування, переваги та недоліки, принцип роботи, правила експлуатації лабораторного обладнання, методики визначення властивостей суміші та шляхи керування ними.

#### **1.1 Загальні відомості**

Рідкі самотверднучі суміші (РСС) їх винайдення та широке промислове впровадження відноситься до середині 60-х років.

Здатність текти формувальна суміш набуває завдяки добавки до її складу невеликої кількості поверхново-активної речовини (ПАР) – синтетичного продукту, що має властивості рідкого мила. У результаті інтенсивного перемішування інгредієнтів суміші ПАР вспінюється. У суміші між піщинками знаходяться замкнуті бульбашки повітря і плівки ПАР, внаслідок чого сила тертя між частинками піску різко знижується, суміш набуває здатність текти і, подібно рідині, заповнює опоки та стрижневі ящики без додаткового ущільнення. Це є головною перевагою РСС, що дозволяє механізувати достатньо простими засобами процеси виготовлення форм і, особливо, стрижнів, як у крупносерійному, так і в одиничному виробництвах. Твердіння суміші відбувається без допомоги теплового сушіння, а в наслідок хімічної взаємодії між зв'язуючим та речовиною, що є обов'язковою у складі РСС – затверджувачем.

Таким чином у склад РСС входять наступні компоненти:

1. Вогнетривкий наповнювач (найчастіше пісок кварцовий).
2. Зв'язуюче.
3. Піноутворювач.
4. Затверджувач.
5. Спеціальні добавки.

Спеціальні добавки додають у суміш при необхідності регулювання її технологічних властивостей (наприклад для покращення вибивання) або з метою послаблення або посилення дії зв'язуючого, піноутворювача та затверджувача.

Якщо між рідким зв'язуючим та затверджувачем (порошкоподібним або рідким) відбувається хімічна реакція, що викликає твердіння системи, то на основі цих компонентів можливо бути утворена холоднотвердіюча суміш (ХТС), добавка у яку ПАР перетворить її у РСС. Справа тільки у коштовності цих компонентів, їх доступності та технологічності отриманої суміші.

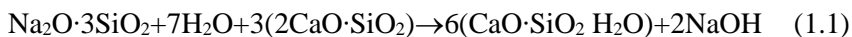
У деяких видах РСС, наприклад у цементних, поділення компонентів на зв'язуюче і затверджувач – умовне, тому що у даному випадку цемент виконує обидві функції. У наш час відомі склади РСС, в яких у якості зв'язуючого використовують широко розповсюджені матеріали – рідке скло, лігносульфонати технічні, синтетичні смоли. Для кожного зв'язуючого застосовують різні затверджувачі, коло яких безперервно розширюється з розвитком хімії та зростанням обсягу наукових досліджень.

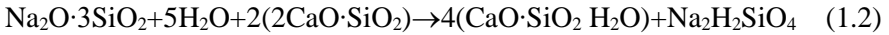
Так, для рідкого скла, затверджувачами є порошкоподібні матеріали: двокальцієвий силікат  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ , що уявляє собою білий шлак ферохромового виробництва, а також нефеліновий шлак – побічний продукт виробництва алюмінію, наближений за складом, зовнішньому вигляду та властивостям до ферохромового шлаку. Крім того застосовують цемент, доменний шлак, феросиліцій, фтористі з'єднання кремнію та інші. В останній час розроблені та набувають найбільшої перспективи рідкі затверджувачі на основі ацетатів етіленгліколю (Росія), складних ефірів (Україна) – тільки придатних для ХТС. Рідкі затверджувачі дозволяють знизити вміст зв'язуючого у суміші і, завдяки цьому, різко покращити її вибивання з виливків, усуваючи один з головних недоліків сумішей з рідким склом.

Для лігносульфонатів технічних затверджувачами служать: водний розчин  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , цемент, алюмінатний спек – проміжний продукт виробництва алюмінію та інші.

Для синтетичних смол – ортофосфорна кислота, сульфокислоти та інші.

Найбільше розповсюдження набула РСС з використанням рідкого скла як зв'язуючого та ферохромового шлаку як затверджувача. За сучасними уявами твердіння системи з рідким склом модуля  $M=3,0$  відбувається за одним з варіантів реакції:





Рідке скло використовується з модулем 2,6 – 3,0 та щільністю 1,32 – 1,50 г/см<sup>3</sup>.

Ферохромовий шлак – дисперсний порошок з питомою поверхнею не нижче 1600 – 1700 см<sup>2</sup>/г.

Як піноутворювач найбільше розповсюдження отримав РАС (рафінований алкиларилсульфонат) – речовина світло-коричневого кольору, без запаху, щільністю 1,12 – 1,15 г/см<sup>3</sup>.

Піски застосовують кварцові з вмістом глини не більше 2%, групи 02, а також 016 та 0315.

Завдяки запіненому стану, щільність РСС у затверділому стану – порядку 1,45 – 1,50 г/см<sup>3</sup>, тобто на 20 – 25% нижче піщано - глинистої ущільненої суміші. З одного боку це позитивний фактор, тому що за рахунок цього знижується питома витрата суміші, але в той же час при більших феростатичних тисках та масивних товщинах стінок виливків не виключена деформація форм при заливанні металом.

Обладнання для приготування РСС і контролю її властивостей виготовлено фірмою „Центрозап” (Польща) на основі методик та схем, що були розроблені у колишньому СРСР.

Фізико-механічні і технологічні властивості суміші, які будуть вивчені у даній роботі, безпосередньо впливають як на процес виготовлення форм і стрижнів (текучість, міцність, тривалість твердіння) так і на процес формування вилівка (газопроникність). Властивості суміші залежать від багатьох факторів: вмісту інгредієнтів суміші, їх якості і характеристик, способу, тривалості та інтенсивності перемішування суміші у процесі виготовлення. Усі властивості готової суміші змінюються з часом як при кімнатній температурі, так і під дією теплоти.

Текучість РСС. У даному випадку цей термін має той же фізичний сенс, що і рідкотекучість металів, тобто здатність до течії під дією власної ваги (гравітаційної сили). Ця властивість визначає здатність суміші заповнювати вільний простір у опоках і стрижневих ящиках та відтворювати конфігурацію робочої поверхні форм і стрижнів без додаткового ущільнення.

Ступінь піноутворення – здатність суміші утворювати піну у процесі виготовлення, тобто здатність до зменшення щільності за рахунок залучення повітря у бульбашки між піщинками. Дуже запінена суміш має велику усадку за висотою форми або стрижня.

Тривалість схоплювання та сили схоплювання – момент початку твердіння суміші та інтенсивність твердіння. За однією з цих характеристик можливо визначити живучість суміші, тобто час протягом якого приготовану суміш можна використати для формування, а також оцінити активність затверджувача.

Міцність суміші – здатність суміші витримувати механічні навантаження. Звичайно визначають межу міцності на стиск та розтягування. Обидва показника зростають з часом, досягаючи певної межі. За інтенсивністю зростання цих показників визначають момент часу, до якого суміш набуває достатню маніпуляційну міцність ( $\sigma_{ст} \geq 0,03$  МПа), тобто за такою міцністю модель можна вилучати з форми або стрижень зі стрижневого ящика. Важливо також знати час, за який суміш набуває достатню технологічну міцність і можлива заливка форм (звичайно  $\sigma_{роз} \geq 0,3$  МПа).

Газопроникність – здатність суміші пропускати крізь себе газ (повітря). Одразу після виготовлення газопроникність дорівнює нулю. Це пояснюється наявністю піни між піщинками суміші. По мірі твердіння суміші у плівках утворюються тріщини і газопроникність зростає. Теплова обробка суміші (нагрів) надає їй високу газопроникність.

## **1.2 Завдання на підготовку до лабораторної роботи**

Перед виконання м лабораторної роботи за літературою [1, С.50-54; 2, С.59-63, 72-76, 272-276; 3; 4, С.6-15, С.21-26, С.148-154, С.200-212; 5, С.283-288] познайомитися з теоретичним матеріалом щодо складу РСС переваг та недоліків, області використання, а також порядку приготування суміші та методики визначення її властивостей.

## **1.3 Контрольні запитання для самоперевірки**

- 1 Чому ці суміші називають рідкими, тоді як у їх складі рідка складова біля 8%?
- 2 Назвіть область використання РСС.
- 3 Які переваги використання РСС?
- 4 Які недоліки є у РСС?
- 5 Назвіть компоненти, з яких складається РСС та їх функціональне призначення.
- 6 Чим РСС відрізняється від ХТС?

7 Які речовини використовують у якості зв'язуючого, затверджувача, піноутворювача? У якому агрегатному стані вони можуть знаходитися?

8 Назвіть порядок приготування суміші.

9 Який тип змішувачів використовується для приготування РСС? Чому саме такий?

10 Назвіть склад РСС, що досліджується у цій роботі.

11 Які головні показники рідкого скла Ви знаєте?

12 Які характеристики суміші досліджено у даній роботі?

13 Для чого треба знати ці характеристики?

14 Як визначити текучість, ступінь піноутворення, тривалість схоплення, сили схоплення, міцність, газопроникність та ін.?

15 Від чого залежать властивості суміші?

## 1.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання

### 1.4.1 Обладнання

1.4.1.1 лабораторний змішувач (рис.1.2) моделі LM-R2 „Центо-зап” (Польща).

Змішувач складається з двох основних вузлів:

I-вана, у якій відбувається перемішування компонентів суміші за допомогою горизонтального шнека;

II-корпус, у якому розташовані привід валу змішувача, тумблер вмикання режиму роботи, тумблера вмикання і вимикання змішувача, сигнальні лампи (червона та зелена), реле часу (всередині корпусу).

Технічна характеристика

Режим роботи – ручний та автоматичний.

Об'єм ванни – 5 дм<sup>3</sup>.

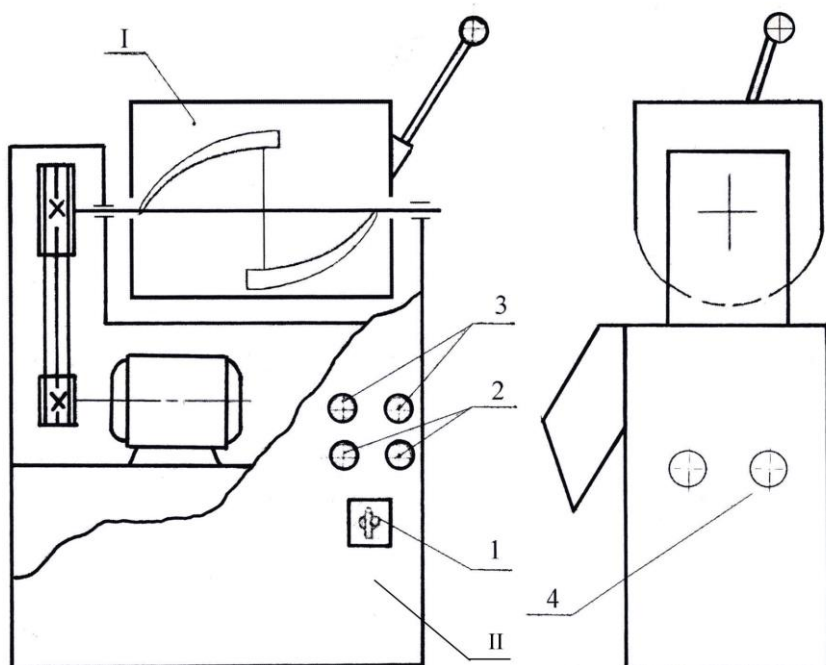
Номінальна маса суміші – 6...8 кг.

Частота обертання мішалки – 85 хв<sup>-1</sup>.

Напруга у мережі – 380 В.

Потужність електродвигуна – 1,5 кВт.

Маса змішувача – 230 кг.



- I – ванна; II – корпус змішувача;  
 1 – тумблер вмикання режиму роботи;  
 2 – тумблери вмикання і вимикання змішувача;  
 3 – сигнальні лампи (червона і зелена);  
 4 – реле часу (всередині корпусу)

Рисунок 1.1 – Схема устрою шнекового змішувача

### Правила експлуатації

Вмикання змішувача відбувається зеленою кнопкою, вимикання – червоною (кнопки 2).

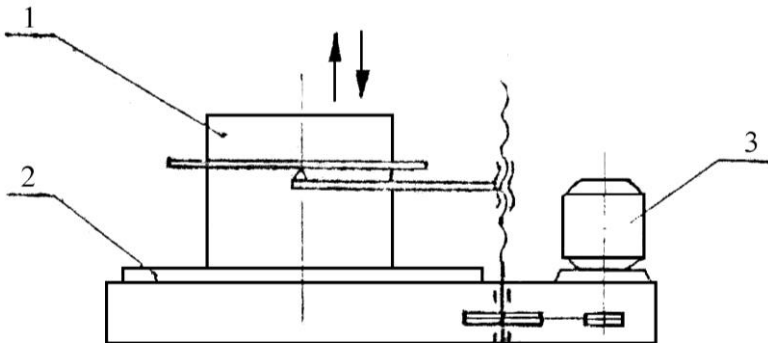
При ручному режимі роботи час перемішування необмежений. Перехід змішувача на ручний режим відбувається шляхом переведення тумблеру 1 на передній панелі у положення, що відповідає загоранню зеленої сигнальної лампи, на автоматичний – червоної лампи 3. При автоматичному режимі роботи час перемішування (0,5...5,0 хвилин) задається за допомогою двох реле часу 4, що розташовані всередині шафи та зачинені верхніми бічними дверцятами.

При автоматичному режимі після закінчення заданого часу перемішування сухих компонентів вмикається звуковий сигнал, після чого у ванну треба додати рідкі складові та включити друге реле натисканням зеленої кнопки. Звуковий сигнал при цьому закінчується. Після вичерпання часу перемішування рідких та сухих компонентів суміші – змішувач зупиняється. Суміш випускають у приймальний бункер шляхом повороту ванни за допомогою ручки.

Після закінчення роботи необхідно промити ванну змішувача водою, не припускаючи твердіння суміші.

#### 1.4.1.2 Прилад для текучості (рис.1.2)

Визначення текучості суміші полягає у вимірюванні діаметру розливання суміші постійного об'єму на плоскій горизонтальній поверхні.



- 1 – циліндричний стакан;
- 2 – вимірювальна плита;
- 3 – електродвигун

Рисунок 1.2 – Схема приладу для визначення текучості

#### Правила експлуатації приладу

Спеціальну циліндричну ємність 1, що не має дна, встановити на вимірювальну плиту 2 та наповнити рідкою сумішшю. Ємність з плитою встановити на виллоподібний кронштейн та включити прилад. При цьому кронштейн за допомогою гвинтової передачі від електродвигуна 3 переміщується уверх та піднімає ємність на висоту 100 мм, суміш у цей час виливається з ємності та розтікається по вимірюваль-

ній плиті. Текучість суміші визначають за шкалою вимірювальної плити.

Зупинка руху кронштейна у кінцевому нижньому та верхньому стані здійснюється у автоматичному режимі.

#### Технічна характеристика прибору

Діаметр ємності для суміші, мм	100.
Висота ємності, мм	125.
Шкала вимірювальної плити, мм	100...260.
Висота підйому, мм	100.
Швидкість підйому, мм/сек.	100±10.
Напруга у мережі, В	220.

1.4.1.3 Прилад для вимірювання ступеня піноутворення (рис.1.3).

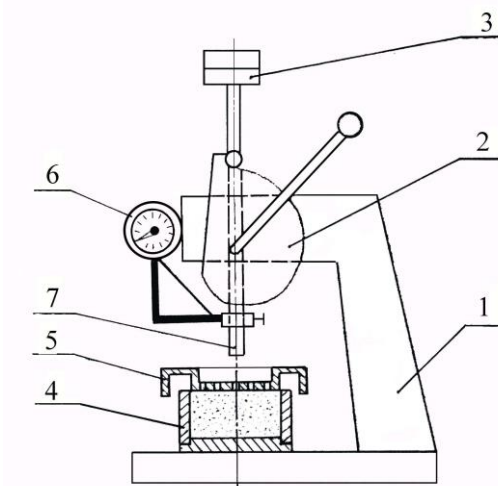
Визначення цієї характеристики відбувається шляхом вимірювання величини, на яку зменшується висота стандартного зразка після гасіння піни. Гасіння піни відбувається за допомогою гасу, що всмоктується сумішшю з поверхні зразка та вантажу, який ущільнює зразок.

Прилад розроблено на основі лабораторного копра. На суцільно литій станіні 1 встановлено кулачок 2 для опускання та підймання вантажу 3 масою 6,667 кг. Гільза 4 для формування зразка (діаметром 50 мм та висотою 20 мм) має знімний пресуючий поршень 5 з отворами діаметром 1,5 мм кількістю 49 штук. На станіні копра жорстко закріплено індикатор годинникового типу 6 з поділкою 0,01 мм.

1.4.1.4 Прилад для визначення тривалості схоплювання (рис.1.4)

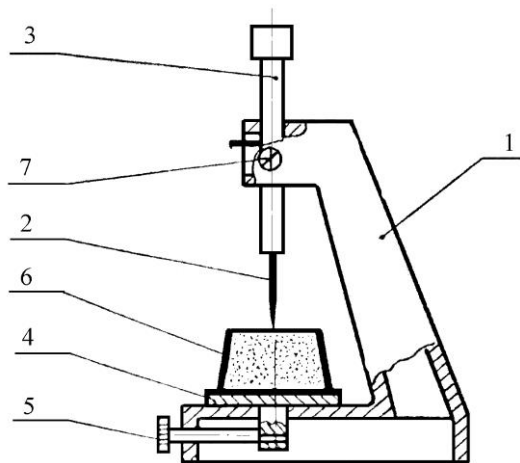
Схоплювання суміші характеризується глибиною проникнення індентору у зразок. Індентор уявляє собою іглу діаметром 4 мм, що має постійний вантаж масою 0,3 кг. По мірі схоплювання (твердіння) суміші глибина проникнення гілки у зразок зменшується. Тривалість схоплювання характеризує активність затверджувача.

Прилад складається із суцільно литого корпусу 1, у якому вільно переміщується вгору та вниз (вручну) шток з гілкою 2 і вантажем. Шкала приладу розрахована на переміщення голки вздовж 40 мм, нульове значення за шкалою приладу відповідає торканню голки рухомого столу 4. Для переміщення столу уверх та униз служить ручка 5.



- |                            |                                   |
|----------------------------|-----------------------------------|
| 1 – станина;               | 5 – поршень, що пресує;           |
| 2 – кулачок;               | 6 – індикатор годинникового типу; |
| 3 – вантаж масою 6,667 кг; | 7 – шток копра                    |
| 4 – гільза                 |                                   |

Рисунок 1.3 – Схема приладу для визначення ступеня запіннення



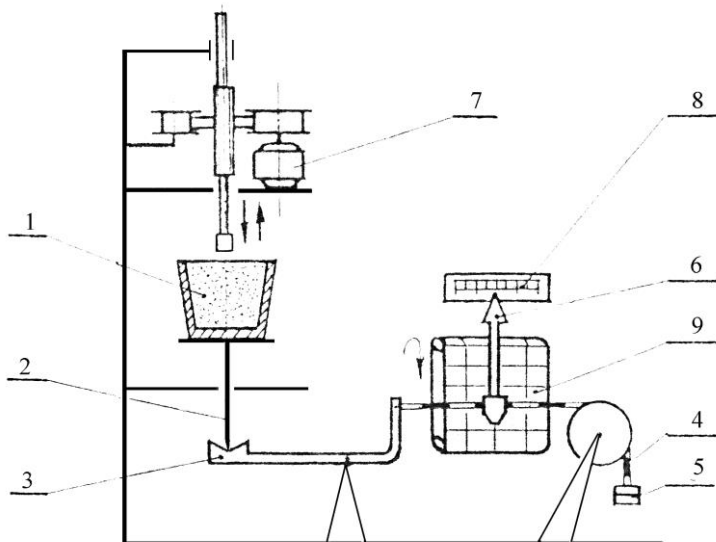
- |                   |             |
|-------------------|-------------|
| 1 – литий корпус; | 5 – ручка;  |
| 2 – голка;        | 6 – гільза; |
| 3 – шток;         | 7 – гвинт   |
| 4 – рухомий стіл  |             |

Рисунок 1.4 – Схема приладу для визначення тривалості схоплювання

Встановити голку приладу у нульове положення, після чого шток підняти уверх та зафіксувати гвинтом 7. Наповнити гільзу 6 сумішшю з деяким надлишком, витримати суміш у гільзі протягом 5 хвилин, потім зрізати залишок суміші. Через кожні 5 хвилин проводити опускання голки у суміш, записувати глибину її проникання. Після кожного уколу ретельно очищати голку від залишків суміші. Необхідно стежити, щоб кожний наступний укол розташовувався на відстані не менш 10 мм як від стінок гільзи, так і від відбитку попереднього уколу. При утворенні твердої корки на поверхні зразка її необхідно пробити. Вимірювання проводити при температурі  $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

#### 1.4.1.5 Прилад для визначення сил схоплювання (рис. 1.5)

Визначення цієї характеристики полягає у вимірюванні величини сили опору проникання індентору у дослідну суміш. По мірі схоплювання (твердіння) суміші ця сила збільшується. Сила, як і тривалість схоплювання, теж характеризує активність затверджувача.



1 – гільза із сумішшю;

2 – шток;

3 – важіль;

4 – тросик

5 – вантаж;

6 – стрілка;

7 – електродвигун;

8 – шкала приладу;


9 – стрічкопротяжний механізм



Рисунок 1.5 – Схема приладу для визначення сил схоплювання

### Принцип роботи приладу

Посудина 1 з дослідною рідиною встановлено на столі приладу. Маса посудини і стола зрівноважена важелем 3, тросиком 4 та вантажем 5 таким чином, щоб стрілка 6 реєструючого пристрою знаходиться у нульовому положенні. Переміщення індентора здійснюється за допомогою гвинтової передачі від електродвигуна 7. Пересування індентора вниз здійснює тиск на суміш передаючи зусилля на важіль 3. Внаслідок цього стрілка 6 відхиляється від нульового положення, тим сильніше, чим у більшому ступені твердіє суміш. Реєструючий пристрій має шкалу 8 та стрічкопротяжний механізм 9, на діаграмній стрічці якого за допомогою записуючого вузла можливо записувати величину переміщення стрілки з часом.

### Правила експлуатації приладу та методика іспиту

Закріпити індентор у гнізді приладу. Відкрити бічні дверцята та встановити вантажі: для індентора діаметром 2,5 мм – два вантажі, для індентора діаметром 5 мм – один (менший) вантаж та закріпити їх двома гайками. На приймальний стіл приладу встановити спеціальну ємність з дослідною сумішшю. Пересуванням вантажу, що розташовано на передній панелі, вивести показник стрілки реєстратора у нульове положення. Встановити на реєстраторі потрібну швидкість пересування стрічки пристрою, що записує: I-у або II-у та включити реєстратор натисканням кнопки, що розташована всередині нього. Включити прилад перемикачем „сеть”, що розташовано зверху на передній панелі. Включити пересування індентора вниз (положення ) . Вмикання відповідних перемикачів сигналізується контрольними лампами на передній панелі.

Момент дотику індентору із сумішшю є початком іспиту. По мірі твердіння суміші опір проникненню індентору у суміш збільшується, про що свідчить зростання показників стрілки реєстратора. Іспит рахується припиненим, якщо стрілка реєстратора досягне максимального показника шкали 100, або після проходження індентором шляху, що дорівнює 50 мм. У першому випадку іспит припиняється шляхом переводу перемикача  на швидкісне пересування індентора вверх, у другому випадку рух індентора припиняється автоматично, а перемикач його у верхній початковий стан відбувається також перемикачем .

Технічна характеристика приладу  
для визначення сил схоплювання

Режим іспиту	автоматичний.
Час іспиту, хвилин	до 50.
Діаметри інденторів, мм	2,5 та 5,0.
Швидкість пересування індентора при іспиті, мм/хв.	1,0
Діпазони зміни сили, Н:	
для індентора діаметром 2,5 мм	0...360.
для індентора діаметром 2,5 мм	0...30.

1.4.1.6 Прилади для визначення міцності (мод. 5070 та 5071А), газопроникності (мод.042). Ваги лабораторні 2-го класу точності ГОСТ 19491-74, набір денсиметрів, мірний стакан.

1.4.1.7 Матеріали – пісок 1КO<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ГОСТ 2138-91 ; рідке скло  $\gamma=1,50$  г/см<sup>3</sup>, модуля М=3,0 ГОСТ 13078-81; РАС РТУ 31-56; шлак ферохромового виробництва

### 1.5 Порядок виконання лабораторної роботи

1 Приготувати суміш наступного типового складу (мас. частка, %):

- пісок 1КO<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – 95 – 97;
- ферохромовий шлак – 3 – 5;
- рідке скло ( $\gamma=1,50$  г/см<sup>3</sup>, М=2,6 – 3,0) – 5,5 – 6,5;
- РАС ( $\gamma=1,12-1,15$  г/см<sup>3</sup>) – 0,05 – 0,15;
- вода – 2,2 – 2,5.

Розрахунок складу суміші зводимо у таблицю 1.1

Таблиця 1.1 – Розрахований склад суміші (маса замісу 8 кг)

Найменування інгредієнтів	Склад суміші		
	мас. частка, %	г	см <sup>3</sup>
1 Пісок	95	7600	-
2 Шлак	5	400	-
3 Рідке скло	6	480	320
4 РАС	0,1	8	7,1
5 Вода	2,2	176	176

Звичайно рідкі компоненти суміші у заданих кількостях зливають у одну ємність та отриманий розчин називають рідкою композицією. На практиці використовують рідку композицію щільністю 1,29 – 1,32 г/см<sup>3</sup>, яку отримують з рідкого скла більшої щільності шляхом добавки води. Вміст рідкої композиції складає 8,0 – 8,3%.

2 Під керівництвом викладача ознайомитися з правилами експлуатації змішувача, випробувати його роботу у холостому режимі. У автоматичному режимі приготувати РСС при таких вихідних даних:

- час перемішування сухих компонентів – 0,5 хвилин;
- час перемішування з рідкою композицією – 3,0 хвилин;

3 Визначити текучість суміші за діаметром розтікання суміші.

4 Провести визначення ступеня піноутворення суміші.

Після наповнення гільзи 4 шток з піднятим вантажем 3 зіткнути з поршнем 5. Значення індикатору обертанням циферблату встановити у нульове положення. У порожнину пресуючого поршня залити керосин обсягом 3 см<sup>3</sup> та після його всмоктування опустити вантаж шляхом плавного повороту кулачка. Зразок під вантажем витримати 5 хвилин. Зменшення висоти зразка за рахунок гасіння піни та ущільнення суміші визначають за показником індикатору. Ступінь піноутворення визначають за формулою

$$S = \frac{\Delta h}{h} 100\% \quad (1.1)$$

де  $\Delta h$  - зменшення висоти зразка (за показником індикатору), мм;

$h$  - початкова висота зразка, мм.

5 Визначити тривалість схоплювання за приладом.

На основі отриманих експериментальних даних побудувати графік зміни глибини проникнення голки з часом. Кінцем схоплювання можна рахувати моментом проникнення голки у зразок на глибину меншу ніж 3 мм.

6 Визначити силу схоплювання за приладом.

Побудувати графік зміни сили схоплювання з часом.

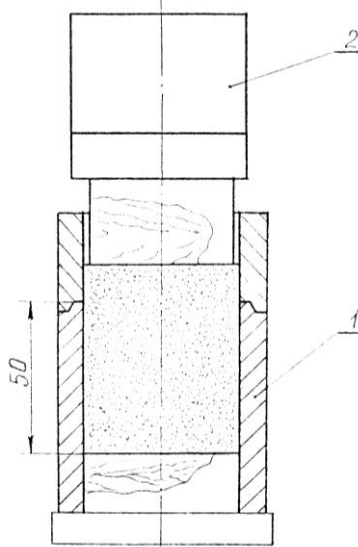
7 Визначити міцність суміші на стиск та розривання за допомогою стандартних зразків (ГОСТ 23409.06-78 та ГОСТ 23409.07-78)

Для випробування на стиск використовують зразки діаметром 50 і висотою 50 мм, на розривання – зразки „вісімки”. Зразки готувати у спеціальних стрижневих ящиках (трьохмісцеві для циліндричних, двумісцевих для „вісімок”), які заповнюють рідкою сумішшю з надлишком та ущільнюють зверху вантажем масою 7,3 кг протягом 5 хвилин, після чого навантаження знімають, а після 10 хвилин – зрізають надлишок суміші. Випробування на міцність проводять за відомими методиками на приладах мод. 5070А та 5071А з автоматичним електронним показанням результату випробування.

Випробування зразків провести через 30, 50, 70, 90 хвилин після приготування суміші.

#### 8 Визначити газопроникність суміші

Визначення газопроникності проводити на стандартних зразках діаметром і висотою 50 мм. Виготовлення зразка виконувати у гільзі 1 (рис.1.6), для чого гільзу наповнюють рідкою сумішшю з деяким надлишком та навантажують 1,275 кг на 5 хвилин, а потім через 10 хвилин знімають верхню частину гільзи та зрізають надлишок суміші. Випробування проводять за стандартно методикою (ГОСТ 23408.06-78), через такі ж проміжки часу, що і при випробуванні міцності.



1 – гільза;

2 – вантаж

Рисунок 1.6 – Схема пристосування для формування зразків на визначення газопроникності

### **1.6 Вказівки з техніки безпеки**

1 При роботі ванна змішувача повинна бути закрита решіткою, яка має блокуючий пристрій, що вимикає обертання лопаті при її відкриванні.

2 При відкриванні верхніх бокових дверцят для доступу до реле часу змішувач необхідно відключити від мережі.

3 Всі роботи з електричними приладами проводити після ознайомлення з правилами техніки безпеки праці на цих приборах.

4 Перед роботою на електричних приладах переконатися, що прибори заземлені.

### **1.7 Зміст звіту**

Надати результати по визначенню текучості суміші, ступеня спінювання, а також графічні залежності від часу: міцності на стиск, міцності на розривання, газопроникності, тривалості схоплювання та сил схоплювання. Зробити висновки.

## **Лабораторна робота №2 ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОЧАТКОВИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ РСС**

Мета роботи – вивчити властивості початкових матеріалів та методики їх визначення, вміти проводити досліди та оцінити властивості цих матеріалів для РСС.

### **2.1 Загальні відомості**

Якість початкових компонентів оказує вирішальний вплив на властивості суміші. У початкових матеріалах періодично піддають контролю піноутворювач, затверджувач та наповнювач (пісок).

Піноутворювач – поверхнево-активна речовина (ПАР), яке переводить суміш у текучій стан, вибирають зі класу милоподібних, напівколоїдних. Основними контрольними технологічними характеристиками ПАР є їх здатність до піноутворювання та стійкість піни. Ці характеристики залежать як від молекулярної будови ПАР, так і від ступеня її розбавлення водою (концентрації), температури. Розбавлення водою для більшості ПАР приводить до збільшення їх піноутворюючої здатності, досягаючи деякого максимуму, після чого при по-

дальшому розбавленні вона монотонно знижується або стабілізується, досягаючи практично постійного значення.

Характер зміни стійкості піни при цьому також різний. Вплив температури на піноутворюючу здатність для різних ПАР також є неоднаковим, у більшості, зі зростанням температури вона підвищується, досягаючи максимуму при 40-90<sup>0</sup>С, у деяких ПАР (наприклад у газойлевого контакту Петрова) вона знижується. Стійкість піни у більшості ПАР при нагріванні знижується, що є наслідком зниження в'язкості розчину ПАР та зростання швидкості витікання рідини з плівок піни, а також зневоднення плівок внаслідок випаровування води. Піноутворююча здатність розчинів ПАР зростає тим більше, чим сильніше ПАР знижує поверхневий натяг. Випробуванням піддають, як правило, або 5-% водний розчин ПАР, або рідку композицію, тобто розчин ПАР зі зв'язуючим тієї же концентрації, як і для виготовлення РСС.

З порошкоподібних затверджувачів для РСС найбільше розповсюдження отримали білий шлак ферохромового виробництва, що розсипається, та нефеліновий шлак – побічний продукт виробництва глинозему з нефелінових руд. За зовнішнім виглядом, хімічним складом та властивостям це близькі речовини, що уявляють собою дрібнодисперсний порошкоподібний матеріал близький до складу  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  (табл. 2.1 і 2.2).

Таблиця 2.1 – Фізико-хімічні властивості зразків ферохромового шлаку різних заводів

Завод	Хімічний склад шлаку (середній), мас. частка, %					Питома поверхня шлаку, см <sup>2</sup> /г	Активність, хв.
	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
1 Челябінський	50	25	5	10	7	1300-1700	-
2 Актюбінський	52	27	6	9	5	1450-1800	-
3 Серовський	51	26	7	10	3	1350-1800	-
4 Запорізький	54	27	5	9	5	1800	45
5 Запорізький	54	27	5	9	5	2275	31

Таблиця 2.2 – Хімічний склад нефелінового шламу (середній), мас. частка, %

Завод	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O
1 Волховський	54,4	30,4	3,5	2,9	2,3
2 Пікалевський	56,5	29,7	2,9	3,0	2,8

Основна технологічна характеристика шлаку – його активність, що визначає такі властивості суміші як тривалість схоплення та величину сил схоплення. Активність в значній мірі залежить від питомої поверхні матеріалу (див. зразки №4, 5, табл. 2.1). Чим вище питома поверхня, тобто чим менше розмір часток наповнювача, тим вище активність шлаку. За іншими рівними умовами активність шлаку знижується при збільшенні тривалості його зберігання та вологості. Оптимальний термін зберігання – до двох тижнів, вологість – 0,2...0,4%; при цьому активність шлаку (тривалість схоплення суміші) складає до 45 хвилин. Якщо властивості суміші погіршуються їх регулюють шляхом збільшення вмісту шлаку у складі або поновленні його партії.

У якості наповнювача для РСС використовують кварцові піски 016 – 020 з вмістом глини менш 2%. Крім стандартних характеристик (зернового складу, вісту глинистої складової) піску для РСС визначають також його водопоглинаючу здатність. Вона вказує на кількість води, яка затримується у піску при її видаленні за допомогою вакууму. Чим вище ця характеристика, тим гірше властивості наповнювача, що викликає підвищену витрату з'вязуючого для РСС, знижує час твердіння суміші. За даними [4] водопоглинаюча здатність деяких формувальних матеріалів наступна (мас. частка, %):

Кварцовий пісок К020 (Люберецький)	1,70
Відпрацьована РСС	4,30
Ферохромовий шлак	16,92
Маршаліт	17,05
Вогнетривка глина	19,72
Аморфний графіт	3,15

## 2.2 Завдання на підготовку до лабораторної роботи

Для успішного виконання лабораторної роботи необхідно повторити матеріал щодо складу РСС, матеріалів, які використовуються у якості компонентів РСС, їх якості та методики визначення властивостей цих компонентів [2, С.136-139; 4, С.17-21].

## 2.3 Контрольні запитання для самоперевірки

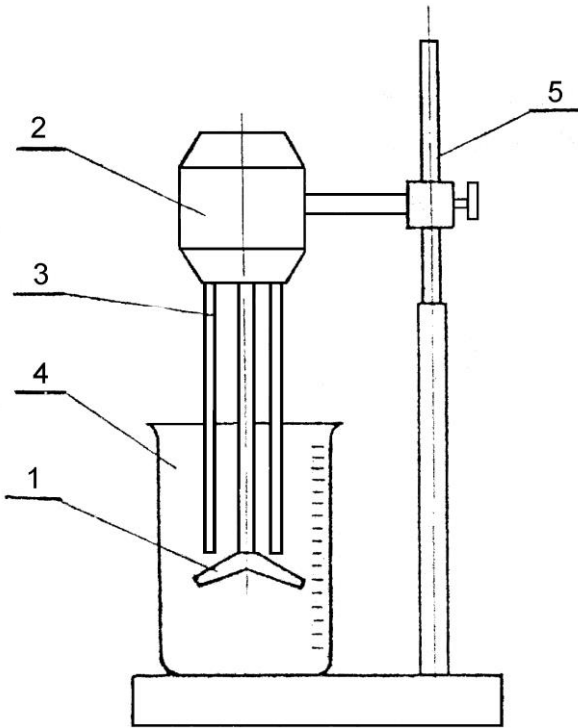
- 1 Що таке РСС?
- 2 З яких компонентів складається РСС?
- 3 Які компоненти РСС піддають контролю та для чого їх контролюють?
- 4 За якими характеристиками контролюють придатність піноутворювача?
- 5 Розкажіть методику визначення характеристик піноутворювача?
- 6 Від чого залежить стійкість піни?
- 7 Які порошкоподібні затверджувачі мають найбільше використання у складах РСС? Назвіть їх приблизний мінералогічний склад.
- 8 Як визначають активність шлаку та на що вона впливає у сумішах РСС?
- 9 Від чого залежить активність шлаку?
- 10 Як визначають питому поверхню шлаку?
- 11 Які характеристики наповнювача контролюють перед використанням у РСС?
- 12 На що впливає водопоглинаюча здатність та навіщо її контролювати?
- 13 Яка методика визначення водопоглинаючої здатності?
- 14 Розкажіть про принцип роботи лабораторного обладнання для визначення піноутворюючої здатності рідкої композиції, стійкість піни, питомої поверхні порошкоподібного затверджувача, водопоглинаючої здатності наповнювача?

## 2.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання

2.4.1 Обладнання та прилади: лабораторний міксер, секундомір, прилади для визначення водопоглинаючої здатності та питомої поверхні сипучих матеріалів.

### 2.4.1.1 Лабораторний міксер (рис.2.1)

Прилад для здійснення методики дослідів уявляє собою міксер з мішалкою 1, що приводить у обертаючих рух електродвигун 2. Паралельно валу мішалки нерухомо закріплені асиметрично розташовані прутки 3 еліптичного перерізу, завдяки яким рідина у мірному стакані 4 більш ефективно перемішується. Переміщення мішалки з електродвигуном вздовж осі кронштейна 5 і фіксування їх у крайніх нижньому та верхньому положеннях здійснюється за допомогою спеціального механізму.



- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| 1 – мішалка;       | 4 – мірний стакан; |
| 2 – електродвигун; | 5 – кронштейн      |
| 3 – прутки;        |                    |

Рисунок 2.1 – Міксер

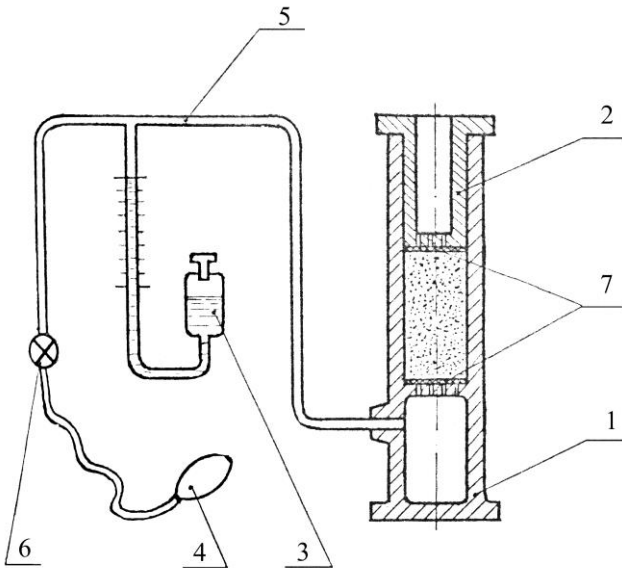
## Правила експлуатації приладу

## Технічна характеристика міксеру

Частота обертання мішалки, хв. <sup>-1</sup> .	2800
Мірний стакан:	
об'єм, см <sup>3</sup>	1000
діаметр, мм	90±10
висота, мм	180
Напруга електродвигуну, В	220.

### 2.4.2 Прилад для визначення питомої поверхні.

Схема устрою приладу для визначення питомої поверхні зображена на рис.2.2. Прилад складається з кювети 1, плунжеру 2, у нижній частині якого є отвір для проходження повітря, манометру 3, трубки 5, двоходового крану 6 і гумової груші 4. Кювета має за високою перегородку з отворами, на яку вкладають диск з фільтрувального паперу 7. Об'єм матеріалу, що досліджують, необхідно підібрати таким чином, щоб при ущільненні плунжером, його головка торкалася стінок кювети. На верхню поверхню матеріалу, що досліджується, також вкладають диск з фільтрувального паперу. Після вкладання матеріалу в кювету за допомогою резинової груші створюють розрядження, величина якого повинна бути достатньою, щоб рідина у манометрі піднялася до верхньої позначки. Час опускання рідини від верхньої позначки до нижньої виміряти за допомогою секундоміру.



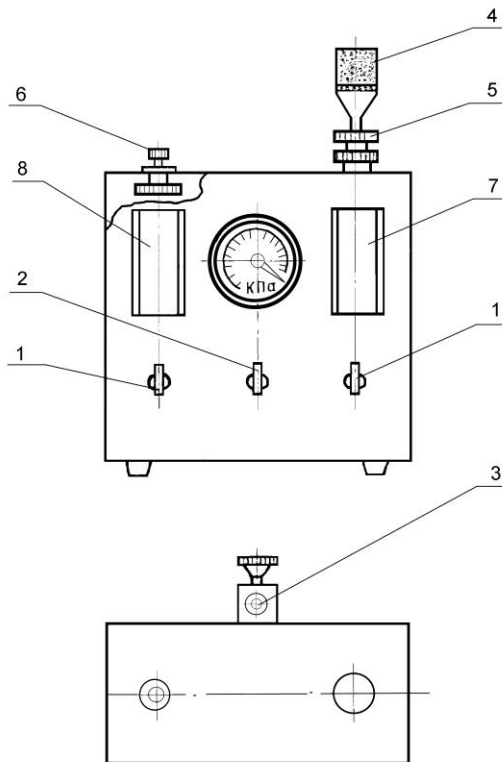
- 1 – кювета;
- 2 – плунжер;
- 3 – манометр;
- 4 – гумова груша

- 5 – з'єднувальна трубка;
- 6 – двоходовий кран;
- 7 – фільтрувальний папір

Рисунок 2.2 – Схема приладу для визначення питомої поверхні порошкоподібного затверджувача

2.4.3 Прилад для визначення водопоглинаючої здібності наповнювача (рис.2.3).

Методика визначення водопоглинаючої здібності наповнювача заснована на принципі визначення кількості води, яка залишається у матеріалі при видаленні її під впливом вакууму. Прилад, схема якого наведена на рис.2.3, складається з лійки 4 з пористою перегородкою з розмірами пор 15 – 40 мкм. Лійка з'єднана з колбою герметично за допомогою ущільнення . Прилад оснащений вакуумметром та вакуумним насосом, що утворює постійне розрядження 392 кПа. Проміжна ємність служить для попередження викиду води у систему.



1, 2 – ручки керування клапанами;      5 – гайка;  
 3 – впускний отвір;                      6 – регулююча голка;  
 4 – лійка;                                      7, 8 – плексигласові бачки

Рисунок 2.3 – Загальний вигляд приладу для визначення водопоглинаючої здатності наповнювача РСС

## Технічна характеристика приладу

Вакуумметричний тиск при видаленні вологи	3,92 кПа
Час досліду	2 години
Наважка сухого матеріалу, що досліджують	200г(1050г)
Напруга мережі	220 В.

2 Матеріали: піноутворювач РАС, рідке скло, ферохромовий шлак.

**2.5 Порядок виконання лабораторної роботи**

1 Приготувати рідку композицію складу, що наведений у роботі №1:

рідке скло ( $\gamma=1,50$ г/см <sup>3</sup> )	6,0 мас. ч
РАС ( $\gamma=1,13$ г/см <sup>3</sup> )	0,1 мас. ч
Вода	2,2 мас. ч
Розрахункова щільність рідкої композиції	1,32 г/см <sup>3</sup> .

2 Визначити піноутворюючу здатність та стійкість піни піноутворювача.

Наповнити мірний калібрований стакан 4 (рис.2.1) рідкою композицією до позначки, що дорівнює 200 см<sup>3</sup>. Встановити стакан у спеціальне поглиблення на столику міксера. Опустити мішалку 1 у крайнє нижнє положення, включити електродвигун 2 натисненням кнопки і перемішувати 60 секунд (за секундоміром). Після закінчення перемішування підняти мішалку у крайнє верхнє положення і за допомогою мірних ділень на стакані визначити об'єм піни, що утворилася. Потім визначити об'єм піни, що залишилася, після закінчення перемішування.

Піноутворюючу здатність рідкої композиції визначають за формулою

$$\Pi = \frac{V}{V_0} 100\% = \frac{V}{200} 100\% \quad (2.1)$$

де  $V$  - дослідний об'єм рідкої композиції, см<sup>3</sup>;

$V_0$  - об'єм піни, що утворилася, см<sup>3</sup>.

Стійкість піни  $\Pi_{30}$

$$\Pi_{30} = \frac{V_{30}}{V_0} 100\% , \quad (2.2)$$

де  $V_{30}$  - об'єм піни, що залишилася, відрахованій через 30 хвилин з моменту закінчення перемішування, см<sup>3</sup>.

3 Визначити питому поверхню порошкоподібного затверджувача.

Принцип методики визначення поверхні порошкоподібного затверджувача полягає у визначенні часу фільтрації постійного об'єму повітря крізь наважку матеріалу, що досліджують, зі заздалегідь відомою щільністю та пористістю. Розрахунок питомої поверхні  $S_{y\delta}$  виконується за формулою

$$S_{y\delta} = \frac{K - \sqrt{P} \cdot \sqrt{\tau}}{\gamma(1-P)\sqrt{\eta_e}}, \quad (2.3)$$

де  $K$  - постійна приладу (що розраховується за спеціальною методикою);

$P$  - пористість матеріалу, що досліджують (визначається за окремою методикою);

$\tau$  - час проходження постійного об'єму повітря через наважку матеріалу, що досліджують, с;

$\gamma$  - щільність матеріалу, що досліджують (визначається за окремою методикою), г/см<sup>3</sup>;

$\eta_e$  - в'язкість повітря при температурі досліду (табличне значення за довідковою літературою), Па·с.

#### 4 Підготовка шлаку

Наважку шлаку 300 – 350 г просіяти крізь сито з розміром вічка 1 мм, висушити при 100°C протягом 1 години, потім перенести у ексікатор та охолодити до кімнатної температури.

#### 5 Визначити щільність

У вимірювальну калібрувальну колбу місткістю 50 см<sup>3</sup> налити із бюретки 25 см<sup>3</sup> керосину, потім засипати в неї 30±0,001 г шлаку. Легко потрясаючи колбою видалити повітряні бульбашки, що знаходились всередині шлаку. Після цього із мірної бюретки заповнити колбу керосином до позначки 50 см<sup>3</sup>, строго відрахував при цьому об'єм всього залитого з бюретки керосину. Щільність шлаку розрахувати за формулою

$$\gamma = \frac{m}{V_2 - V_1} = \frac{30}{50 - V_1}, \quad (2.4)$$

де  $m$  - маса матеріалу, що досліджують, г;

$V_2$  - об'єм вимірювальної колби, см<sup>3</sup>;

$V_1$  - об'єм всього керосину, що був залитий у колбу, см<sup>3</sup>.

#### 6 Визначення пористості

У попередньо зважену суху чисту вимірювальну колбу об'ємом 50 см<sup>3</sup> засипають до позначки шлак. Легким струшуванням протягом 1 хвилини ущільнити матеріал, досипати знову до позначки, повторити струшування протягом 1 хвилини і знову досипати шлак до позначки. Зважити колбу зі шлаком. Пористість шлаку визначається за формулою

$$P = \frac{\gamma - \frac{m_2 - m_1}{V_2}}{\gamma}, \quad (2.5)$$

де  $\gamma$  - щільність шлаку, г/см<sup>3</sup>;

$m_1$  - маса колби, г;

$m_2$  - маса колби зі шлаком;

$V_2$  - об'єм колби (50 см<sup>3</sup>).

#### 7 Визначити питому поверхню за формулою (2.3).

#### 8 Визначити водопоглинаючу здатність наповнювача.

Встановити воротки клапанів 1,2 на передній панелі у вертикальне положення.

Залити у прилад дистильовану воду через відкритий впускний отвір 3 у задній стінці до рівня червоної позначки у водомірній трубці. Встановити спеціальну лійку з керамічним фільтром у гніздо приладу та ущільнити її обертянням гайки 5. Наважку попередньо висушеного при 105 – 110°C матеріалу в кількості 200±0,1 г засипати у лійку та залити водою до висоти 5 мм від верхнього краю лійки. Включити тумблером на боковій панелі вакуумметричний насос з метою промочування водою усього матеріалу, що досліджується. Через 2 хвилини виключити насос і знову залити воду у лійку до того ж рівню, включити насос на 2 години. Вакуумметричний тиск при цьому підтриму-

вати постійним, рівним 3,92 кПа. Тиск регулювати за допомогою регульованої голки 6, що розташована зліва на верхній панелі приладу. Після двогодинного відкачування води вимкнути насос, злити воду із плексигласових бачків 7, 8 шляхом переведу ручок клапанів 1, 2 на передній панелі горизонтальне положення. Плексигласовий бачок 7 служить для накопичення води з лійки. У випадку його переповнення, воду з нього можна перекачати у бачок 8 шляхом повороту ручки 2 клапану у горизонтальне положення. Вилучити лійку з гнізда, взяти з нижньої її частини наважку дослідного матеріалу масою  $100 \pm 0,1$  г, висушити наважку при 105 - 110°C до постійної маси та зважити.

Водопоглинаюча здатність  $N$  визначається за формулою

$$N = (100 - m)100\%, \quad (2.6)$$

де  $m$  - маса навіски після сушіння, г.

## 2.6 Вказівки з техніки безпеки

1 Всі роботи з електричними приладами проводити після ознайомлення з правилами техніки безпеки праці на цих приборах.

2 Перед роботою на електричних приладах переконатися, що прилади заземлені.

## 2.7 Зміст звіту

Навести схеми будови приладів для визначення питомої поверхні затверджувача та водопоглинаючої здатності наповнювача. Зробити висновки про отриманні результати роботи та оцінити придатність дослідних матеріалів для РСС.

## Лабораторна робота №3

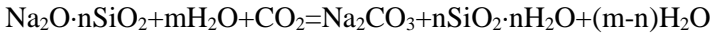
### ВПЛИВ СПОСОБУ ТВЕРДІННЯ НА МІЦНІСТЬ ПЛАСТИЧНОЇ РІДКОСКЛЯНОЇ СУМІШІ (ПРС)

Мета роботи – порівняти ефективність твердіння при різних способах обробки ПРС

## 3.1 Загальні відомості

Пластична рідкоскляна суміш знайшла широке використання у якості стрижневої і облицювальної суміші у виготовленні середніх і

крупних, в основному сталевих, а також чавунних виливків замість піщано-глиняних сумішей з тепловим сушінням. Твердіння ПРС відбувається при продуванні її вуглекислим газом і отримало назву „CO<sub>2</sub> - процес”:



Як видно з реакції, твердіння відбувається за рахунок хімічної реакції, при якій більша частина вільної вологи переходить у зв'язаний стан з утворенням гелю кремнієвої кислоти. При цьому досягаються достатньо високі показники маніпуляторної та технологічної міцності.

За даними І.П. Ренжина („Уралмаш”) після продування вуглекислим газом навколо піщинок утворюється плівка гелю кремнієвої кислоти, а в середині плівки до 60 – 80% незатвердженого рідкого скла, яке твердіє після заливки форми рідким металом внаслідок її прогріву. Після цього остаточна міцність суміші значно підвищується, що погіршує її вибивання. Існують інші способи твердіння суміші: пров'ялювання на повітрі, продування гарячими газами, що містять 10-12% вуглекислого газу, продування гарячим повітрям, а також теплове сушіння у сушилах.

Тривалість продування, що складає 1 – 10 хв, залежить від розмірів форми, прийнятого способу подачі газу та складу суміші. Збільшення тривалості продування приводить до зниження міцності суміші, при цьому на поверхні суміші виникає білий наліт, суміш починає осипатися. Це пояснюється надлишковим зневаженням і розтріскуванням плівок кремнегелю. Продування вуглекислим газом виконують під тиском 0,5 – 0,6 МПа, витрати складають 10 – 12 кг на 1 т виливків.

### **3.2 Завдання на підготовку до лабораторної роботи**

При підготовці до лабораторної роботи треба ознайомитися за рекомендованою літературою зі швидкісними технологіями отримання ливарних форм з використанням газоподібних затверджувачів [2, С.265-271; 5, С.276-282]. Звернути увагу на пластичні рідкоскляні суміші, їх склад, механізм твердіння, переваги і недоліки та область використання.

### 3.3 Контрольні запитання для самоперевірки

- 1 З яких компонентів складається ПРС?
- 2 Яка речовина використовується у якості затверджувача?
- 3 Для чого у ПРС додають глину?
- 4 За рахунок чого відбувається твердіння суміші ПРС?
- 5 Чому вміст рідкого скла обмежено 7%?
- 6 Назвіть область використання ПРС.
- 7 Назвіть основні переваги та недоліки ПРС.
- 8 Чи відрізняються операції виготовлення форм з ПРС за CO<sub>2</sub>-процесом від традиційних методів формування? Яка особливість?
- 9 Яким чином може відбуватися твердіння форм з ПРС?
- 10 Яка тривалість процесу продування вуглекислим газом? Від чого вона залежить?

### 3.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання

1 Обладнання: технічні ваги, лабораторні бігуни, лабораторний копер, сушильна шафа, оснастка для виготовлення і продування зразків.

2 Прилади: прилад для визначення межі міцності на розтяг зразків суміші, балон з вуглекислим газом, редуктор.

Матеріали: пісок кварцовий, рідке скло щільністю (1,48 – 1,52)·10<sup>3</sup> кг/м<sup>3</sup> та модулем 2,4 – 2,6.

### 3.5 Порядок виконання лабораторної роботи

1 Приготувати суміш з 96% кварцового піску 1К02, 4% вогнетривкої глини П1, 7% рідкого скла (склад суміші може бути змінено за вказівкою викладача).

2 Виготовити 12 стандартних зразків – вісімок.

3 Обробити по три зразка за наступними режимами:

3.1 Продути CO<sub>2</sub> протягом 30 с;

3.2 Продути CO<sub>2</sub> протягом 60 с;

3.3 Продути CO<sub>2</sub> протягом 30 с з наступним сушінням при 200 – 220°C протягом 20 мин;

3.4 Висушити у шафі при температурі 200 - 220°C протягом 20 хв.

Продувку проводити безпосередньо у стрижневому ящику під тиском 150 – 170 кПа.

4 Визначити межу міцності на розтяг зразків. Результати звести у таблицю 3.1.

№ варіанту	Межа міцності на розтяг зразків, МПа				Примітка
	1	2	3	Середнє значення	
1					
2					
3					
4					

### 3.6 Зміст звіту

Викласти мету роботи, склад суміші, навести результати досліджу, зробити висновки по роботі.

#### Лабораторна робота №4

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ЧАСУ ТВЕРДІННЯ НА МІЦНІСТЬ СУМІШІ ГАРЯЧОГО ТВЕРДІННЯ

Мета роботи – провести дослідження по визначенню оптимальних технологічних режимів виготовлення стрижнів за гарячими ящиками.

#### 4.1 Загальні відомості

Суміші гарячого твердіння використовують для виготовлення форм і стрижнів за модельної оснасткою, яка нагріта. Цей технологічний процес у ливарному виробництві має назву „Лиття у оболонкові форми” та „Виготовлення форм і стрижнів за гарячими ящиками”.

Характерними ознаками технології є використання нагрітих до 230 - 270°C модельної оснастки і формувальної суміші, у останій в якості зв'язуючого використовують синтетичну смолу термореактивної групи. При нагріванні смола швидко розм'якшується, а потім після внутрішніх хімічних змін, незворотно твердіє, перетворюючись у неплавкий, практично нерозчинний у воді продукт.

Твердіння суміші відбувається у контакті з металевою оснасткою, завдяки чому стрижні і оболонкові форми утворюються високої

точності. Крім того, вони мають високу міцність, як загальну так і поверхневу та практично негіроскопічні.

Після заливання форм рідким металом та його твердінням суміш втрачає початкову міцність внаслідок вигорання зв'язуючого. Остаточна міцність суміші близька до нуля, що обумовлює низькі енерговитрати на вибивання виливок з форм та видалення стрижнів.

До недоліків технології слід віднести токсичність процесу, наявність різкого запаху, що викликаний результатом реакції твердіння смоли. Тому робочі місця обладнують підсиленою приточно-витяжною вентиляцією, автоматизують процес, виключаючи з нього безпосередній контакт робочого з вихідною продукцією у періоди інтенсивного газовиділення. Після охолодження стрижнів до кімнатної температури газовиділення практично припиняється.

Технологія виготовлення стрижнів за гарячими ящиками широко використовується у масовому та крупносерійному виробництвах. При цьому виготовляють стрижні різної складності – від простих до найскладніших.

Склад суміші містить обов'язкові компоненти: вогнетривкий наповнювач (частіше пісок кварцовий), зв'язуюче (смола синтетична) та спеціальні добавки.

У цій роботі використовують суміш наступного складу (мас.частка, %):

1. Пісок кварцовий 1K016	100,0
2. Смола МФ – 17	4,0
3. Стеарат кальцію	0,1
4. Хлористий амоній	0,4
5 Графіт сріблястий	0,1

Глина у складі кварцових пісків знижує загальну і поверхневу міцність піщано – смоляних сумішей після твердіння, вимагаючи підвищеної витрати зв'язуючого. Найкращі властивості сумішей забезпечуються використанням збагачених кварцових пісків з розмірами зерен 0,16 – 0,20 мм та вмістом глини не більше 0,5%.

Смола МФ – 17 (ТУ 6-05-1006-75) є карбамідною (сечовиноформальдегідною) – продуктом конденсації карбаміду с формальдегідом. Вона уявляє собою малов'язку рідину кольором від білого до світло-коричневого. Термін зберігання смоли – до одного року. При більш тривалому зберіганні у результаті протікання реакції поліконденсації

підвищується в'язкість смоли, змінюється її структура та погіршуються властивості. Смолу рекомендується зберігати при низьких температурах – у зимній період при 5 - 10°C, а в літній при 10 - 15°C. За цих умов швидкість реакції поліконденсації зменшується. За температури -20°C смола замерзає, але не втрачає зв'язуючої здатності, після нагрівання до 18 - 20°C смола придатна до використання. Суміші гарячого твердіння на синтетичній смолі МФ – 17 використовують для стрижнів 2 – 3 класів чавунного та кольорового литва.

Як і всі термореактивні зв'язуючі, смола МФ – 17 в залежності від температури проходить три стадії полімерних перетворень (А, В, С).

У початковому стані – стадія А смола називається *резолом*, це плавка (у сухому стані) і розчинна речовина, властивості якого у цьому стані описані вище. Смола у стадію В переходить при нагріванні і називається *резитолом*, при цьому розм'якшується, перетворюючись у резиноподібну масу, яка після охолодження стає твердою та крихкою. Така смола при подальшому нагріванні переходить у неплавкий і нерозчинний стан: стадію С – кінцевий продукт, що називається *резитом*, який і обумовлює властивості сумішею гарячого твердіння.

Смола інтенсивно твердіє також під дією кислот - ортофосфорної, щавелевої та інших. Цей ефект використовують для виготовлення холоднотвердіючих сумішею (ХТС).

Стеарат кальцію – порошок або рідина білого кольору використовують у якості добавки, що покращує низку властивостей суміші. При контакті з гарячою моделлю (стрижневим ящиком) стеарат розм'якшується і пересувається у напрямку металевій поверхні оснастки, що має більш високу температуру. Стеарат кальцію утворює ізольуючий шар між оснасткою та затверділою оболонкою, що полегшує знімання та забезпечує гладку поверхню форми або стрижня. Крім того він знижує тертя між частками піску, що забезпечує краще заповнення форми при засипанні та надуванні, збільшення щільності і міцності оболонки. У суміш додають стеарат кальцію у кількості 2 – 6% від маси смоли.

Хлористий амоній – каталізатор твердіння. Додається до суміші у кількості 0,5 – 1,0% від зв'язуючого; зкорочує час твердіння суміші на 1,5 – 2,0 хвилини і підвищує питому міцність суміші на розтяг.

Графіт сріблястий використовують для підвищення вогнетривкості і теплопровідності суміші. Завдяки підвищенню теплопровідності, суміш швидше прогрівається та твердіє.

Закис заліза у кількості до 1,5% від маси суміші додають для усунення розтріскування оболонок і стрижнів у процесі заливки

#### **4.2 Завдання на підготовку до лабораторної роботи**

Готуючись до лабораторної роботи треба ознайомитися за рекомендованою літературою [1, С.40-46, С.106-107; 2, С.50-59, С.247-264; 3; 5, С.41-47, С.303-310, ] зі сумішами, що твердіють у гарячій оснастці. Вивчити склад суміші, порядок змішування, призначення її компонентів, стадії твердіння. Вивчити правила техніки безпеки при роботі на устаткуванні.

#### **4.3 Контрольні запитання для самоперевірки**

1 Перелічіть компоненти, що входять до складу суміші, яка буде досліджена у лабораторній роботі.

2 Охарактеризуйте компоненти за їх функціональним призначенням.

3 Чому для цих сумішей використовують здебільше кварцовий пісок, де глинистої складової не більше 0,5%?

4 Чому смоли для цих сумішей називаються синтетичними?

5 Які основні переваги і недоліки сумішей гарячого твердіння?

6 Назвіть область використання технології виготовлення стрижнів за гарячими ящиками?

7 Яким чином може відбуватися нагрівання оснастки?

8 Яким чином відбувається процес приготування сумішей гарячого твердіння?

9 Скільки часу можна зберігати суміші після її приготування?

10 Якими факторами обумовлюється температура нагрівання оснастки?

11 У чому полягає технологічний процес виготовлення форм та стрижнів у нагрітій оснастці?

12 Які стадії полімерних перетворень проходять смоли в залежності від зміни температури?

13 Яка тривалість процесу виготовлення стрижнів та від яких параметрів вона залежить?

#### 4.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання

4.4.1 Обладнання: технічні ваги, лабораторний змішувач.

4.4.2 Прилади: універсальний прилад для формування піскодупним методом стандартного зразка – вісімки, його твердіння та досліду на розтяг.



##### Технічна характеристика

Діапазони визначення	
міцності на розтяг, МПа	0,1...0,5
	0,2...1,6
	1,0...5,0
	3,0...7,0
Діапазони визначення	
міцності на	
стискання, МПа	0,02...0,12
	0,05...0,40
	0,04...1,20
	1,00...5,50
Сила пресування при виготовленні	
циліндричних зразків, кн.	1,0...10,0
Швидкість пересування	
рухомої балки:	
робоча (вимірювальна), мм/хв.	6,0
холостого ходу, мм/хв..	60,0
Похибка при вимірюванні	
міцності, %	±1,0
Похибка при вимірюванні	
температури, °С	±1,0
Напруга живлення, В	220
Витрата максимальної	
потужності, Вт	650
Номінальний тиск повітря	
у мережі, МПа	0,5
Маса приладу, кг	260.

Універсальний прилад для визначення міцності мод. LRu – TS (Польща) призначений для визначення міцності на розтяг зразків, що отримані із сумішей гарячого твердіння, має для цього механізм надування стрижньової суміші у ящик, забезпечуючи формування стан-

дартного зразка – „вісімки”, нагрівальні елементи для нагріву ящика, регулятори температури та часу нагрівання, гвинтовий механізм для розривання зразка з пристроєм для вимірювання сили та автоматичним записом показників результатів дослідів. Прибор служить також для виготовлення стандартних циліндричних зразків методом пресування під високим питомим тиском та визначення їх міцності на стискання


#### 4.4.2.1 Позначки символів на приладі

Основний прилад

●● - положення балки під час виготовлення зразка (нейтральне);

● - положення, у якому балка автоматично зупиняється після руйнування дослідного зразка;

●●● - кінцеве нижнє положення балки;

▲●● - кнопка, що приводить у рух балку уверх вище пункту „●●”;

**A** – вимикач автоматичного керування (що використовується при дослідженні зразків зі сумішей гарячого твердіння);


**STOP** – вимикач для зупинки балки у будь-якому положенні;

↑↑ - кнопка швидкого пересування балки уверх;

↑ - кнопка повільного пересування балки уверх;

↓↓ - кнопка швидкого пересування балки вниз;

↓ - кнопка повільного пересування балки вниз;

▲● - кнопка пересування балки уверх або вниз від будь-якого пункту;

**ZF** – кнопка закриття нагрівальних плит стрижньового ящика.

Шафа керування

**Z1 – Z6** – перемикачі вимірювальних діапазонів;

↓ - перемикач вимірювальної системи досліду на міцність;

↓ - перемикач вимірювальної системи виготовлення циліндричних зразків методом пресування;

~ - головний вимикач живлення;

**G** – вимикач живлення нагрівальних плит стрижневого ящика;

**R** – вимикач живлення пересування стрічки реєстратора;

↶↷ - встановлення стрілки реєстратора у нульове положення;

\* - запасний вимикач.

#### 4.4.2.2 Перевірка налагодженості приладу

Основний прилад

- 1 Натиснути головний перемикач живлення „~”;
- 2 Вручну відкрити нагрівальні плити;
- 3 Перевірити рухомі балки уверх: натиснути „↑” і через декілька секунд зупинити натисканням „STOP”;
- 4 Натиснути „↓” та виключити „STOP”, балка повинна зупинитися у кінцевому нижньому положенні – „•••”;
- 5 Перевірити кнопки „↑↑” та „↓↓”, зупиняючи швидке пересування балки натисканням кнопки „STOP”;
- 6 Встановити балку у положення „•••”;
- 7 Підключити стиснуте повітря при положенні бокового важеля „WYt”;
- 8 Пересунути балку уверх до стикання нижньої та верхньої половин стрижневого ящика; у момент зіткнення балку зупинити за допомогою „STOP”;
- 9 Закрити нагрівальні плити натисканням кнопки „ZF”;
- 10 Задати час твердіння на реле часу;
- 11 Натиснути „A”, натиснути „↓” та вимкнути „STOP”;

12 Повільно пересунути важіль у положення надування „**SAt**” та повільно повернути назад у положення „**WYt**”. Після спливання заданого часу нагрівальні плити повинні розкритися і балка почне пересуватися униз до положення „●●●”.

#### Реєстратор

- 1 Виключити „~”;
- 2 Дістати реєстратор з шафи і встановити його в положення запису вмиканням тумблера „**Antrib**”;
- 3 Включити „~”;
- 4 Включити кнопку перемикача вимірювальних діапазонів „**Z6**”;
- 5 Включити „ ”; ↓
- 6 Воротком потенціометру „ ←○→ ” встановити стрілку реєстратора вище другого ділення шкали;
- 7 Включити „**R**” та після початку руху стрічки у реєстраторі виключити „**R**”;
- 8 Встановити воротком „ ←○→ ” стрілку реєстратора у нульове положення, при натисканні рукою на нижній кронштейн стрілка реєстратора повинна відхилитися, що свідчить про налагодженість приладу.

#### Нагрівальна система

- 1 Встановити штепсельне гніздо на вилку нагрівальних плит;
- 2 Завести термопару у гніздо;
- 3 Задати будь-яку температуру (до 50°C) на датчику температури;
- 4 Включити „**G**”;
- 5 Після з’ясування того, що плити нагріваються, виключити „**G**”.

#### 4.4.2.3 Виготовлення зразків та проведення дослідження

- 1 Подати стиснуте повітря у мережу при закритому вентилі подачі повітря у прилад;
- 2 Заповнити стрижневий ящик сумішшю резервуар на 4/5 його місткості;
- 3 Встановити потрібне час твердіння суміші на реле часу.

4 Встановити потрібну температуру твердіння суміші на датчику температури.



5 Розмістити у реєстраторі шкалу для визначення міцності на розтяг (Rm), вибрати передбачений вимірювальний діапазон і відповідно з позначенням на шкалі натиснути відповідний перемикач вимірювальних діапазонів „**Z**”;

6 Пересунути балку уверх до стикання нижньої та верхньої половин стрижневого ящика, після чого зупинити натисканням „**STOP**”;

7 Закрити нагрівальні плити натисканням „**ZF**”;

8 Перевірити вірність закривання нагрівальних плит (повинні стикатися зі стрижневим ящиком, при необхідності піджати плити вручну);

9 Включити „**G**” – нагрівання плит;

10 Натиснути вимикач „  ”, натиснути „**A**”, натиснути „”;

11 Воротком потенціометру встановити стрілку реєстратора у нульове положення;

12 Натиснути „**R**” – рух стрічки реєстратора;

13 Після нагрівання стрижневого ящика до заданої температури встановити наконечник гумового вдвального шлангу у гніздо стрижневого ящика та зафіксувати його шляхом повороту на 90°;

14 Піджати нагрівальні плити до стрижневого ящика за допомогою ручного важеля; відкрити вентиль подачі повітря у прилад; виконати надування ящика сумішшю повільним рухом бокового важеля з положення „**WYT**” в положення „**ZAT**”, після чого важіль повільно повернути в початкове положення „**WYT**”; закрити вентиль подачі повітря у прилад;

15 Вимкнути „**STOP**”;

16 Після спливання заданого часу твердіння відбувається відкривання нагрівальних плит, пересування балки униз та навантаження на дослідний зразок, під дією якої він руйнується; стрілка реєстратора повертається у нульове положення, автоматично виключається пересування стрічки; балка автоматично зупиняється у положенні „•••”;

17 Вимкнути „**A**”;

18 У випадку, коли міцність зразка перевершить вибраний вимірювальний діапазон (стрілка виходить за межі шкали) треба миттєво натиснути перемикач діапазонів на більш високий, відповідно до позначення;

19 Видалити з половин стрижневого ящика залишки стрижня, очистити плити та ящик від залишків суміші, після чого прилад знову готовий до проведення нового досліду.

Матеріали: пісок кварцовий, смола МФ – 17, стеарат кальцію, хлористий амоній, графіт сріблястий.

#### **4.5 Порядок виконання лабораторної роботи**

1. Приготувати суміш заданого складу.

Процес приготування суміші полягає у змішуванні до стану рівномірного розподілення між собою усіх складових. Змішування виконують у лопатному змішувачі з об'ємом ванни 1 – 5 дм<sup>3</sup>, що розрахований на виготовлення порції суміші масою 6 – 8 кг. Розраховану кількість усіх сухих компонентів суміші: піску, стеарата кальцію (половина дози), хлористого амонію, графіту та закису заліза засипають у змішувач та перемішують 2,0 – 2,5 хвилини, потім вводять смолу і перемішують 2,5 – 3,0 хвилини, додають другу дозу стеарата кальцію і перемішують ще 2,5 – 3,0 хвилини. Приготовлену суміш у закритій тарі можна зберігати протягом 1 – 2 місяців.

2. Дослідити суміш при температурах твердіння (°C): 240, 255 і 270 та часу витримки у стрижневому ящику (хв): 2,0; 2,5; 3,0. Для кожного варіанту дослід повторити три рази. Результати дослідів занести у табл.4.1 та зробити аналіз отриманих даних. Оптимальне співвідношення технологічних параметрів температури і часу твердження прийняти таким, яке забезпечує максимальну міцність суміші і продуктивність процесу.

З метою зменшення кількості експериментів і отримання математичної моделі, що відображає взаємозв'язок між цими параметрами, рекомендується використовувати метод математичного планування експерименту.

#### **4.6 Вказівки з техніки безпеки**

Найбільш небезпечною операцією при проведенні роботи є формування зразка – вісімки, яке відбувається шляхом надування суміші у стрижневій ящик стисненим повітрям тиском 0,6 МПа.

Необхідною умовою безпеки при надуванні суміші є надійне з'єднання надувного сопла і гнізда стрижневого ящика, які під час надування повинні бути взаємно зафіксовані. Операцію надування вико-

нують тільки учбовий майстер або викладач з використанням захисних окулярів. Студентам з метою виключення травмування очей необхідно знаходитися на відстані не ближче трьох метрів від приладу. Враховуючи, що елементи стрижневого ящика та дослідний зразок нагріті до високих температур, необхідно користуватися рукавицями при виконанні відповідних операцій.

#### **4.7 Зміст звіту**

Виконати ескіз принципової технологічної схеми роботи устаткування, привести результати дослідження та зробити висновки.

## 6 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

- 1 Формувальні суміші: Навч. посібник / С.П. Дорошенко. – К.: ІЗМН, 1997. – 140 с.
- 2 Формовочные материалы и смеси / С.П. Дорошенко, В.П. Авдокушин, К. Русин, И. Мацашек. – К.: Вища школа, 1990; Прага: СНТЛ, 1990. – 415 с.
- 3 Жуковский С.С., Лясс А.М. Формы и стержни из холоднотвердеющих смесей. – М.: Машиностроение, 1978. – 222 с.
- 4 Борсук П.А., Лясс А.М. Жидкие самоотвердеющие смеси. – М.: Машиностроение, 1979. – 255 с.
- 5 Кукуй Д.М., Скворцов В.А., Эктова В.Н. Теория и технология литейного производства. – Мн.: Дизайн ПРО, 2000. – 416 с.