

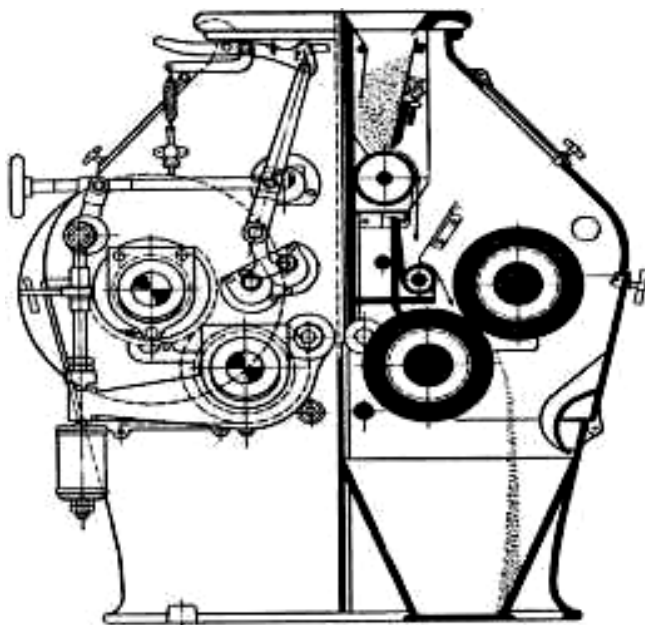
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет агротехнологій

Кафедра виноградарства та плодовоовочівництва

## ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА БОРОШНА, КРУП ТА КОМБІКОРМІВ

**Методичні рекомендації**  
щодо виконання лабораторних робіт студентами  
денної форми навчання спеціальності 8.09010101 «Агрономія»



МИКОЛАЇВ  
2015

УДК 664.6/.7

ББК 36.82

Т38

Друкується за рішенням науково-методичної комісії факультету агротехнологій Миколаївського національного аграрного університету від \_\_\_\_\_ 2015 р., протокол № \_\_\_.

Укладачі:

- І. Д. Дудяк – канд. с.-г. наук, доцент, завідувач кафедри виноградарства та плодовоовочівництва, Миколаївський національний аграрний університет;
- М. С. Туз – асистент кафедри виноградарства та плодовоовочівництва, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

- О. М. Дробітько – канд. с.-г. наук, директор фермерського господарства «Олена» Братського району Миколаївської області;
- С. Г. Чорний – д-р. с.-г. наук, професор, завідувач кафедрою ґрунтознавства та агрохімії Миколаївського національного аграрного університету.

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| Передмова.....   | 5  |
| 1 Визначення ефективності сепарування зернової маси.....                         | 6  |
| 2 Вивчення зміни склоподібності зерна<br>при холодному кондиціюванні.....        | 8  |
| 3 Розрахунок рецептури помольних сумішей.....                                    | 10 |
| 4 Визначення впливу твердості пшениці<br>на борошномельні властивості зерна..... | 21 |
| 5 Визначення впливу крупності зерна<br>пшениці озимої на вміст ендосперм.....    | 24 |
| 6 Визначення впливу вмісту ендосперму<br>на технологічні властивості зерна.....  | 31 |
| 7 Визначення впливу попереднього<br>лущення зерна на вихід і якість борошна..... | 33 |
| 8 Визначення вимелюваності зерна.....  | 36 |
| 9 Визначення ефективності подрібнення зерна.....                                 | 40 |
| 10 Визначення ефективності сортування<br>продуктів подрібнення.....              | 45 |
| 11 Визначення технологічного процесу<br>простого помелу зерна пшениці.....       | 47 |
| 12 Вивчення односортного помелу зерна<br>жита в обдирне борошно.....             | 52 |
| 13 Вивчення односортного помелу зерна<br>пшениці в борошно другого сорту.....    | 57 |
| 14 Визначення технологічної ефективності<br>сортового помелу зерна пшениці.....  | 62 |
| 15 Визначення технологічної ефективності<br>сортового помелу зерна жита.....     | 66 |
| 16 Вивчення хлібопекарських властивостей<br>пшеничного сортового борошна.....    | 68 |
| 17 Вивчення хлібопекарських властивостей<br>житнього сортового борошна.....      | 74 |
| 18 Дослідження фракційного очищення зерна від домішок.....                       | 78 |

|    |  |     |
|----|--|-----|
| 19 | Визначення технологічної ефективності круповіддільних машин.....                     | 82  |
| 20 | Вивчення роботи круповіддільних машин.....   | 87  |
| 21 | Вивчення технології виробництва пшона.....   | 90  |
| 22 | Вивчення технології виробництва гречаної крупи.....                                  | 97  |
| 23 | Вивчення технології виробництва рисової крупи.....                                   | 101 |
| 24 | Вивчення технології виробництва перлової крупи.....                                  | 106 |
| 25 | Вивчення технології виготовлення вівсяних пластівців.....                            | 110 |
| 26 | Вивчення технології луцення плівчастих культур.....                                  | 113 |
| 27 | Вивчення процесів дозування компонентів комбікормів.....                             | 117 |
| 28 | Визначення рівномірності змішування компонентів комбікормів.....                     | 120 |
| 29 | Визначення впливу тривалості змішування компонентів на однорідність комбікормів..... | 127 |
| 30 | Розрахунок поживності комбікормів.....   | 129 |
|    | Список рекомендованої літератури.....  | 138 |

## ПЕРЕДМОВА

Зерно і вироблені з нього продукти: борошно, крупа і хліб овіяні легендарною славою практично усіх поколінь людей, що коли-небудь жили на планеті Земля. Скільки відомо прислів'їв, пісень, заповітів, що прославляють хліб і людей, які його вирощують та обробляють. Святість зерна і хліба відмічена майже у всіх релігіях світу. «Хліб наш насущний...» – такі слова проголошують в одній із священних молитв православних християн. В чому причина такого ставлення людей до зерна та хліба необхідно знати усім, а особливо тим, хто присвятив своє життя їх Величностям.

Аналіз проблем розвитку сільського господарства і харчування людей планети Земля, який проведено спеціальною комісією Організації Об'єднаних Націй (ФАО), показує, що на Землі ніколи не було достатньої кількості продуктів харчування. Кількість населення на Землі постійно зростає і в нинішній час досягла 7 млрд. Збільшується також і виробництво продуктів харчування, але їх зростання недостатнє для того, щоб нагодувати усіх жителів планети. Інтенсивне зростання населення Землі породжує складні проблеми і заставляє, насамперед фахівців, шукати нові шляхи збільшення продуктів харчування.

Техніка і технологія виробництва борошна тісно пов'язані з розвитком цивілізації. Тому історію розвитку борошномельного виробництва доцільно розглядати за етапами розвитку людського суспільства. Найбільш повний аналіз історичного розвитку борошномельного виробництва зробив професор Я. М. Купріц (1951 р.). Переробка зерна в крупу чи борошно з'явилась з появою на Землі землеробства. В той далекий період люди навчилися подрібнювати зерна примітивним знаряддям виробництва, яке пізніше назвали «зернотерками».

У зв'язку з цим оволодіння лабораторними та практичними знаннями з технології виробництва борошна, круп та комбікормів вкрай важливе для студентів агрономічних спеціальностей.

# МОДУЛЬ 1. ВИРОБНИЦТВО БОРОШНА

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1

### ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СЕПАРУВАННЯ ЗЕРНОВОЇ МАСИ

**Мета роботи.** Проведення порівняльної оцінки різних варіантів організації процесу сепарації з метою вибору найбільш ефективного.

**Попередні зауваження.** При виборі конкретної схеми сепарації зернової суміші і характеристики робочих органів сепаруючих машин технолог повинен зважати передусім на оцінку ефективності процесу. Порівнюючи різні варіанти, вибирають той, при якому здійснюється якнайповніше розділення суміші.

**Методичні вказівки.** Розрахунок ефективності (%) процесу сепарування ведуть за формулами:

$$E = \frac{1}{M} * (E_1 P_1 + E_2 P_2), \quad (1)$$

$$M = P_1 + P_2, \quad (2)$$

де  $E_1$  і  $E_2$  – ефективність виділення першого і другого компонентів суміші;

$P_1$  і  $P_2$  – масова частка компонентів після сепарації суміші;

$M$  – загальна маса партії(суміші).

Окремі значення технологічної ефективності (%) процесу визначають за формулами:

$$E_1 = \left( \frac{\frac{P_1 - g_2 - \frac{m_1}{M}}{P_1}}{1 - \frac{m_1}{M}} \right) * 100, \quad (3)$$

$$E_2 = \left( \frac{P_2 - g_1 \frac{m_2}{M}}{1 - \frac{m_2}{M}} \right) * 100, \quad (4)$$

де  $m_1$  і  $m_2$  – масові частки компонентів початкової суміші;  
 $g_1$  – масова доля домішки першого компонента у виділеному  
другому компоненті суміші після сепарації;  
 $g_2$  – частка другого компонента в першому.

**Порядок виконання роботи.** Роботу можна виконувати по двох варіантах. У першому випадку проводять активний експеримент. Для цього штучно складену суміш зерна піддають сепарації і проводять усі розрахунки на основі експериментальних результатів. Другий варіант ґрунтується на аналізі варіаційних рядів вибраних ознак розділення суміші.

Перший варіант. Для складеної суміші зерна масою  $M$  визначають початковий вміст компонентів  $m_1$  і  $m_2$ . Потім проводять сепарацію на одній з лабораторних установок (повітряно-ситовому сепараторі, трієрі, аспіраторі) і визначають масу отриманих при цьому компонентів  $P_1$  і  $P_2$ , а також вміст (домішку) другого компонента в першому –  $g_2$  і вміст першого в другому –  $g_1$ . Потім проводять розрахунок часткової і загальної ефективності процесу за формулами.

Другий варіант. У цьому випадку вибирають характеристику робочого органу сепаруючої машини і на основі отриманих заздалегідь варіаційних рядів деякої ознаки моделюють експеримент, за результатами якого й розраховують  $E_1$ ,  $E_2$  і  $E$ .

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2

### ТЕМА: ВИВЧЕННЯ ЗМІНИ СКЛОПОДІБНОСТІ ЗЕРНА ПРИ ХОЛОДНОМУ КОНДИЦІЮВАННІ

**Мета роботи.** Аналіз впливу режимів холодного кондиціювання на зміну структури ендосперму.

**Попередні зауваження.** При підсушуванні зволоженого зерна в його ендоспермі утворюються мікротріщини внаслідок особливого механізму внутрішнього перенесення вологи і складної структури зерна. Завдяки появі мікротріщин склоподібність зерна знижується.

Такий же ефект спостерігається при зволоженні – підсушуванні зерна при витримці його в валках під час збирання врожаю або ж при короткочасному зберіганні на току. В результаті змінюються технологічні властивості зерна. Важливо знати, як впливають різні фактори на склоподібність зерна.

**Методичні вказівки.** Визначення склоподібності зерна ведуть за стандартною методикою. Для наочності контролю змін склоподібності реєструють окремо повністю склоподібні, частково склоподібні і борошністі зерна.

Для визначення впливу ступеня зволоження і тривалості підсушування на вміст зерен різної склоподібності необхідно проаналізувати паралельно кілька зразків зерна. При цьому кожен зразок зерна повинен мати різну вологість. Записуючи результати розвитку процесу підсушування протягом певного часу отримують кінетичні криві зміни склоподібності, за якими отримують залежність шуканих параметрів від вологості (або ступеня зволоження) зерна для різних моментів підсушування (наприклад: 2, 4, 8, 16 год. і т.д.). Отримані графіки можна потім піддати графічному диференціюванню з метою визначення інтенсивності перетворень структури ендосперму зерна.



**Порядок виконання роботи.** З призначеної для аналізу партії зерна виділяють кілька зразків масою 100...200 г. Їх число визначається конкретною постановкою завдання і залежить від величини зволоженості зерна. Наприклад, якщо вихідна вологість була 12%, то при зміні вологості кожного разу на 1% і при максимальній зволоженості до 17% отримуємо п'ять зразків (13%; 14%; 15%; 16%; 17%).

Для вихідної партії визначають зміст склоподібних, частково склоподібних і борошняних зерен. За цими даними розраховують склоподібність партії. Визначають також вихідну вологість і складають план експерименту, тобто визначають число зразків зерна й вибирають варіант його зволоження. Потім зволожують зерно в заданому розмірі та через визначені проміжки часу знаходять вміст борошнистих, частково склоподібних і склоподібних зерен. Результати обробляють відповідно до описаного вище. На підставі аналізу результатів формують висновок про вплив параметрів режиму холодного кондиціонування на структурні зміни в зерні.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3

### ТЕМА: РОЗРАХУНОК РЕЦЕПТУРИ ПОМОЛЬНИХ СУМІШЕЙ

**Мета роботи.** Освоїти методику розрахунку складу помольної суміші.

**Попередні зауваження.** Технологічні властивості пшениці, що надходить на борошномельні заводи, обумовлені типом, сортом, ґрунтово-кліматичними умовами району зростання. Різна якість партій зерна ускладнює і знижує ефективність процесу переробки, вимагає коригування режимів роботи технологічних систем, призводить до виготовлення борошна з різними показниками якості.

У зв'язку з цим формують помольні партії, які повинні забезпечити протягом 10...15 діб стабільну роботу заводу. Правильне виконання цієї найважливішої підготовчої операції дозволяє підвищити використання зерна в результаті економного витрачання високоякісного зерна і раціонального використання зерна зниженої якості.

Розраховуючи рецепт помольної партії (відсоток підсорткування, масу кожного компонента, якісну характеристику помольної партії), виходять з продуктивності борошномельного заводу, типу помелу, наявності зерна, його якості і якості готової продукції. Складають помольну партію змішуванням зерна різних типів і підтипів, районів зростання, старого і нового врожаю, зниженої і нормальної якості. Компоненти підбирають так, щоб забезпечити високі борошномельні якості зерна та хлібопекарські властивості борошна.

Змішують зерно з урахуванням таких показників якості: склоподібності, клейковини, зольності, вологості та засміченості зерна.

Різне за вологістю зерно змішують в тому випадку, якщо розбіжність за вологістю не перевищує 1,5%. Високозольне зерно змішують з низькозольним так, щоб отримати зольність суміші не вище 1,97%. Зерно різної склоподібності змішують з розрахунку отримання середньої склоподібності для помольної партії 50...60%.

Особлива увага повинна бути приділена забезпеченню в помольній партії необхідної кількості та якості клейковини, що необхідно для вироблення борошна з встановленими за цією ознакою характеристиками. При сортовому помелі кількість клейковини має бути не менше 25%, якість – не нижче II групи; вміст смітної домішки – не більше 2%, зернової – 5%, в тому числі пророслих – 3%.

**Методичні вказівки.** Існує кілька методів розрахунку рецептури помольної партії. Правильність розрахунку перевіряють, визначаючи середньозважені значення показників якості для суміші та їх відповідність нормам якості, що пред'являються до зерна помольної партії. Середньозважене значення показника якості знаходять за формулою:

$$\bar{X} = \frac{m_1X_1 + m_2X_2 + \dots + m_nX_n}{\sum_1^n m}, \quad (5)$$

де  $X_1, X_2, \dots, X_n$  – конкретні значення показників для компонентів суміші;  
 $m_1, m_2, \dots, m_n$  – співвідношення компонентів суміші у %, або маса кожного компонента, кг;  
 $\sum_1^n m$  – маса помольної партії, кг, або 100%.

Крім того, правильність підсорткування рекомендується перевіряти в лабораторній установці з аналізом якості зерна, виходу борошна та його якості.

**Розрахунок помольної партії.** Способи цього розрахунку такі: рішення рівнянь, складання зворотних пропорцій; побудова графіка, розрахунки по основній партії за допомогою ЕОМ.

Рішення рівнянь. Для розрахунку рецептури помольної партії можна використовувати систему рівнянь, в яких в якості невідомих взяті, частки підсорткування кожного компонента, виражені у відсотках або в масовому численні. Система рівнянь має вигляд:

$$\begin{cases} M = m_1 + m_2 + \dots + m_n, \\ \overline{MX} = m_1 X_1 + m_2 X_2 + \dots + m_n X_n, \end{cases} \quad (6)$$

Якщо помольну партію формують з двох компонентів, то рішенням системи буде:

$$m_1 = \frac{M(\bar{X} - X_2)}{X_1 - X_2}; \quad m_2 = M - m_1, \quad (7)$$

Якщо з трьох компонентів, то задача вирішується за умови рівності мас двох із них. У випадку використання трьох компонентів:

$$m_1 = \frac{M(\Delta X_2 + \Delta X_3)}{\Sigma \Delta X}, \quad (8)$$

$$m_2 = \frac{M \Delta X_1}{\Sigma \Delta X}, \quad (9)$$

$$m_3 = M - (m_1 + m_2), \quad (10)$$

де  $M$  – маса помольної партії зерна;

$$\Delta X_1 = (\bar{X} - X_1);$$

$$\Delta X_2 = (\bar{X} - X_2);$$

$$\Delta X_3 = (\bar{X} - X_3);$$

$$\Sigma \Delta X = 2\Delta X_1 + \Delta X_2 + \Delta X_3.$$

Використання більш складних варіантів складу помольної партії принципових змін в методику розрахунку не вносить. Як правило, четвертий чи п'ятий компоненти включають до складу суміші зерна в невеликій кількості (до 10%), тому він має незначний вплив на кінцеві характеристики.

Приклад. Скласти помольну партію для хлібопекарського сортового помелу пшениці зі середньозваженими значеннями склоподібності 55% з двох ви-

хідних компонентів. Склоподібність одного з них – 71%, другого – 43%, вміст клейковини – відповідно 27 і 24%, маса помольної партії – 1000 т (або 100%).

Тоді:

$$m_1 = \frac{100(55-43)}{71-43} = 42,86 \%,$$

$$m_2 = 100 - 42,86 = 57,14 \%.$$

Прийmemo  $m_1 = 43\%$ ,  $m_2 = 57\%$ , тоді маса кожного компонента становитиме:  $m_1 = 430$  т;  $m_2 = 570$  т.

Перевіримо правильність розрахунку визначенням середньозважених значень склоподібності  $C$  і вмісту клейковини  $K$  (%):

$$C = \frac{43 * 71 + 57 * 43}{100} = 55,0,$$

$$K = \frac{43 * 27 + 57 * 24}{2a} = 25,3.$$

Отже, дана суміш зерна по склоподібності та вмісту клейковини відповідає висунутим вимогам і може бути рекомендована до переробки. Аналогічно перевіряють і інші показники якості.

Складання зворотних пропорцій. За цим методом кількість зерна кожної складової частини помольної партії беруть у зворотній пропорції по відношенню до різниці між показниками кожної частини і заданої середньозваженої величини даного показника помольної партії.

У таблиці 1 наведено приклад виконання завдання по другому варіанту. На частку першого компонента припадає 12 частин, другого – 16, суміш буде містити 28 частин.

## Розрахунок помольної партії зерна

| Показник  | Компонент суміші |          | Потрібна партія |
|---|------------------|----------|-----------------|
|   | Перший           | Другий   |                 |
| Склоподібність, %   | 71               | 43       | 55              |
| Відхилення склоподібності компонента від заданої          | 71-55=16         | 55-43=12 |                 |
| Розрахункове співвідношення компонентів в партії (частин) | 12               | 16       | 12+16 = 28      |

Отже:

$$m_1 = \frac{100 \cdot 12}{28} = 43,0, \quad (11)$$

$$m_2 = \frac{100 \cdot 16}{20} = 57\%. \quad (12)$$

Правильність розрахунку визначаємо за середньозваженим значенням склоподібності та клейковини для отримання помольної партії.

*Приклад.* Потрібно скласти помольну партію зерна з склоподібністю 50% і вмістом клейковини 26%, якщо в наявності зерно зі склоподібністю 80%; 42; 26% і вмістом клейковини 29; 28; 22%. Приклад розрахунку наведено в таблиці 2.

Сума частин в помольної партії складе  $32 + 30 + 30 = 92$ , що дасть наступне підсортування для компонента:

$$\text{першого } \frac{100 \cdot 32}{92} = 34,8\%,$$

$$\text{другого } \frac{100 \cdot 30}{92} = 32,6\%,$$

$$\text{третього } \frac{100 * 30}{92} = 32,6\%.$$

Таблиця 2

## Розрахунок помольної партії зерна

| Показник  | Компонент суміші |         |          | Потрібна партія |
|---|------------------|---------|----------|-----------------|
|   | Перший           | Другий  | Третій   |                 |
| Склоподібність %  | 80               | 42      | 26       | 50              |
| Відхилення склоподібності компонентів від заданої для партій: |                  |         |          |                 |
| 1-й і 2-й   | 80-50=30         | 50-42=8 | –        |                 |
| 1-й і 3-й   | 80-50=30         | –       | 50-26=24 |                 |
| Розрахункова відхилення компонентів в партії при наявності:   |                  |         |          |                 |
| 1-й і 2-й   | 8                | 30      | –        |                 |
| 1-й і 3-й   | 24               | –       | 30       |                 |
| Розрахункова величина кожного компонента в партії             | 32               | 30      | 30       |                 |

Правильність розрахунку перевіряємо за середньозваженою склоподібністю:

$$\bar{C} = (80 * 34,8 + 42 * 32,6 + 26 * 32,6) / 100 = 50\%,$$

За середньозваженим вмістом клейковини:

$$\bar{K} = (29 * 34,8 + 28 * 32,6 + 22 * 32,6) / 100 = 26\%,$$

Отже, задана суміш відповідає необхідним умовам.

**Складання графіка.** Для розрахунку на папір наносять дві пересічні лінії, в точці перетину яких проставляють значення показника для суміші (клейковина, склоподібність або інший показник, за яким ведуть розрахунок). Зліва у кожного кінця лінії пишуть значення відповідного показника компонента суміші. Знаходять різницю в значеннях показника компонента і суміші і записують її справа в кінці

лінії. Потім з'єднують горизонтальними лініями результати обчислень з вихідним значенням ознаки компонента. Сума правих чисел дає загальне число частин помольної партії, а кожне праве число – частку компонента.

*Приклад.* Скласти помольну партію склоподібністю 50% з двох компонентів, склоподібність яких 35 і 60%.

Усього частин 25. На частку компонента зі склоподібністю 35% припадає десять частин, а на частку другого компонента зі склоподібністю 60% – 15 частин.

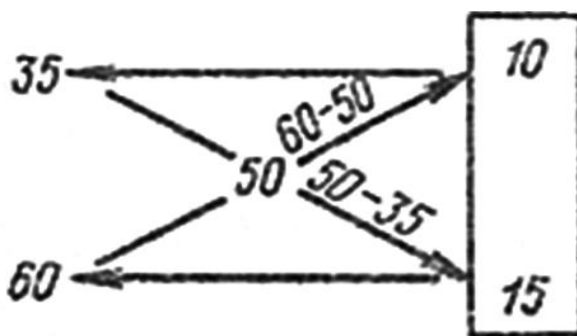


Рис. 1 Схематичне зображення розрахунків (графічний метод) Підсортування для компонента:

$$\text{першого } \frac{100 \cdot 10}{25} = 40\%,$$

$$\text{другого } \frac{100 \cdot 15}{25} = 60\%.$$

Перевіряємо середньозважену склоподібність суміші:

$$\bar{C} = \frac{35 \cdot 40 + 60 \cdot 60}{100} = 50\%.$$

Аналогічно розраховують трьох або чотирьох компонентні суміші, але в цьому випадку складають два графіки.

*Розрахунок помольної партії зерна по основній партії.* В цьому випадку з наявного зерна вибирають основну партію, близьку за якістю до помольної. Вона повинна по масі становити 50...60% помольної партії зерна. Потім відбирають другу партію та складають їх



суміш. Співвідношення компонентів в суміші розраховують за формулою:

$$m_1 = \frac{M(X-X_2)}{X_1-X_2}, \quad (13)$$

Потім, беручи цю суміш за вихідний компонент, до неї додають наступний компонент і т. д.

*Приклад:* Розрахувати помольну партію зерна склоподібністю 50% і вмістом клейковини 25%, якщо є зерно наступної якості: склоподібність – 70%; 45; 30%, вміст клейковини – 28%; 26; 22%.

Змішуємо перші два компонента так, щоб склоподібність була 55,0%. За формулою знаходимо:

$$m_1 = \frac{100(55-45)}{70-45} = 40\%; \quad m_2 = 60\%,$$

Отже, першого компонента потрібно взяти 40, а другого 60%. Тепер розраховуємо кількість третього компоненту з розрахунку кінцевої склоподібності суміші 50%:

$$m_{1+2} = \frac{100(50-30)}{55-30} = 80\%; \quad m_3 = 100 - 80 = 20\%.$$

Таким чином, кінцева трикомпонентна помольна партія зерна буде складатися з 80% суміші першого та другого компонентів і 20% третього. Перший компонент в трьох-компонентній партії складе:

$$X_1 = \frac{80 \cdot 40}{100} = 32\%,$$

а другого:

$$X_2 = 80 - 32 = 48\%,$$

Перевіряємо, чи правильно розрахована помольна партія зерна до вимог за вмістом клейковини:

$$K = \frac{28 \cdot 32 + 26 \cdot 48 + 22 \cdot 20}{100} = 26,8\%,$$

Розрахунок виконано вірно.

Розрахунок помольної партії зерна за допомогою ЕОМ. Для цього лабораторія передає у ВЦ дані по кількості і якості наявного зерна. При розрахунку на ЕОМ можна враховувати всі показники якості та збільшувати число компонентів суміші (проте використовувати більше п'яти компонентів технологічно недоцільно). В якості прикладу в роботі пропонується алгоритм розрахунку підсортування для двокомпонентної суміші. Алгоритм включає розрахунок по склоподібності, перевірку вмісту клейковини та середньозважених значень інших показників, що характеризують помольну партію зерна.

В алгоритмі розрахунку використано такі умовні позначення:  
Середньозважені значення показників помольної партії:

$\bar{Y}_p$  – клейковина;

$\bar{X}_p$  – склоподібність;

$\bar{Z}_p$  – вміст смітної домішки;

$\bar{F}_p$  – зернової домішки;

$\bar{W}_p$  – вологість;

$\bar{H}_p$  – натура.

Для кожного компонента:

$X_1, X_2$  – склоподібність;

$Y_1, Y_2$  – клейковина.

Вміст домішки:

$Z_1, Z_2$  – смітної;

$F_1, F_2$  – зернової;

$W_1, W_2$  – вологість;

$H_1, H_2$  – натура;

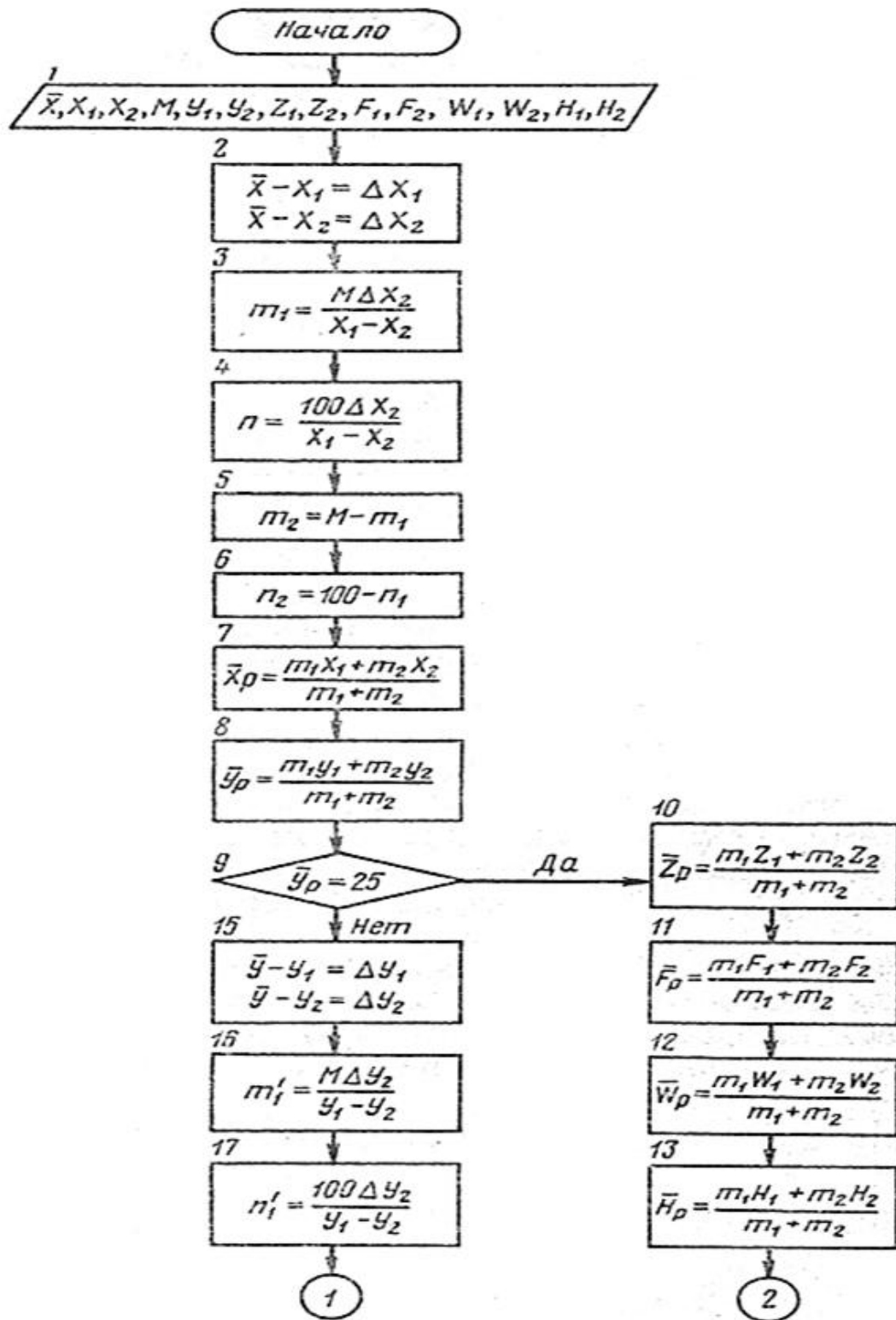
$m_1, m_2$  – маса кожного компонента в помольній партії;

$n_1, n_2$  – величина підсортування зерна;

$M$  – задана маса зерна помольної партії.

**Зміст роботи.** Виконати розрахунок рецептури помольних партій, які містять різну кількість компонентів, що мають конкретне значення якості зерна для борошномельних заводів різної продуктивнос-

ті. Вихідні дані для розрахунку видає науково-педагогічний працівник (НПП). Схеми розрахунків зображено на рисунку 2.



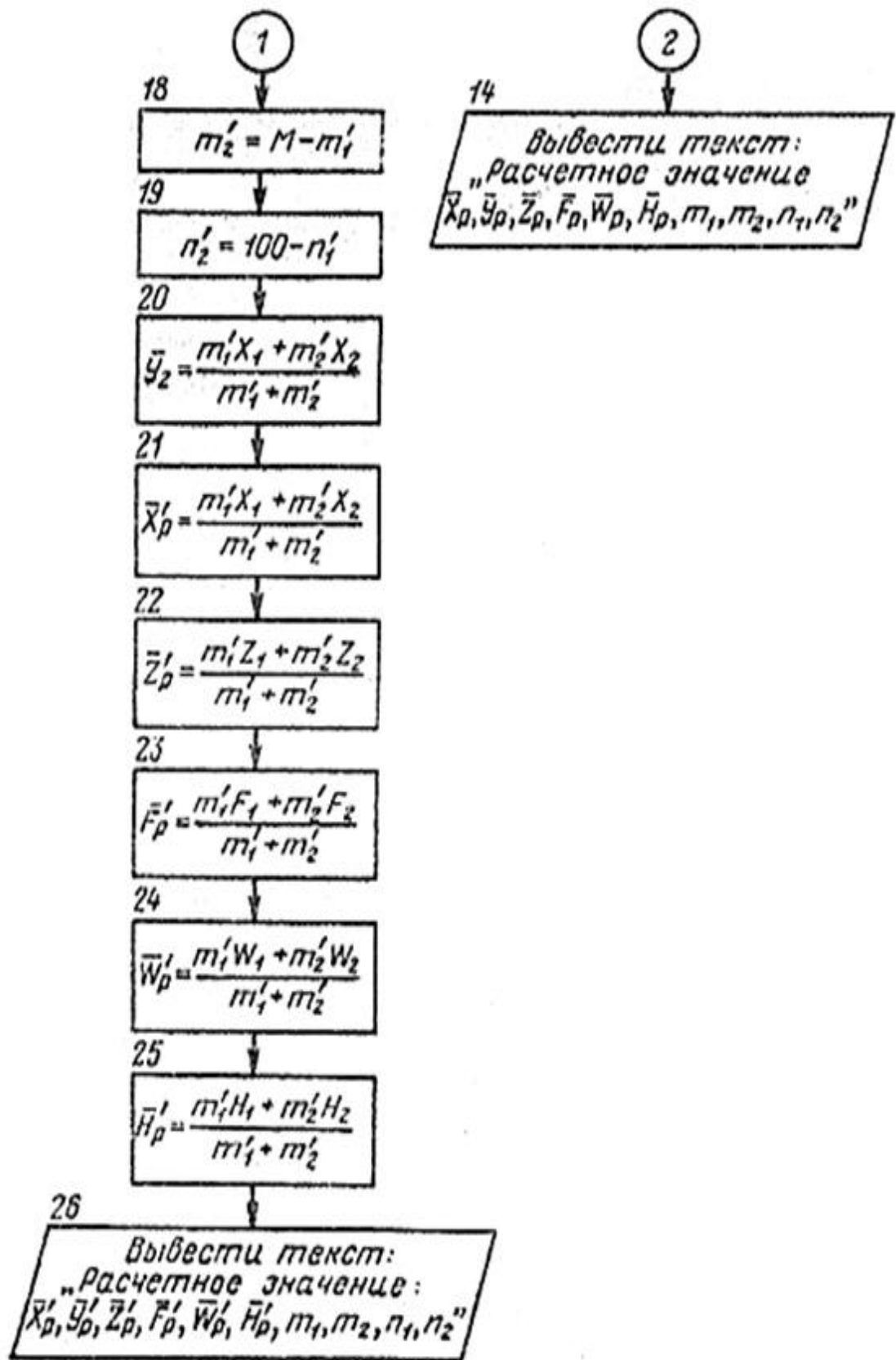


Рис. 2. Блок-схема алгоритму формування помольної партії з двох компонентів.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4

### ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ТВЕРДОСТІ ПШЕНИЦІ НА БОРОШНОМЕЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗЕРНА

**Мета роботи.** Проведення порівняльного аналізу борошномельних властивостей твердої і м'якої пшениці для визначення їх технологічних переваг.

**Попередні зауваження.** Твердість виявляє помітний вплив на борошномельні властивості зерна. Так, сумарне вилучення крупок і дунстів в обдирному процесі приблизно в 1,5 рази вище при помелі твердої пшениці в порівнянні з м'якою. Одночасно змінюється вилучення борошна з обдирних систем у зворотному співвідношенні.

При проведенні холодного кондиціювання тверда пшениця потребує більш тривалого відволоження і більш високого зволоження, ніж м'яка. У м'якої пшениці погано вимелюються оболонки, що змушує подовжувати тривалість обдирного процесу розвитком його останніх систем. Таким чином, для раціональної організації та ведення технологічного процесу підготовки та помелу зерна необхідно брати до уваги твердість пшениці.

**Методичні вказівки.** Визначення твердості пшениці, підготовку зерна до помелу і його помел виконують відповідно до методичних рекомендацій. Щоб отримати достатню кількість даних для аналізу впливу твердості пшениці на результати помелу необхідно в експерименті використовувати 6...10 зразків зерна різної характеристики (3...5 м'яких і 3...5 твердих).

Оцінка борошномельних властивостей залежить від типу лабораторної млинової установки та схеми помелу. При використанні установки МЛУ-202 визначають вихід борошна окремо в обдирному і помольному процесах і загальний вихід борошна. Для оцінки якості борошна можна використовувати показники зольності чи білизни. Бажано визначити їх для кожного потоку борошна, що дасть можли-

вість розробити кумулятивні криві зольності чи білизни для кожного із зразків аналізованого зерна.

Додатково можна розрахувати сумарне вилучення крупок і дунстів в обдирному процесі (за сумою отриманих в помольному процесі борошна і висівок), а також помелоспроможність крупок. Достовірні результати можна одержати також при аналізі вмісту крохмалю у висівках: чим він вище, тим гірша помольність оболонки. Найбільш повну інформацію за борошномельними властивостями зерна дає розробка кількісно-якісного балансу помелу.

Це ж відноситься і до варіанту помелу зерна в установці Нагема. Додатково можна порівняти тривалість обдирного і розмельного процесів, необхідну для досягнення постійного (заданого) виходу борошна (наприклад, 75%). При використанні установки Нагема можна проаналізувати склад і якість, виділених під час обдирного процесу, крупок і дунстів. Бажано також для порівняння результатів розмелювання зерна розрахувати показники ефективності  $K$  і  $n$ . Для розрахунку  $n$  необхідно визначити вміст крохмалю та сухої клейковини в розрахунку на суху масу зерна і борошна.

Для виконання роботи організують 6...10 груп по 2...3 студента, кожна з яких аналізує свій зразок зерна, що відрізняється по твердості від інших. Отримані результати піддають спільній обробці для пошуку залежності окремих показників борошномельних властивостей від твердості пшениці. Ця залежність може бути наведена у вигляді графіків, гістограм, рівнянь регресії. Для оцінки міцності зв'язків показників можна розраховувати і коефіцієнти кореляції і детермінації.

**Порядок виконання роботи.** Для випробування борошномельних властивостей зерна відбирають пробу масою 3...10 кг з партії пшениці з відомою твердістю. Після очищення від домішок і холодного кондиціонування проводять помел зерна відповідно до методики, при цьому складають: кількісний чи кількісно-якісний баланс.

При неможливості визначення зольності всіх проміжних і кінцевих продуктів слід розробити баланс борошна і побудувати кумуля-

тивні криві зольності борошна для кожного аналізованого зразка пшениці. Можна замінити визначення зольності борошна з окремих систем знаходженням її білизни, в цьому випадку викреслюють кумулятивну криву білизни борошна.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5

### ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ КРУПНОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ НА ВМІСТ ЕНДОСПЕРМУ

**Мета роботи.** Визначення залежності відносного вмісту крохмалистої частини ендосперму від крупності зерна пшениці.

**Попередні зауваження.** При сортовому помелі пшениці вміст ендосперму в зерні впливає на вихід борошна. Між вмістом ендосперму і виходом борошна існує тісний взаємозв'язок. Чим більше зерно, тим більше воно містить ендосперму і тим вище ефективність його використання в борошномельному виробництві.

Наприклад, за даними Н. Т. Раїмбаєвої, у великому зерні (схід сита 2,0 – 2,8×20) вміст ендосперму більше на 2...3% в порівнянні з його вмістом у зерні дрібної фракції (прохід сита 2,0 – 2,5×20, схід з 2,0 – 2,5 ×20).

**Методичні вказівки.** Існуючі методи визначення вмісту ендосперму в зерні пшениці можна поділити на три групи: прямі, розрахунково-аналітичні та непрямі.

У першому випадку зерно (зазвичай в зволоженому, набряклому стані) механічно поділяють на частини, які потім висушують, після визначення сухої маси розраховують їх вміст у відсотках.

Розрахунково-аналітичні методи базуються на використанні рівнянь регресії, що пов'язують вміст ендосперму з вмістом різних речовин в зерні, або на застосуванні формул для визначення обсягу зерна і площі його зовнішньої поверхні. При цьому вміст зародка зазвичай визначають експериментально, так як він легко препарується із зволоженого зерна.

Непрямі методи засновані на різниці хімічного складу анатомічних частин зерна. Так, зольність крохмалистої частини ендосперму зазвичай на цілий порядок нижче зольності оболонки і зародка зерна.



Саме цей показник найчастіше використовували експериментатори, при цьому розраховували вміст ендосперму за формулою:

$$m_0 z_0 = \sum m_i z_i, \quad (14)$$

де  $m_0 z_0$  – маса зерна і його анатомічних частин (%);  
 $m_i z_i$  – зольність зерна і анатомічних частин (%).

Для виконання даної роботи можна використовувати два методи. Перший з них базується на особливості розподілу речовин по анатомічним частинам зерна, другий – розрахунково-аналітичний.

Перший метод. Вміст крохмалистої частини ендосперму пшениці визначають за сумою крохмалю і сухої клейковини, які присутні тільки в цій анатомічній частині. В алейроновому шарі, оболонках, зародку не міститься крохмалю і білків, що формують клейковину. Крім того, масова частка суми цих речовин у крохмалистому ендоспермі перевищує 95%, тобто він майже цілком складається з них. За даними Н. Т. Раїмбаєвої, коефіцієнт кореляції між сумою крохмалю, сухої клейковини та вмістом ендосперму дорівнює  $0,97 \pm 0,01$  для пшениці I; III і IV типів, а також їх суміші.

На основі аналізу 72 партій зерна пшениці I; III і IV типів. Н. Т. Раїмбаєвою встановлено, що вміст ендосперму (%) можна визначати за формулою:

$$X_E = 0,97(X_1 + X_2) + 2,68, \quad (15)$$

де  $X_1$  і  $X_2$  – вміст в зерні крохмалю і сухої клейковини в розрахунку на масу сухих речовин, %.

Цю формулу можна перетворити:

$$X_E = X_1 + X_2 + 0,2. \quad (16)$$

Таким чином, для визначення вмісту крохмалистої частини ендосперму необхідно та достатньо визначити вміст у зерні крохмалю і сухої клейковини. Для знаходження крохмалю можна використовувати метод Еверса або метод Архиповича. Точність останнього трохи вище, а витрати часу на аналіз менше.

Вміст сухої клейковини можна обчислити прямим методом – висушуванням сирої клейковини або розрахунковим шляхом за методом Ауермана-Блохіної, за яким спочатку визначають вміст в зерні сирої клейковини  $X_2$  та її якість по приладу ІДК-1. Потім приводять вміст сирої клейковини до вологості зерна 14,5% (щоб виключити вплив останньої) за формулою:

$$(X'_2)_{14,5} = X'_2 \frac{100 - W_0}{100 - 14,5}, \quad (17)$$

де  $W_0$  – вологість зерна, %.

Далі на основі значення  $H_{ідк}$  знаходять коефіцієнт КП (табл. 3) і діленням на нього  $(X'_2)_{14,5}$  обчислюють вміст сухої клейковини  $X_2$ .

Наприклад, отримано, що при вологості зерна 12,5 % вміст сирої клейковини склав 29,3%, а якість її згідно приладу ІДК-1 оцінювалося 95 од. приладу:

$$(X'_2)_{14,5} = 29,3 \frac{100 - 12,5}{100 - 14,5} \approx 30,0.$$

Отримуємо (табл. 3), що при 95 од. приладу ІДК-2 значення КП = 3,150. Отже, зміст сухої клейковини:

$$X_2 = \frac{30}{3,150} \approx 9,5.$$

Однак при використанні розрахункового методу Ауерман-Блохіної результат виходить менш точним, ніж при безпосередньому висушуванні вимитої сирої клейковини.

Для висушування клейковини зручно використовувати прилад Чиждова. Клейковину у вигляді тонкого шару поміщають між двома шарами фільтрувального паперу (попередньо зваженого). Для висушування цієї проби до постійної маси достатньо 5...7 хв.

Визначивши вміст крохмалю та сухої клейковини в розрахунку на суху масу зерна, за формулами (14) та (16) знаходять вміст ендосперму.

Другий метод. Задачу вирішують, визначаючи масу зародка і оболонки з алейроновим шаром. Маса крохмалистої частини ендосперму потім обчислюють за різницею між масою зерна і масою цих анатомічних частин. Всі розрахунки ведуть, по відношенню до сухої маси зерна. Вміст ендосперму є співвідношення:

$$X_e = \frac{m_e}{m_0} 100, \quad (18)$$

де  $m_e = m_0 - (m_1 + m_2)$ ;

$m_0$ — маса сухих речовин зерна;

$m_1$ — маса сухих речовин зародка;

$m_2$ — маса сухих речовин оболонки і алейронового шару.

Вміст зародка визначають прямим методом. Зародок легко відділяють від зерна скальпелем чи препарувальною голкою. Рекомендується попередньо зволожити зерно на вологому фільтрувальному папері протягом доби.

Основна трудність пов'язана з визначенням масової частки оболонки з алейроновим шаром. Найбільш швидко і з достатньою точністю виконують це на основі визначення маси оболонки з алейроновим шаром за формулою:

$$m_2 = V_2 p_2, \quad (19)$$

де  $V_2$  і  $p_2$ — об'єм ( $\text{см}^3$ ) та щільність ( $\text{г}/\text{см}^3$ ) цих анатомічних частин.

При цьому щільність визначають прямим методом, наприклад пікнометрично. В якості об'єкта можна використовувати висівки після обробки їх в ступці і видалення крохмалю. Об'єм оболонок з алейроновий шаром визначають за формулою:

$$V_2 = F_3 \delta, \quad (20)$$

де  $F_3$ — площа зовнішньої поверхні зерна,  $\text{мм}^2$ ,  
 $\delta$ —товщина його зовнішніх оболонок, мм.

При цьому  $F_3$  визначають за формулою:

$$F_3 = 4\pi R(\bar{l} + 3R), \quad (21)$$

де  $R = \frac{5\bar{a} + 6\bar{b}}{60}$ ,  $\bar{a}$ ,  $\bar{b}$ ,  $\bar{l}$  — середньостатистичні значення ширини, товщини і довжини зерна, мм.

Товщину оболонок з алейроновий шаром визначають за допомогою мікроскопа з окуляр-мікрометром, на зрізах, узятих з серединної (по довжині) частини зерна.

**Порядок виконання роботи.** Наважку зерна розсортовують на 3...5 фракцій за крупністю наситах з довгастими отворами, наприклад на наборі сит 2,0–2,8×20; 2,0–2,5×20; 2,0–2,2×20; 2,0–2,0×20; 2,0–1,8×20. З кожної отриманої фракції зерна виділяють проби масою 50...100 г, з якими проводять всі необхідні вимірювання для розрахунку відносного вмісту крохмалистої частини ендосперму відповідно до викладеної вище методики. При цьому використовують один з описаних методів.

Кожну фракцію зерна аналізує окрема група студентів (2...3 особи). Кінцеві результати піддають спільному аналізу, на підставі якого роблять висновок про залежність відносного вмісту ендосперму від крупності зерна.

Як показник крупності використовують ширину зерна, якщо фракцію виділяють на ситах з круглими отворами, або товщину зерна в разі використання набору сит з довгастими отворами. За результатами складають таблиці, гістограми або графіки. Їх можна доповнити розрахунком рівняння регресії.

Таблиця 3

Значення коефіцієнта КП по  $H_{ідк}$ 

| $H_{ідк}$  | КП    | $H_{ідк}$  | КП    | $H_{ідк}$  | КП    | $H_{ідк}$     | КП    |
|------------|-------|------------|-------|------------|-------|---------------|-------|
| Менше 35   | 2,466 | 56...56,99 | 2,721 | 78...78,99 | 2,963 | 100...100,99  | 3,205 |
| 35...35,99 | 2,490 | 57...57,99 | 2,732 | 79...79,99 | 2,974 | 101...101,99  | 3,216 |
| 36...36,99 | 2,501 | 58...58,99 | 2,743 | 80...80,99 | 2,985 | 102...102,99  | 3,227 |
| 37...37,99 | 2,512 | 59...59,99 | 2,754 | 81...81,99 | 2,996 | 103...103,99  | 3,238 |
| 38...38,99 | 2,523 | 60...60,99 | 2,765 | 82...82,99 | 3,007 | 104... 104,99 | 3,249 |
| 39...39,99 | 2,534 | 61...61,99 | 2,776 | 83...83,99 | 3,018 | 105...105,99  | 3,200 |
| 40...40,99 | 2,545 | 62...62,99 | 2,787 | 84...84,99 | 3,029 | 106...106,99  | 3,271 |
| 41...41,99 | 2,556 | 63...63,99 | 2,798 | 85...85,99 | 3,040 | 107...107,99  | 3,282 |
| 42...42,99 | 2,567 | 64...64,99 | 2,809 | 86...86,99 | 3,051 | 108...108,99  | 3,293 |
| 43...43,99 | 2,578 | 65...65,99 | 2,820 | 87...87,99 | 3,062 | 109...109,99  | 3,519 |
| 44...44,99 | 2,589 | 66...66,99 | 2,831 | 87...88,99 | 3,073 | 110...110,99  | 3,530 |
| 45...45,99 | 2,600 | 67...67,99 | 2,842 | 89...89,99 | 3,084 | 111...111,99  | 3,540 |
| 46...46,99 | 2,611 | 68...68,99 | 2,853 | 90...90,99 | 3,095 | 112...112,99  | 3,551 |
| 47...47,99 | 2,622 | 69...69,99 | 2,864 | 91...91,99 | 3,106 | 113...113,99  | 3,561 |
| 48...48,99 | 2,633 | 70...70,99 | 2,875 | 92...92,99 | 3,117 | 114...114,99  | 3,572 |
| 49...49,99 | 2,644 | 71...71,99 | 2,886 | 93...93,99 | 3,128 | 115...115,99  | 3,583 |
| 50...50,99 | 2,655 | 72...72,99 | 2,897 | 94...94,99 | 3,139 | 116...116,99  | 3,593 |
| 51...51,99 | 2,666 | 73...73,99 | 2,098 | 95...95,99 | 3,150 | 117...117,99  | 3,605 |
| 52...52,99 | 2,677 | 74...74,99 | 2,919 | 96...96,99 | 3,161 | 118...118,99  | 3,614 |
| 53...53,99 | 2,688 | 75...75,99 | 2,930 | 97...97,99 | 3,172 | 119...119,99  | 3,625 |
| 54...54,99 | 2,699 | 76...76,99 | 2,941 | 98...98,99 | 3,183 | Та більше     |       |
| 55...55,99 | 2,710 | 77...77,99 | 2,952 | 99...99,99 | 3,194 |               |       |

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 6

### ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ВМІСТУ ЕНДОСПЕРМУ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗЕРНА

**Мета роботи.** Визначення залежності виходу борошна від вмісту крохмалистої частини ендосперму в зерні різної крупності.

**Попередні зауваження.** У попередній лабораторній роботі було показано, що відносний вміст крохмалистої частини ендосперму в зерні істотно знижується зі зменшенням крупності зерна. Отже, вихід борошна повинен зростати з підвищенням крупності зерна. Для чистосортного зерна ця залежність виявляється чітко, причому вихід борошна особливо різко знижується при переході від фракції  $2,0-2,5 \times 20/2,0-2,2 \times 20$  до фракції  $2,0-2,2 \times 20/2,0-2,0 \times 20$ .

При аналізі зерна різних сортів і типів проявляється вплив додаткових чинників, але і в цьому випадку залежність є явною. Вона зумовлена насамперед зміною вмісту ендосперму при різній крупності зерна. Так, за даними Н. Т. Раїмбаєвої, зв'язок виходу борошна з вмістом ендосперму оцінюється коефіцієнтом кореляції від  $0,77 \pm 0,03$  (пшениця III типу) до  $0,92 \pm 0,04$  (пшениця I і IV типів).

У лабораторній роботі студентам пропонується самостійно проаналізувати цей вплив. Робота логічно пов'язана з попередньою, є її продовженням. Витрати часу залежать від типу млинової установки і прийнятої процедури аналізу результатів. При помелі зерна на установці типу Квадратум МЛС-202 потрібно на всю роботу не більше 2 год., при роботі на установці Нагема залежно від схеми помелу і маси проби зерна в середньому 4...5 год. Сюди не входять витрати часу на аналіз показників якості борошна, якщо це буде заплановано.

**Методичні вказівки.** Для виконання роботи партію зерна розсортовують на фракції за крупністю. При цьому працюють з тим же зерном і з тими ж фракціями, які були використані в попередній лабораторній роботі. В іншому випадку буде потрібно виконати всі не-

обхідні операції для визначення відносного вмісту в зерні крохмалистої частини ендосперму.

Маса проби зерна для помелу залежить від типу лабораторної установки: типу Квадратум – достатньо 0,2...0,3 кг, МЛЮ-202 необхідно брати 3...6 кг, Нагема (і подібних установок) – 5...10 кг зерна. Обов'язкова умова для отримання надійно порівнюваних результатів – проведення помелу всіх фракцій крупності на одній і тій же установці.

З кожною окремою фракцією зерна роботу виконує група у складі 2...3 студентів.

Аналіз отриманих результатів всі групи проводять спільно, на закінчення формулюють висновок про залежність борошномельних властивостей зерна від крупності та вмісту ендосперму.

**Порядок виконання роботи.** Залежить від виду використовуваної лабораторної установки, а при використанні установки Нагема – від схеми помелу. З кожної фракції виділяють пробу зерна для розмелювання, проводять його очищення від домішок і холодне кондиціювання. Після розмелу зерна зважують всі продукти і складають кількісний баланс. При цьому розрахунок виходу продуктів розмелу ведуть по відношенню до їх суми, а не до маси проби зерна, взятої для помелу, з тим щоб виключити вплив втрат (розпилу) на кінцевий результат.

Якість отриманих продуктів оцінюють органолептично чи за зольністю, білизною (для борошна), вмістом крохмалю, вмістом та якістю клейковини і т. п. за завданням науково-педагогічного працівника.



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 7

### ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ПОПЕРЕДНЬОГОЛУЩЕННЯ ЗЕРНА НА ВИХІД І ЯКІСТЬ БОРОШНА

**Мета роботи.** Отримання практичних навичок підготовки зерна до помелу із застосуванням машин для лушення.

**Попередні зауваження.** При сортових помелах пшениці та жита на борошно направляють подрібнений ендосперм, а поверхневі оболонки – у висівки. Можливість видалення хоча б частини оболонок в підготовчому відділенні борошномельного заводу істотно підвищує результати переробки зерна в борошно. На борошномельних заводах застосовують мокре лушення (для пшениці з використанням машин типу БМШ) і сухе (для пшениці та жита з використанням машин типу ЗШН). Оптимальне видалення оболонок при підготовці жита до сортових помелів становить 2...3%, а при підготовці пшениці – близько 1% плодкових оболонок до маси зерна. В результаті в борошні знижується вміст клітковини, зольність, поліпшуються білизна та хлібопекарські властивості борошна. Видалення верхніх шарів плодової оболонки знижує міцність зерна, що визначає зменшення витрат електроенергії на її подрібнення.

**Методичні вказівки.** Для виконання цієї роботи можна використовувати будь-яку луцильну машину, наявну в лабораторії. Роботу можна виконувати на зерні жита чи пшениці.

Робота складається з двох частин. Спочатку встановлюють значення вологості та тривалість просушування зерна, забезпечують оптимальне видалення оболонок. Заздалегідь готують зразки зерна певної вологості. Наприклад,  $w_1 = 13\%$ ,  $w_2 = 14\%$ ;  $w_3 = 15\%$ ;  $w_4 = 16\%$ ;  $w_5 = 17\%$ ;  $w_6 = 18\%$ . З кожного зразка беруть 5...6 наважок зерна (масу наважки підбирають залежно від типу луцильної машини), лушення проводять без просушки. Тривалість лушення змінюють для кожної наважки в певних межах, наприклад від 5 до 30 хв. Після за-

кінчення часу лушення зважують оболонки і розраховують їх у відсотках до маси наважки, за результатами будують графік. По ньому знаходять тривалість лушення, що забезпечує задане видалення оболонок за конкретної вологості зерна.

Пошук оптимальної тривалості просушки проводять на зерні конкретної вологості. Задають діапазон просушки і інтервал його варіювання. Залежно від цих параметрів готують наважки (тієї ж маси кожна, що і в першому випадку) і проводять лушення. Тривалість лушення змінюють від 5 до 30 хв. для кожного зразка зерна. За отриманими результатами будують графік залежності відділення оболонок від тривалості лушення і просушки. Аналізуючи графіки, вибирають оптимальні параметри лушення даної партії зерна для заданого видалення оболонок (%).

У другій частині роботи проводять помел зерна, підготовленого за типовою схемою без попереднього лушення, і зерна, що пройшло підготовку з застосуванням лушення при оптимальних параметрах ведення цього процесу.

Для розмелювання використовують будь-яку установку. Бажано заміряти витрату електроенергії на помел. За його результатами – виходу і якості борошна – роблять висновок про доцільність попереднього лушення зерна.

**Порядок виконання роботи.** Розглянемо її виконання для зерна жита при переробці його в обдирне борошно. При цьому помелі рекомендують видаляти 2...3% оболонок. Прийmemo значення 2%. Жито, що надходить на помел, повинно мати вологість 14...15%. Прийmemo значення 14%. При лушенні вологість зерна повинна бути вище на 1,5...2,0%, тому для виявлення оптимальної вологості зерна, що надходить на лушення, приймають значення вологості 14%; 15% і 16%. Знаючи вихідну вологість зерна, розраховують кількість води і зволожують зерно перед лушенням, після чого відразу проводять лушення. Потім будують графік, вибирають оптимальну вологість. Ведуть пошук оптимальної тривалості сушки перед лушенням за методикою, описаною вище.

Переходять до помелу зерна, його проводять на установці Наге-ма. Одночасно фіксують по кожній системі витрати електроенергії.

Після помелу відбирають зразок борошна для аналізу якості – зольності, випічки і т. д. Результати записують у таблицю 4.

Таблиця 4

Оформлення результатів помелу зерна

| Зразок зерна | Вихід борошна (%) в процесі |             |           | Затрати електроенергії на процес |            |           | Якість борошна |                     |                              |
|--------------|-----------------------------|-------------|-----------|----------------------------------|------------|-----------|----------------|---------------------|------------------------------|
|              | обдирно-му                  | розмельному | загальний | обдирний                         | розмельний | загальний | зольність %    | вміст клітковини, % | об'єм хліба, см <sup>3</sup> |
| Без лушчення |                             |             |           |                                  |            |           |                |                     |                              |
| З лушченням  |                             |             |           |                                  |            |           |                |                     |                              |

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 8

### ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ ВИМЕЛЮВАНОСТІ ЗЕРНА

**Мета роботи.** Отримання практичних навичок оцінки вимелюваності зерна як показника його борошномельних властивостей.

**Попередні зауваження.** Вимелюваність являє собою ступінь вилучення ендосперму при помелі зерна в оптимальних умовах, вона залежить від здатності клітин субалейронового шару подрібнюватися в борошно під дією робочих органів машин при збереженні цілісності алейронового шару оболонок. Вимелюваність пов'язана зі структурно-механічними властивостями ендосперму і визначається міцністю органічного зв'язку на межі алейронового і субалейронового шарів.

На вимелюваність зерна впливають район зростання зерна і умови вегетації, тип, сорт, склоподібність, вологість, режими підготовки та помелу і т. д. Вимелюваність зерна поряд з іншими факторами визначає вихід борошна та його зольність. В результаті поганої вимелюваності вихід борошна знижується і збільшується залишковий вміст ендосперму у висівках. Найменші втрати ендосперму у висівках характерні для зерна пшениці IV типу, гірше вимелюється зерно I типу. При розмелі окремих партій зміст ендосперму у висівках може досягати значно більшої величини – до 40%.

**Методичні вказівки.** Розроблено кілька методів оцінки вимелюваності зерна пшениці. Один з них – визначення кількості ендосперму у висівках за вмістом в них крохмалю. Метод розроблений ВНДІЗ і заснований на тому, що весь крохмаль в зерні зосереджений в ендоспермі, тому про вміст ендосперму у продуктах помелу судять за вмістом у них крохмалю.

Вміст крохмалю визначають поляриметричним методом, заснованим на гідролізі крохмалю розчином соляної кислоти, і за здатністю отриманого розчину цукрів обертати площину поляризації (метод Еверса). Вміст ендосперму у висівках знаходять за формулою:

$$\mathcal{E}_{vis} = \frac{249,8\alpha}{100-w}, \quad (22)$$

де 249,8 – перевідний коефіцієнт;  
 $\alpha$  – смужка цукрометра при довжині поляризаційної трубки 200 мм;  
 $w$  – вологість висівок, %.

Кількісно оцінити вимелюваність зерна можна за ступенем вилучення ендосперму (%):

$$n = \left(1 - \frac{m_0 x_0}{mx}\right) 100, \quad (23)$$

де  $m, m_0$  – маса переробленого зерна і висівок, г;  
 $x, x_0$  – вміст крохмалю в зерні і висівках, % с. м.

Для порівняльної оцінки вимелюваності зерна різних типів, районів зростання, різної вологості, способу і режимів ГТО і т. д. проводять лабораторні помели при постійних режимах роботи млина установки – навантаженні, величинах робочих зазорів розмельних вальців. Добре відтворювані і достовірні результати одержують при помелі зерна в установці МЛЮ-202. Можна використовувати й інші установки.

Визначають вміст крохмалю у вихідному зерні, висівках, отриманих з драних і розмельних систем. Висівки з розмельних систем просівають на ситі № 27 для висіву борошна. Для того щоб розрахувати ступінь вилучення ендосперму за формулою (23), вміст крохмалю  $x_0$  у висівках беруть як середньозважену величину:

$$x_0 = \frac{x_{dp} m_{dp} + x_p m_p}{\sum m}, \quad (24)$$

де  $X_{dp}, X_p$  – відповідно вміст крохмалю у висівках з обдирних і розмельних систем;  
 $m_{dp}, m_p$  – їх маса, г.

Можна обмежитися визначенням вмісту крохмалю тільки в висівках з обдирних систем, що істотно спростить і скоротить роботу.

**Порядок виконання роботи.** Для виконання роботи беруть кілька зразків зерна I і IV типів, масою по 2 кг кожен, попередньо очищеного від домішок, що пройшов ВТО при оптимальних режимах за схемою холодного кондиціонування. Перед I обдирною системою відбирають наважку зерна для визначення вологості та вмісту крохмалю. Проводять помел кожного зразка в установці МЛУ-202 при постійних навантаженні та величинах зазорів між вальцями.

Установку МЛУ-202 попередньо налаштовують на вихід 70% борошна із зерна середніх борошномельних властивостей. Після розмелювання зважують борошно та висівки з обдирних і розмельних систем. Відбирають проби висівок і визначають в них вологість і вміст крохмалю. Розраховують вміст ендосперму у висівках і ступінь його вилучення. Результати записують у таблицю 5.

Розмел кожного зразка зерна виконує група з двох осіб. Результати роботи обговорюють спільно. Висновок повинен містити оцінку борошномельних властивостей і вимелюваності кожного зразка і типу зерна.

## Оформлення даних по вимелюваності зерна

| Тип<br>зерна*   | Номер<br>зразка | Вихід борошна з<br>системи |   |                 |   |                |   | Вихід висівок з<br>системи |   |                 |   |                |   | Вміст крохмалю       |               |                 | Вміст ендосперму у висівках % с.м., системи |                 | Коефіцієнт вилучення<br>ендосперму, % |                |
|-----------------|-----------------|----------------------------|---|-----------------|---|----------------|---|----------------------------|---|-----------------|---|----------------|---|----------------------|---------------|-----------------|---|-----------------|---------------------------------------|----------------|
|                 |                 | обдир-<br>ний              |   | роз-<br>мельний |   | загаль-<br>ний |   | обдир-<br>ний              |   | роз-<br>мельний |   | загаль-<br>ний |   | у висівках з системи |               |                 | обдир-<br>ної                               | розме-<br>льної |                                       |                |
|                 |                 | г                          | % | г               | % | г              | % | г                          | % | г               | % | г              | % | в зерні              | обди-<br>рної | розме-<br>льної |   |                 |                                       | зага-<br>льний |
| I<br>IV,<br>III | 1<br>2<br>3     |                            |   |                 |   |                |   |                            |   |                 |   |                |   |                      |               |                 |   |                 |                                       |                |

\*Для кожного типу борошна проводять декілька дослідів

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 9

### ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОДРІБНЕННЯ ЗЕРНА

**Мета роботи.** Освоєння методу контролю ефективності подрібнення зерна у вальцьовому верстаті.

**Попередні зауваження.** В даний час на борошномельних заводах подрібнюють зерно і проміжні продукти на вальцьових верстатах. У виробничих умовах режим подрібнення оцінюють виходом, значення якого повинно бути практично незмінним для кожної з технологічних систем.

Вихід на системі визначають за допомогою просіювання подрібненого продукту масою 100 г протягом 3 хв на ситі певного номера (наприклад, металотканому); прохід сита є вихід у відсотках по відношенню до даної системи.

Однак такий метод оцінки неточний і не дозволяє скласти уявлення про характер подрібнення, наприклад про вміст у проходовій фракції тонкоподрібнених продуктів, наявність яких тісно пов'язана з питомою витратою електроенергії на подрібнення. Тому необхідно проводити більш глибокий аналіз результатів роботи вальцьового верстата, щоб мати можливість розробити практичні рекомендації для підвищення ефективності процесу.

**Методичні вказівки.** Основа науково обґрунтованого аналізу ефективності процесу подрібнення – узагальнений закон подрібнення, де роботу  $A$ , витрачену на подрібнення, визначають за формулою:

$$A = A_0 + m \frac{\omega V}{2E} + \omega \Delta F i^n, \quad (25)$$

де  $A_0$  – робота, обумовлена деформацією і зносом робочих органів подрібнюючої машини;



$m$ – число циклів подрібнення;  
 $\sigma$  і  $E$ – руйнівне навантаження і модуль пружності  
 подрібнюваного продукту;  
 $V$ – об'єм подрібненого продукту;  
 $\omega$  – енергія утворення 1 см<sup>2</sup> нової поверхні подрібненого  
 продукту;  
 $\Delta F$ – приріст сумарної поверхні частинок продукту в  
 результаті подрібнення;  
 $i$ – ступінь подрібнення;  
 $n$ – показник ступеня подрібнення.

З цього випливає, що в якості показників ефективності процесу  
 можна прийняти ступінь подрібнення частинок і питому енергоєм-  
 ність процесу  $Q_{уд}$ (кДж/см<sup>2</sup>), безпосередньо пов'язану з грануломет-  
 ричним складом подрібненого продукту. Її визначають роботою  $A$  ут-  
 воренням одиниці нової поверхні частинок при подрібненні за фор-  
 мулою:

$$Q_{уд} = A / \Delta F, \quad (26)$$

де  $\Delta F = F_i - F_o$ , тобто різниці між сумарною поверхнею части-  
 нок після і до подрібнення продукту.

Ступінь подрібнення може бути визначений як відношення  $F_i$ ,  
 до  $F_o$ . Отже,  $i$  та  $\Delta F$ – взаємопов'язані показники, тому їх необхідно  
 аналізувати спільно. В обох випадках завдання зводиться до визна-  
 чення сумарної зовнішньої поверхні одиниці маси частинок подріб-  
 ного продукту.

Визначають  $\Delta F$  розрахунково-експериментальним методом. При  
 цьому пробу продукту відомої маси (наприклад 100 г) розсортовують  
 на наборі сит. Бажано для виділення кожної фракції крупності брати  
 сита двох суміжних номерів. Розмір часток кожної фракції прийма-  
 ють рівним напівсумі розміром отворів цих суміжних сит. Наприклад,

якщо фракція крупності отримана проходом металотканого сита № 1,2 і сходом сита № 1,2, то розмір частки дорівнює 1,0 мм.

Для розрахунку зовнішньої поверхні однієї частки її форму приймають умовно сферичної чи кубічної. Кількість частинок в кожній фракції крупності знаходять, знаючи масу цієї фракції, щільність продукту і об'єм однієї частинки, тобто:

$$n = \frac{m_i}{m_j} = \frac{m_i}{P_j V_j}, \quad (27)$$

де  $m_i$  – маса фракції продукту;

$m_j$  – маса однієї частинки продукту;

$P_j$  – щільність частинок продукту;

$V_j$  – об'єм однієї частки продукту (визначають

розрахунком, виходячи з прийнятої геометричної форми частинки).

Щільність необхідно визначати пікнометричним методом з вакуумуванням пікнометра для видалення повітря. Знаючи розмір часток і їх число  $n$ , визначають сумарну площу часток кожної фракції  $f_i$  підсумовуючи ці значення, знаходять площу зовнішньої поверхні частинок всієї фракції:

$$F = \sum_{i=1}^n f_i \quad (28)$$

Для проведення порівняльних розрахунків ( $\Delta F$  чи  $i$ ) знаходять питому поверхню одиниці маси продукту. Збільшення поверхні частинок в результаті подрібнення істотно залежить від гранулометричного складу продукту до і після подрібнення. Аналіз гранулометричного складу продуктів подрібнення зручно проводити за методикою, запропонованою А. Р. Демидовим. Її зміст полягає в наступному.

Аналізований продукт розсортовують на наборі сит, причому особливу увагу приділяють виділенню тонких фракцій, так як з ними тісно пов'язані величини  $i$  та  $\Delta F$ . За даними ситового аналізу будують

інтегральну криву гранулометричного складу і проводять її обробку (рис. 3).

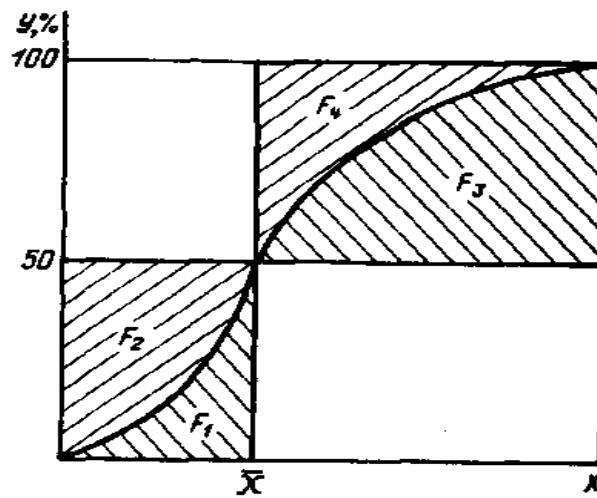


Рис. 3. Приклад аналізу інтегральної кривої гранулометричного складу 100 г подрібненого продукту

Зазвичай в якості основної характеристики гранулометричного складу подрібненого продукту беруть середнє арифметичне значення розмірів його часток  $\bar{X}$ . Проте одне і те ж значення  $\bar{X}$  може бути отримано при різному співвідношенні дрібних і крупних фракцій. Чим більше міститься в продукті дрібних частинок, тим тоншим було подрібнення і тим більшою буде витрата електроенергії на цей процес. Тому А. Р. Демидов запропонував враховувати співвідношення крупної та дрібної фракцій продукту в якості додаткової характеристики гранулометричного складу. У зв'язку з цим враховують показники коефіцієнтів тонкості помелу фракцій продукту:  $F_1/F_2$ — дрібної,  $F_3/F_4$ —крупної.

Їх відношення  $\alpha = (F_1/F_2) \times (F_3/F_4)$  являє собою коефіцієнт вирівняності гранулометричного складу продукту. Чим більше значення має  $\alpha$ , тим вирівняніший продукт за крупністю. З підвищенням  $\alpha$  інтегральна крива гранулометричного складу все більш наближається до прямої лінії.

**Порядок виконання роботи.** Для визначення приросту нової поверхні  $\Delta F$ , ступеня подрібнення  $i$  та побудови кривої грануломет-

ричного складу до і після вальцьового верстата однієї із систем подрібнення відбирають 2...3 кг продуктів. З них виділяють проби масою 300...500 г, які розсортовують на наборі сит, причому просіювання ведуть до кінця. Для очищення на кожне з сит поміщають гумові кульки або шматочки гуми (шайби) і т. п.

Отримані фракції зважують і визначають щільність продуктів кожної фракції. Для спрощення можна прийняти щільність продуктів подрібнення зерна рівної  $1400 \text{ кг/м}^3$ . Потім проводять всі розрахунки щодо визначення  $\Delta F$  або  $i$ . Знаючи масу фракцій крупності продуктів подрібнення, будують інтегральну криву гранулометричного складу і розраховують коефіцієнти тонкості помелу фракцій і вирівняності продукту подрібнення. При цьому площі  $F_1$ ;  $F_2$ ;  $F_3$  і  $F_4$  визначають за допомогою планіметрування.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 10

### ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СОРТУВАННЯ ПРОДУКТІВ ПОДРІБНЕННЯ

**Мета роботи.** Освоєння методики контролю ефективності процесу просіювання продуктів в розсіві.

**Попередні зауваження.** Основне завдання процесу просіювання полягає в сортуванні продуктів подрібнення за крупністю. При цьому одночасно відбувається і поділ продуктів за добротністю, тому що різні фракції крупності формуються з частинок, що утворюються з різних частин зерна. Однак в одній і тій же фракції крупності присутні частинки різної якості. Остаточний поділ продуктів за добротністю відбувається на наступних етапах технологічного процесу при обробці (збагаченні) крупок в ситовійних і шліфувальних машинах.

Під ефективністю процесу просіювання слід розуміти точність поділу подрібненого продукту на задані фракції крупності. Вирішення цього завдання залежить від таких факторів, як питоме навантаження на просіювану поверхню, матеріал сита, гранулометричний склад продуктів, їх вологість, кінематичні параметри роботи розсіву, схема сортування і т. п. У виробничих умовах вихід продуктів подрібнення при сортуванні в розсівах не буває абсолютним, зазвичай певна кількість проходових частинок потрапляє в сходову фракцію. Таким чином, є недосів продуктів.

*Примітка.* У виробничих умовах розмір недосіву регламентований нормами для різних систем. Можна прийняти, що для сходових продуктів він має знаходитися в межах 10...15%.

**Методичні вказівки.** Ефективність просіювання оцінюють двома показниками:

коефіцієнтом недосіву (%):

$$n_H = \frac{g_H}{g_o} 100, \quad (29)$$

коефіцієнтом подрібнення (%):

$$n_H = \frac{g_H}{g_o} 100, \quad (30)$$

де  $g_H$  – кількість проходових часток, що залишилися в сході, %;

$g_o$  – зміст проходових частинок в продукті до просіювання, %;

$g_i$  – кількість проходу, %.

Сума  $n_H + n_i = 100\%$ , так як  $g_H + g_i = g_o$ .

**Порядок виконання роботи.** Роботу можна виконувати в лабораторії чи на виробництві.

У лабораторії пробу подрібненого продукту масою 100...300 г просіюють на ситі заданого номеру протягом різного часу (наприклад 0,5; 1; 2; 5 хв і т.д.), визначають зміну коефіцієнта виходу і величину недосіву. Номер сита і маса проби залежать від характеристики продукту. Просіювання ведуть в розсві-аналізаторі РЛ-7.

У виробничих умовах пробу подрібненого продукту беруть під вальцьовим верстатом й визначають вміст проходових частинок при сортування на ситі певного номеру (одне з сит, встановлених в розсві даної системи). Потім беруть пробу з-під розсіву (продукт, що йде сходом з даного сита) і визначають вміст у ній проходових частинок. За цими даними роблять розрахунок значень коефіцієнтів ефективності просіювання.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 11

### ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПРОСТОГО ПОМЕЛУ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ

**Мета роботи.** Набуття навичок ведення технологічного процесу простого помелу і складання кількісного балансу.

**Попередні зауваження.** Основна задача при проведенні простих помелів полягає в інтенсивному подрібненні зерна на борошно. Незначний відбір оболонки у вигляді висівок обумовлений головним чином недоцільністю витрат електроенергії на їх подрібнення. Вихід оббивного борошна з пшениці встановлено 96%, із жита – 95% по відношенню до кількості зерна, що надійшло в підготовче відділення борошномельного заводу. Вихід висівок в першому випадку – 1%, у другому – 2%.

Оббивне борошно має відповідати таким показникам якості: зольність – не менш ніж на 0,07% нижче зольності зерна до очищення, але не більше 2%; крупність частинок борошна характеризується схожим металотканого сита № 067 не більше 2% і проходом сита № 38 не менш 35%; кількість клейковини – не менше 20%; колір – білий з жовтуватим чи сіруватим відтінком з помітними частинками оболонки зерна.

У підготовчому відділенні із зернової маси виділяють домішки, інтенсивно обробляють поверхню зерна і проводять холодне кондиціювання. Режими ВТО такі: для пшениці при вологості менше 14% зерно перед помелом зволожують на 0,5...1,0% і просушують 2...3 год.; для жита при вологості менше 13,5 % зерно зволожують на 0,5...1,0% і просушують 1...2 год.

Побудова технологічного процесу помелу зерна досить проста (рис. 4). Він складається з чотирьох чи трьох обдирних систем. Технічна характеристика систем підібрана так, щоб було забезпечено швидке подрібнення продуктів в борошно.

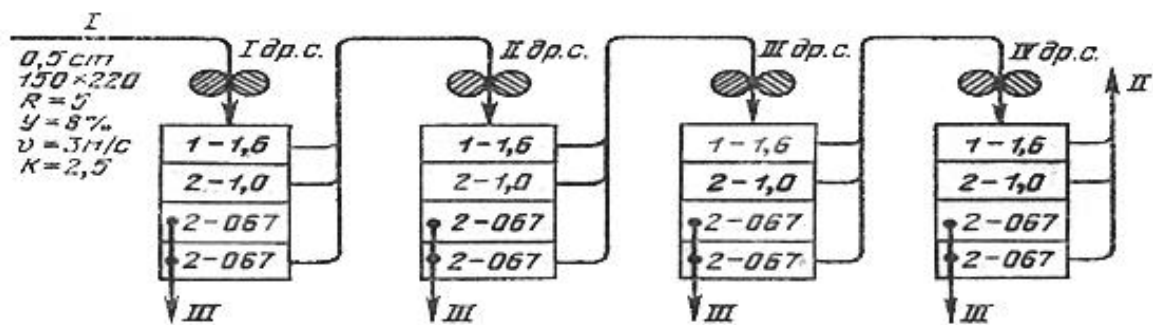


Рис. 4. Технологічна схема простого помелу (I – зерно, II – висівки, III – борошно)

Вальцьові верстати з нарізними вальцями; число рифлей на 1 см довжини поверхні вальців вибирають рівним 4,5...5,0 на першій та 6...7 – на останній обдирній системах. Нахил рифлів змінюється в межах 12...14%. Вальці встановлюють на всіх системах з розташуванням рифлей «вістря по вістря» і відношенням колових швидкостей вальців 2,5...3,0. Швидкість обертів вальців 6...8 м/с.

Розсиви мають бути зібрані за схемою, що забезпечує найповніше виділення борошна. При цьому борошно формують з крупних часток проходом крізь металоткане сито № 067.

Оскільки розмелювання зерна в борошно проводять за скороченою схемою, то режим роботи систем рекомендується налаштувати на великий вихід борошна. Правила рекомендують орієнтовні величини входів на I; II і III обдирних системах (табл. 6).

**Методичні вказівки.** Лабораторний простий помел проводять в установці Нагема, використовуючи одну половину вальцьового верстата. Щільність нарізки рифлів – п'ять на 1 см, нахил – 8% і відношення колових швидкостей вальців – 2,5. Просівають продукти подрібнення в 1/2 частини розсіву. Згідно зі схемою лабораторного помелу, трьома сходами – першим, другим і нижнім – завантажують наступні системи. Борошно відбирають проходом крізь два нижні сита № 067. Схід з останньої системи направляють у висівки. Вони мають становити не більше 3,0% маси зерна, що надійшло на I обдирну сис-



тому. Оббивне борошно формують, змішуючи потоки борошна з усіх систем.

Таблиця 6

Орієнтовні показники режимів подрібнення при оббивних помелах

| Показник  | Обдирна система |          |          |
|---|-----------------|----------|----------|
|   | I               | II       | III      |
| Номер контрольного сита                             | 067 (27)        | 067 (27) | 067 (27) |
| Виявлення із масипродукту, направлено на систему, % | 50...60         | 60...70  | 70...80  |

Для виконання роботи виділяють групу з 4...6 студентів. Приблизний склад групи: бригадир, вальцьовий, розсівний, вагар, реєстратор. В обов'язки вальцьового входить завантаження приймального бункера продуктом, включення (привал вальців) верстата по команді бригадира і його виключення (відвал вальців) після закінчення продукту в приймальному бункері, тобто після помелу зерна.

Відвалювати рухливий валець верстата слід негайно після проходження всього продукту крізь розмельну щілину. В іншому випадку відбудеться спрацьовування рифлів вальців. Розсівний спостерігає за роботою розсіву, а по закінченні сортування подрібненого продукту направляє борошно і сходову фракцію вагарю для визначення їх маси.

Вагар зважує продукти, причому сходову фракцію з кожної з перших трьох систем він передає вальцьовому для їх подальшого подрібнення, а з четвертої системи направляє у висівки. Вагар об'єднує борошно з усіх систем, попередньо відібравши з кожної системи невеликі зразки на розбірну дошку для органолептичної оцінки. Реєстратор записує результати кількісного балансу помелу (табл. 7), бригадир спостерігає за правильністю виконання операцій, вмикає і вимикає установку Нагема.

Оформлення результатів  
кількісного балансу лабораторного простого помелу пшениці

| Обдирна система | Щілин, мкм | Надійшло на систему | Отримано     |             |             |             |                 |         | Виявлення даної системи |
|-----------------|------------|---------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|---------|-------------------------|
|                 |            |                     | верхній схід | другий схід | нижній схід | борошно     |                 | висівки |                         |
|                 |            |                     |              |             |             | к I обд. с. | доданої системи |         |                         |
| г %             | г %        | г %                 | г %          | г %         | г %         | г %         | г %             |         |                         |
| I               |            |                     |              |             |             |             |                 |         |                         |
| II              |            |                     |              |             |             |             |                 |         |                         |
| III             |            |                     |              |             |             |             |                 |         |                         |
| IV              |            |                     |              |             |             |             |                 |         |                         |
| Всього          |            |                     |              |             |             |             |                 |         |                         |

**Порядок виконання роботи.** У приймальний бункер вальцові верстата засипають 3...5 кг зерна, що пройшло очистку і холодне кондиціонування. Включають установку і після перевірки її на холостому ходу здійснюють привал вальців. Величину робочого зазору на кожній системі встановлюють за вказівкою науково-педагогічного працівника.

Отримані після кожної системи сходові продукти зважують і записують масу в робочу таблицю. Масу борошна визначають як різницю між масою продукту, що надійшов на систему, і масою всіх трьох сходів. Забезпечивши кількісний баланс, перераховують масу (%) всіх продуктів на I-й обдирній системі.

Для визначення величини вилучення масу борошна, отриману на системі, виражають у відсотках до маси продукту, що надійшов на систему. Ці величини порівнюють, після чого роблять висновок про правильність встановлених робочих зазорів.

Навантаження на кожну систему визначають сумою мас верхнього, другого і третього сходів попередньої системи. Після зважування продуктів від кожного з них відбирають невеликий зразок

(5...10 г) на розбірну дошку для органолептичного аналізу якості продуктів по системам технологічного процесу розмелу зерна. Отриману з усіх систем борошно змішують, потім проводять аналіз його якості за крупністю (в лабораторному розсві-аналізаторі) і вміст сирої клейковини. Якщо є час, проводять також аналіз зольності борошна і висівок, за результатами якого студенти складають кількісно-якісний баланс помелу.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 12

### ТЕМА: ВИВЧЕННЯ ОДНОСОРТНОГО ПОМЕЛУ ЗЕРНА ЖИТА В ОБДИРНЕ БОРОШНО

**Мета роботи.** Набуття практичних навичок ведення технологічного процесу складного повторювального помелу без збагачення крупок.

**Попередні зауваження.** До складних повторювальних помелів без збагачення крупок відносять помели, в технологічній схемі яких передбачено спрямування відібраних у обдирному процесі проміжних продуктів безпосередньо на розмельні системи, без проміжної обробки їх в ситовійних і шліфувальних машинах.

Ця особливість побудови технологічної схеми характерна для сортових помелів жита. Відсутність в них процесу збагачення обумовлена особливостями анатомічної будови і структурно-механічних властивостей зерна жита, у зв'язку з якими ефективність процесу збагачення дуже низька й ускладнення схеми помелу стає невиправданим.

Для лабораторної роботи рекомендується проводити односортних помел жита в обдирне борошно. Загальний вихід борошна – 87%, висівок – 9%, відходів в підготовчому відділенні – 3,7%, усушка – 0,3%. Якість обдирного борошна має відповідати таким нормам: зольність – не більше 1,45%; крупність сходження з сита № 045 – не більше 2, прохід сита № 38 – не менше 50%; колір – сірувато-білий.

**Методичні вказівки.** Технологічна схема лабораторного помелу жита в обдирне борошно з використанням установки Нагема (рис. 5) включає 5...6 обдирних систем і дві розмельні. Технологічна характеристика робочих органів, вальцові верстати та номери сит в розсіві вказані на схемі. Приймальні сита на всіх системах металоткані дратові, а для висіву борошна використовують шовкові чи капронові сита з розміром отворів 300...400 мкм.

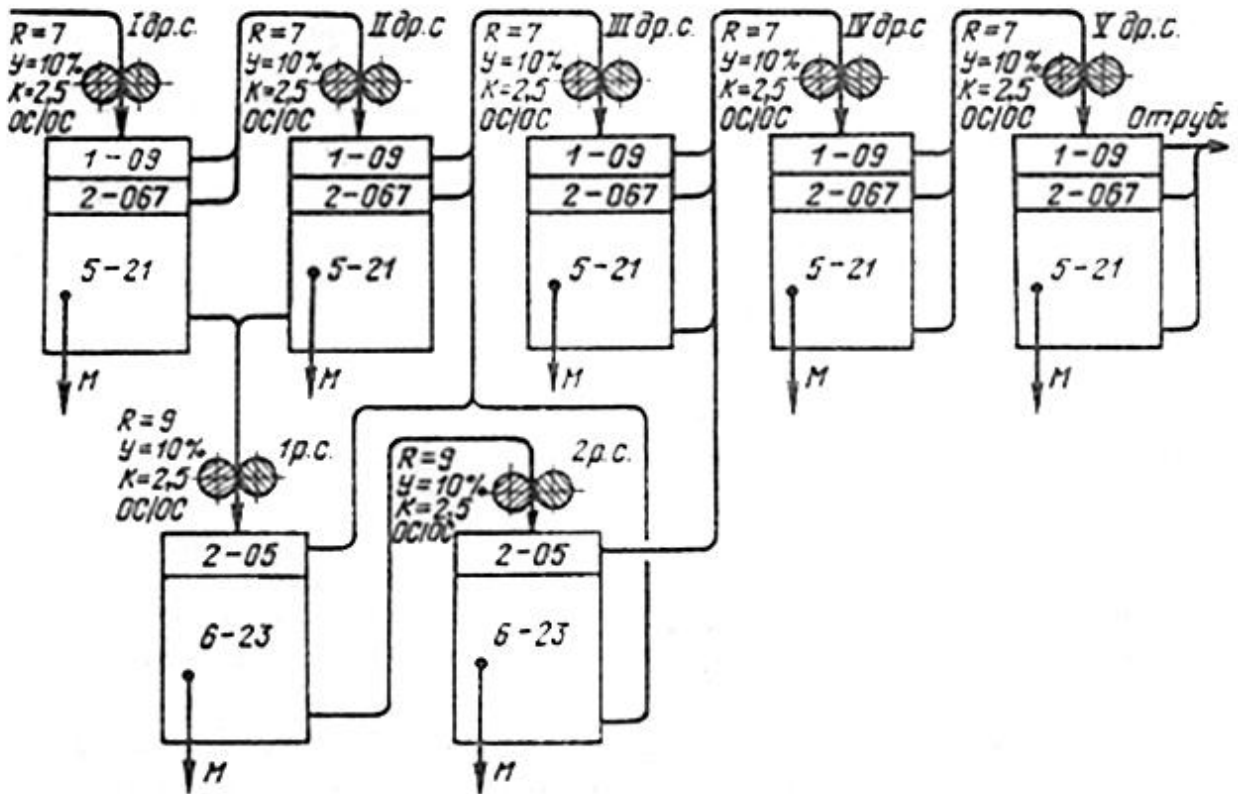


Рис. 5. Технологічна схема лабораторного помелу жита в обдирне борошно з використанням установки Нагема

Борошно обдирне формують з потоків борошна з усіх систем. Висівки отримують тільки в обдирному процесі. Правила рекомендують такі режими подрібнення для цього виду помелу:

I обдирна система – прохід сита № 08 – 45...55% маси продукту, що надходить на дану систему;

II обдирна система – прохід сита № 08 – 55...65% маси продукту, що надходить на дану систему.

Орієнтовні показники вилучення борошна з систем наведені в Правилах.

**Порядок виконання роботи.** Для розмелювання використовують зразок зерна жита масою 10 кг, що пройшов очищення і ГТО. Вологість зерна жита, що надходить на помел в сортове борошно, має бути 13,5-15,0%. У зерновій масі має бути (не більше): смітної домі-

шки – 0,4%, зернової– 4%, в тому числі пророслих зерен – не більше 3%. ГТО жита проводять за схемою холодного кондиціювання. Режими ГТО вказані в Правилах.

Роботу починають з підбору величини зазорів на I і II обдирних системах, що забезпечують рекомендовані вилучення. Для вирішення цього завдання зі зразка беруть 1 кг зерна, встановлюють величину зазору і проводять подрібнення. З-під вальців по всій ширині лінії подрібнення совком відбирають 3...5 проб. Їх перемішують і виділяють наважку масою 100 г, яку просівають в розсві-аналізаторі протягом 5 хв на ситі № 08. Продукт, що пройшов крізь сито, зважують на технічних вагах з точністю до 0,1 г. Маса проходу дає вилучення у відсотках до даної системи. Всі продукти, відібрані для визначення вилучення, повертають у розсів. Верхній схід зберігають для подальшої роботи.

Помел зразка зерна масою 1 кг проводять до виявлення оптимальної величини зазору на I обдирній системі. Потім встановлюють оптимальний зазор для II обдирної системи, використовуючи для цього верхній схід I обдирної системи. Зазвичай для цього використовують 3...5 зразків зерна по 1 кг. Результати записують у таблицю 8

Таблиця 8

Оформлення результатів помелу зерна

| Обдирна система | Номер зразка | Величина зазору, мкм | Номер сита | Кількість прохідної фракції, г |                   | Вилучення-продукту, % |
|-----------------|--------------|----------------------|------------|--------------------------------|-------------------|-----------------------|
|                 |              |                      |            | до подрібнення                 | після подрібнення |                       |
| I               | 1 і т. д.    |                      | 08         |                                |                   |                       |
| II              | 1 і т. д.    |                      | 08         |                                |                   |                       |

При визначенні вилучення продуктів на I обдирній системі для просіювання на ситі № 08 виділяють наважку з продукту, що надходить на систему та з-під подрібнюючих вальців II обдирної системи.

Вилучення  $B$  (%) розраховують за формулою:

$$B = \frac{n_2 - n_1}{100 - n_1} 100, \quad (31)$$

де  $n_1$  – маса прохідної фракції сита № 08 в продукті, що надходить на систему подрібнення, г;  
 $n_2$  – маса прохідної фракції сита № 08 в продукті після вальців, г.

За результатами цієї частини роботи роблять висновок про оптимальну величину робочого зазору і приступають до помелу зерна. Для цього беруть наважку масою 5 кг. Всі фракції продуктів помелу після розсіву зважують, результати заносять в таблицю-шахматку (табл. 9), складаючи кількісний баланс помелу.

Таблиця 9

Оформлення кількісного балансу  
 лабораторного 87%-го помелу жита (г/%)

| Система | Поступило на систему, % | Система |    |     |    |   |           | Вилучення борошна відносно системи, % |       | Вихід відсівки відносно I обдирної системи, % |            |
|---------|-------------------------|---------|----|-----|----|---|-----------|---------------------------------------|-------|---|------------|
|         |                         | обдирна |    |     |    |   | розмельна |                                       | даної |   | I обдирної |
|         |                         | I       | II | III | IV | V | 1-ша      | 2-га                                  |       |   |            |
| I др.   |                         |         |    |     |    |   |           |                                       |       |   |            |
| II др.  |                         |         |    |     |    |   |           |                                       |       |   |            |
| III др. |                         |         |    |     |    |   |           |                                       |       |   |            |
| IV др.  |                         |         |    |     |    |   |           |                                       |       |   |            |
| V др.   |                         |         |    |     |    |   |           |                                       |       |   |            |
| Всього  |                         |         |    |     |    |   |           |                                       |       |   |            |

Вихід всіх продуктів на системах процесу розраховують у відсотках до зерна, що надійшло на I обдирну систему. Борошно з кожної системи відбирають для органолептичного аналізу. Визначення золь-

ності борошна за потоками дозволяє побудувати кумулятивну криву.

За результатами помелу зерна оцінюють вилучення борошна з окремих систем в обдирному і розмельному процесах і в цілому по помелу, співставляючи отримані значення з рекомендаціями Правил.



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 13

### ТЕМА: ВИВЧЕННЯ ОДНОСОРТНОГО ПОМЕЛУ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ В БОРОШНО ДРУГОГО СОРТУ

**Мета роботи.** Набуття практичних навичок ведення технологічного процесу складного повторювального помелу зі скороченим процесом збагачення зі зняттям кількісного балансу.

**Попередні зауваження.** Односортний помел пшениці в борошно другого сорту відносять до складних повторювальних помелів зі скороченим процесом збагачення. В ситовійних машинах збагачують тільки крупну крупку I і II обдирних систем. Загальний вихід борошна становить 85%, висівок – 11,5% до зерна, що надійшло в підготовче відділення борошномельного заводу.

**Методичні вказівки.** Лабораторна схема помелу включає п'ять обдирних та 5...6 розмельних систем. Збагаченню можна піддавати крупну крупку II обдирної системи для виділення проходом сит №110, 120 продукту для отримання манної крупи після повторного збагачення його в ситовійній машині. При її відсутності крупну крупку I і II обдирних систем подають на 1-шу розмельну систему, тобто процес будують без збагачення. При наявності в лабораторії щіткової машини верхні сходи IV і V обдирних систем обробляють в них. Рифлі на всіх системах розташовані «вістря по вістря». Всі прийомні сита – металоткані, а борошняні – шовкові.

Лабораторну роботу виконують в установці Нагема, використовуючи для обдирних систем одну половину верстата, для розмельних іншу. У Правилах рекомендовані такі режими подрібнення у відсотках до маси продукту, що направляється на систему: I – 45...55 (прохід сита № 1), II – 50...60 (прохід сита № 08).

На перших двох розмельних системах вилучення борошна (прохід капронового сита № 49 чи шовкового № 43) має бути не менше 50...60%. Орієнтовні вилучення борошна по системам процесу поме-

лу наведені в Правилах. Для зерна, що підлягає переробці, заздалегідь встановлюють оптимальні величини робочого зазору і положення живильної заслінки по системам обдирного та розмельного процесів з урахуванням рекомендацій Правил. Цю підготовчу роботу може виконати допоміжний персонал лабораторії.

**Порядок виконання роботи.** Для роботи готують зразок зерна масою 5 кг. Якість зерна має відповідати вимогам Правил. У процесі помелу для визначення навантажень на системи фіксують величину зазору і час, витрачений на помел зерна, що вимірюється секундоміром. Результати записують у таблицю 10.

Таблиця 10

Оформлення результатів визначення  
навантаження на системи при 85%-ому виході борошна

| Система         | Кількість продукту, що надходить, г | Величина зазору, мкм | Тривалість помелу, с | Навантаження            |                                      |
|-----------------|-------------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------------------|
|                 |                                     |                      |                      | на валець, кг/(см*добу) | на розсів, кг/(м <sup>2</sup> *добу) |
| I обдирна       |                                     |                      |                      |                         |                                      |
| II обдирна      |                                     |                      |                      |                         |                                      |
| 1-кулерозмельна |                                     |                      |                      |                         |                                      |

Навантаження [кг/(см\*добу)] розраховують за формулою:

$$g_i = \frac{3600 \cdot 24 m_i}{100 \tau_i l}, \quad (32)$$

де  $m_i$  – маса продукту, що надійшов на систему, г;  
 $\tau_i$  – час, витрачений на помел, с;  
 $l$  – довжина вальця, см (для установки Нагема 15 см).

Підставивши в формулу (32) замість довжини вальця площу сита в розсіві ( $m^2$ ), розраховують навантаження на розсів по окремим системам процесу. Всі фракції продуктів помелу зважують, масу виражають у відсотках відносно зерна, що надійшло на I обдирну систему, і записують в таблицю-шахматку(табл. 11).

Розраховують вилучення на обдирних системах загальне, що дорівнює сумі крупок (крупних, середніх і дрібних); дунстів і борошна; окремо борошна; на розмельних системах – вилучення борошна. Вилучення розраховують у відсотках відносно маси зерна, що надійшло на I обдирну систему, і відносно маси продукту, що надійшло на дану систему.

Для того щоб визначити, чи відповідає фактичний вихід борошна, отриманий в процесі помелу, 85%-ому виходу, його перераховують на зерно, що надійшло у розмельне відділення. В цьому випадку виходячи з того, що на I обдирну систему надходить 96,5% маси зерна, що надійшло з елеватора.

При складанні балансу помелу ця величина прийнята за 100%. Звідси загальний вихід борошна відносно I обдирної системи має скласти (%):

$$96,5-100X = \frac{85*100}{96,5} = 88,1$$

Борошно, сформоване з потоків з окремих систем, ретельно перемішують і відбирають зразок для аналізу. За результатами помелу зерна оцінюють вилучення на I і II обдирних системах, на 1-й розмельній системі, величини навантажень на системи, вихід борошна з окремих систем, вихід борошна в обдирному і помельному процесах, вихід борошна в цілому по помелу.

Оформлення кількісного балансу лабораторного помелу  
пшениці з виходом борошна другого сорту в кількості 85%

| Система  | Навантаження на систему |                 | Обдирна система (обдр. с.) |    |     |    |   | РБМ № 1 | РБМ № 2 | Ситовіаьльна система |      | Розмельна система |      |      |      |      |      | Готова продукція |         | Вилучення |               |       |         |               |  |
|--|-------------------------|-----------------|----------------------------|----|-----|----|---|---------|---------|----------------------|------|-------------------|------|------|------|------|------|------------------|---------|-----------|---------------|-------|---------|---------------|--|
|  | г                       | % до I обдр. с. | I                          | II | III | IV | V |         |         | 1-ша                 | 2-га | 1-ша              | 2-га | 3-тя | 4-та | 5-та | 6-та | борошно          | висівки | г         | загальне      |       | борошна |               |  |
|  |                         |                 |                            |    |     |    |   |         |         |                      |      |                   |      |      |      |      |      |                  |         |           | до системи, % |       | г       | до системи, % |  |
|  |                         |                 |                            |    |     |    |   |         |         |                      |      |                   |      |      |      |      |      | г                | даної   | I обдр.   | г             | даної |         | I обдр.       |  |
| Обдирна:<br>I<br>II<br>III<br>IV<br>V<br>РБМ №1<br>РБМ №2<br>Разом |                         |                 |                            |    |     |    |   |         |         |                      |      |                   |      |      |      |      |      |                  |         |           |               |       |         |               |  |
| Ситовіаьльна:<br>1-ша<br>2-га<br>Разом                             |                         |                 |                            |    |     |    |   |         |         |                      |      |                   |      |      |      |      |      |                  |         |           |               |       |         |               |  |

|            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Розмельна: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1-ша       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2-га       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3-тя       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4-та       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5-та       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6-та       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Разом      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Всього     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 14

### ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СОРТОВОГО ПОМЕЛУ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ

**Мета роботи.** Оцінка організації та ведення технологічного процесу сортового помелу пшениці.

**Попередні зауваження.** Технологічні властивості зерна залежать від його біологічних особливостей (тип, сорт); способів кондиціювання; агротехнічних прийомів; ґрунтово-кліматичних умов, зберігання й обробки і т. п.

На кінцеві результати істотно впливає технологія підготовки та помелу зерна. Вихід борошна та його якість залежать від організації та ведення процесів очищення зерна від домішок, очищення його поверхні, гідротермічної обробки, формування помольної партії, а також від організації та ведення процесів помелу (подрібнення, просіювання, режими основних обдирних і розмельних систем і т. д.).

Тому важливо вміти об'єктивно оцінювати ефективність сортового помелу пшениці, щоб мати відомості про організацію і ведення технологічного процесу і про необхідність коригування режимів його окремих етапів.

**Методичні вказівки.** Технологічну ефективність можна оцінити або за витратами для отримання певного результату, або за результатами, що досягається при фіксованих витратах.

Завдання сортового помелу пшениці полягає у вилученні з зерна крохмалистої частини ендосперму у вигляді борошна. Отже, якщо визначити ступінь цього вилучення, то таким чином можна оцінити ефективність помелу зерна. Найбільш об'єктивний метод оцінки ефективності помелу – метод Єгорова-Орешкіна.

Метод полягає в тому, що весь крохмаль зерна і білки, що утворюють клейковину, сконцентровані в крохмалистій частині ендосперму. В алейроновім шарі, зародку і оболонках цих речовин немає. Так

як при сортовому помелі висівки утворюються з цих анатомічних частин зерна, то по розподілу крохмалю та клейковини між борошном та висівками можна розрахувати вміст крохмалистої частини ендосперму в борошні. При цьому важливо те, що на частку крохмалю і білків, що утворюють клейковину, припадає понад 95% сухої маси ендосперму.

Таким чином, визначивши вміст крохмалю та сухої клейковини в зерні, отримуємо уявлення про його потенційні технологічні переваги. Визначивши потім вміст цих речовин в борошні та співставивши його з теоретично очікуваним, отримуємо оцінку ефективності вилучення ендосперму при помелі, тобто оцінку ефективності сортового помелу. Всі розрахунки при цьому необхідно робити по відношенню до сухої маси, щоб виключити вплив вологості.

Розрахункова формула ефективності (%) розмелу зерна має вигляд:

$$n = \frac{\sum_{i=1}^n (I_i x_i)}{m_0 x_0} 100, \quad (33)$$

де  $I_i$  – вилучення борошна, % в розрахунку на суху, масу;  
 $x_i$  – сумарний вміст у борошні крохмалю та сухої клейковини, % в розрахунку на суху масу речовини борошна;  
 $m_0$  – маса сухих речовин зерна, що надійшло на I драну систему, %;  
 $x_0$  – вміст крохмалю та сухої клейковини в зерні, % до сухої маси речовин.

При багатосорттовому помелі в чисельнику формули (33) буде сума добутків вилучення кожного сорту борошна на сумарний вміст крохмалю та сухої клейковини (%), тобто:

$$n = \left( \frac{I_1 x_1 + I_2 x_2 + \dots + I_n x_n}{m_0 x_0} \right) 100. \quad (34)$$

При односортному помелі (%) вираз спрощується:

$$n = \frac{Ix}{m_0x_0} 100. \quad (35)$$

Перерахунок на сухомасу виконують за формулою:

$$m_c = \frac{m_i(100-W_i)}{100}, \quad (36)$$

де  $m_i$  – фактична маса продукту при вологості  $W_i, \%$ ;  
 $m_c$  – розрахункова маса сухих речовин продукту, %.

Визначення вмісту крохмалю проводять за методами Еверсачи Архиповича.

**Порядок виконання роботи.** Зразок зерна пшениці масою 3...10кг (залежно від млинової установки, що використовується) очищають від домішок і піддають холодному кондиціонуванню. Перед проведенням розмелювання відбирають наважки для визначення вологості, вмісту крохмалю та сухої клейковини.

*Примітка 1. Вологість зерна перед I обдирною системою необхідно визначати з попереднім підсушуванням. При розмелі знімають кількісний баланс продуктів, від деяких з них (за завданням НПП) відбирають проби для визначення вологості, вмісту крохмалю та сухої клейковини.*

*Примітка 2. При визначенні вологості подрібнених продуктів наважки аналізують відразу після відбору, так як з них швидко випаровується волога. Для розрахунку вмісту крохмалю і сухої клейковини по відношенню до маси сухих речовин одночасно з цими аналізами необхідно визначати вологість.*

Після завершення розмелювання зерна проводять всі необхідні аналізи, і на основі отриманих результатів розраховують ефективність сортового помелу. При наявності достатньої кількості часу роботи можна поставити в більш складному варіанті. Наприклад, при використанні установки МЛУ-202 можна провести оцінку впливу



окремих систем подрібнення на загальну ефективність процесу. Для цього визначають вміст крохмалю і клейковини в кожному потоці борошна, і для кожної системи ведуть розрахунок коефіцієнта ефективності.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 15

### ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СОРТОВОГО ПОМЕЛУ ЗЕРНА ЖИТА

**Мета роботи.** Оцінка організації та ведення технологічного процесу сортового помелу жита.

**Попередні зауваження.** При сортовому помелі жита так само, як і пшениці, необхідно забезпечити максимально повне вилучення крохмалистої частини ендосперму. Домішка до борошна інших анатомічних частин зерна небажана. Проте зерно жита істотно відрізняється від зерна пшениці за всіма показниками, включаючи і таку важливу характеристику, як вміст клейковини.

В ендоспермі містяться білки, здатні формувати клейковину, але виділити її звичайним методом практично неможливо. Внаслідок особливостей будови зерна жита та мікроструктури ендосперму при помелі виділити ендосперм в чистому вигляді не вдається. Сортове житне борошно завжди містить певну кількість оболонок й алейронового шару.

Сортові помели жита простіше сортових помелів пшениці: зокрема, в технологічних схемах відсутні сортувальний, ситовийний і шліфувальний процеси. Значний вплив на ефективність розмелювання мають режими процесів, особливо в розмельному відділенні. У зв'язку з цим оцінка ефективності помелу має важливе значення, особливо для порівняння різних варіантів схем, режимів окремих процесів, питомих навантажень на системи, технологічних факторів і т. п.

Так само, як і в зерні пшениці, весь крохмаль зерна жита сконцентрований в ендоспермі, його немає в інших анатомічних частинах. Визначаючи вміст крохмалю в борошні, можна оцінити вилучення крохмалистого ендосперму, тобто ефективність сортового помелу жита, організацію та ведення технологічного процесу.

**Методичні вказівки.** У зв'язку із зазначеними особливостями

зерна жита для оцінки ефективності помелу можна використовувати вміст клейковини. При розрахунку показника ефективності за формулами (33) і (35) враховують тільки вміст крохмалю.

При визначенні крохмалю за методом Еверса подрібнювати зерно слід в установці ЛЗМ до крупності, яка характеризується кількістю сходу з металотканого сита № 08 – 5...10% і проходом капронового сита № 15 – 70...77%. Ці вимоги витримують при помелі зерна протягом 2,0...2,5 хв. Оптимальна тривалість гідролізу крохмалю в 1,124%-ому розчині соляної кислоти на киплячій водянній бані становить 11 хв.

При беззаперечному дотриманні цих рекомендацій досягають високої точності визначення крохмалю. Наприклад, при 80 повторях отримані такі результати. Середньоарифметичні величини вмісту крохмалю (%): у зерні  $64,3 \pm 0,05$ ; в обдирному борошні  $71,21 \pm 0,04$ ; у висівках  $23,5 \pm 0,05$ . Дисперсії вмісту крохмалю в них склали: 0,20; 0,16 і 0,23; коефіцієнти варіації (%): 0,7; 0,6 і 2 відповідно для зерна, борошна і висівок. Це вказує на те, що на основі визначення крохмалю в зерні, що надходить на I обдирну систему, і в борошні можна з достатньою достовірністю оцінити ефективність сортового помелу жита.

**Порядок виконання роботи.** Зазвичай для житніх помелів в лабораторних умовах використовують установки Нагема. Схема одно-сортного помелу жита в обдирне борошно наведена в лабораторній роботі № 14. Там же по даним методичним рекомендаціям проводять помел. Потім складають кількісний баланс. Для визначення ефективності помелу необхідно визначити вміст крохмалю в зерні та борошні, а також їх вологість.

За наявності часу можна провести 2...3 помели при різних варіантах холодного кондиціонування, для зерна різних фракцій крупності, різної склоподібності, при різних режимах подрібнення на основних системах процесу і т. д. За подібної варіації технологічних факторів інформативний зміст лабораторної роботи істотно зростає. Важливо також проаналізувати вплив окремих систем подрібнення на загальну ефективність процесу.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 16

### ТЕМА: ВИВЧЕННЯ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПШЕНИЧНОГО СОРТОВОГО БОРОШНА

**Мета роботи.** Отримання практичних навичок оцінки хлібопекарських властивостей борошна.

**Попередні зауваження.** Якість борошна, характеристика його споживчих властивостей і харчова цінність залежать від багатьох факторів – якості сировини, технологічних режимів його переробки, виду помелу і т. д. Для оцінки споживчих властивостей використовують різні показники, обумовлені цільовим призначенням борошна. Якість хлібопекарського борошна оцінюють вмістом і якістю клейковини, крупністю її частинок, газоутворюючою і газоутримуючою здатністю, показниками альвеограмм, фарінограмм, екстенсограмм і т. п. Найкращий варіант оцінки споживчих переваг – безпосереднє випробування пробної переробкою в кінцевий продукт і визначення показників якості борошна. Основний прямий метод оцінки хлібопекарських переваг – пробна випічка.

**Методичні вказівки.** Оцінку якості пшеничного борошна за пробною лабораторною випічкою стандартним методом проводять згідно з ГОСТ 9404-60 «Борошно і висівки. Методи випробувань».

У зв'язку з тим, що стандартний метод не виявляє потенційних можливостей борошна, особливо отриманого з сильної пшениці, розроблені методики пробної випічки з додаванням цукру чи цукру і бромата калію, з інтенсивним замісом та ін. Ці методи більш повно характеризують хлібопекарські властивості сортового пшеничного борошна.

Для приготування трьох хлібців беруть борошна 258 г (300 г при вологості 14%), пресованих дріжджів 9 г (сухих 6 г), цукру 12 г, солі 4,5 г. Необхідну для трьох хлібців наважку борошна ( $M$ , г) при фактичній вологості ( $w$ , %), обчислюють за формулою:

$$M = \frac{258 \cdot 100}{100 - w}, \quad (37)$$

Підйомна сила дріжджів має складати 65...85 хв (методика її визначення вказана в ГОСТ 171-69 «Дріжджі хлібопекарські пресовані»). Температура води для замісу – 30...32°C. Загальну кількість води, необхідну для замісу, беруть згідно з ГОСТ 9404-60 залежно від сорту борошна, його вологості та ділять на три (табл. 12). З цієї кількості води відбирають воду для реактивації дріжджів (30 г), розчинення солі та цукру (30 мл).

Таблиця 12

Необхідна кількість борошна і води  
для пробної випічки хліба з пшеничного борошна

| Вологість борошна, % | Борошно, г | Вода для випічки з борошна сорту, г |         |         | Вологість борошна, % | Борошно, г | Вода для випічки з борошна сорту, г |         |         |
|----------------------|------------|-------------------------------------|---------|---------|----------------------|------------|-------------------------------------|---------|---------|
|                      |            | вищого                              | першого | другого |                      |            | вищого                              | першого | другого |
| 10,0                 | 1066       | 628                                 | 659     | 692     | 13,0                 | 1103       | 591                                 | 622     | 655     |
| 10,1                 | 1068       | 626                                 | 657     | 690     | 13,1                 | 1105       | 589                                 | 620     | 653     |
| 10,2                 | 1070       | 624                                 | 655     | 688     | 13,2                 | 1106       | 588                                 | 619     | 652     |
| 10,3                 | 1071       | 623                                 | 654     | 687     | 13,3                 | 1107       | 587                                 | 618     | 651     |
| 10,4                 | 1072       | 622                                 | 653     | 686     | 13,4                 | 1108       | 586                                 | 617     | 650     |
| 10,5                 | 1073       | 621                                 | 652     | 685     | 13,5                 | 1109       | 585                                 | 616     | 649     |
| 10,6                 | 1074       | 620                                 | 651     | 684     | 13,6                 | 1111       | 533                                 | 614     | 647     |
| 10,7                 | 1075       | 619                                 | 650     | 683     | 13,7                 | 1112       | 582                                 | 613     | 646     |
| 10,3                 | 1076       | 618                                 | 649     | 682     | 13,8                 | 1114       | 580                                 | 611     | 644     |
| 10,9                 | 1077       | 617                                 | 648     | 681     | 13,9                 | 1115       | 575                                 | 610     | 643     |
| 11,0                 | 1079       | 615                                 | 646     | 679     | 14,0                 | 1116       | 578                                 | 609     | 642     |
| 11,1                 | 1080       | 614                                 | 645     | 678     | 14,1                 | 1117       | 577                                 | 608     | 641     |
| 11,2                 | 1081       | 613                                 | 644     | 677     | 14,2                 | 1119       | 575                                 | 606     | 639     |
| 11,3                 | 1082       | 612                                 | 643     | 675     | 14,3                 | 1120       | 574                                 | 605     | 638     |
| 11,4                 | 1083       | 611                                 | 642     | 675     | 14,4                 | 1121       | 573                                 | 604     | 637     |

|      |      |     |     |     |      |      |     |     |     |
|------|------|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|
| 11,5 | 1085 | 609 | 640 | 673 | 14,5 | 1123 | 571 | 602 | 635 |
| 11,6 | 1086 | 608 | 639 | 672 | 14,6 | 1124 | 570 | 601 | 634 |
| 11,7 | 1087 | 607 | 638 | 671 | 14,7 | 1125 | 569 | 600 | 633 |
| 11,8 | 1088 | 606 | 637 | 670 | 14,8 | 1127 | 567 | 598 | 631 |
| 11,9 | 1090 | 604 | 635 | 668 | 14,9 | 1128 | 566 | 597 | 630 |
| 12,0 | 1091 | 603 | 634 | 667 | 15,0 | 1130 | 564 | 595 | 628 |
| 12,1 | 1092 | 602 | 633 | 666 | 15,1 | 1131 | 563 | 594 | 627 |
| 12,2 | 1093 | 601 | 632 | 665 | 15,2 | 1132 | 562 | 593 | 626 |
| 12,3 | 1095 | 599 | 630 | 663 | 15,3 | 1133 | 561 | 592 | 625 |
| 12,4 | 1096 | 598 | 629 | 662 | 15,4 | 1134 | 559 | 590 | 623 |
| 12,5 | 1097 | 597 | 628 | 661 | 15,5 | 1136 | 558 | 589 | 622 |
| 12,6 | 1098 | 596 | 627 | 660 | 15,6 | 1137 | 557 | 588 | 621 |
| 12,7 | 1100 | 594 | 625 | 658 | 15,7 | 1139 | 555 | 586 | 619 |
| 12,8 | 1101 | 593 | 624 | 657 | 15,8 | 1140 | 554 | 585 | 618 |
| 12,9 | 1102 | 592 | 623 | 656 | 15,9 | 1141 | 553 | 584 | 617 |

*Примітка. Розрахунок виконаний для випічки на пресованих дріжджах.*

Дріжджі заливають за 15...20 хв до замісу в окремому посуді на 200...300 мл. У такому ж посуді готують розчин солі та цукру. Замішують тісто в чистій та прогрійтій мішалці. Зручно використовувати для замісу 300 г борошна мішалку фарінографа. Перед замісом борошно добре перемішують, додають розчин дріжджів, цукру і солі, мийють посуд теплою водою з розрахункової кількості, всю воду, що залишилася виливають в мішалку.

Залежно від зони вирощування зерна, сорту борошна, тривалості його відволоження консистенція тіста може змінюватися в діапазоні 500...700 од. фарінографа. Заміс тіста припиняють через 2 хв після утворення гомогенного сформованого тіста, що встановлюють по кривій фарінографа.

Для бродіння замішане тісто поміщають (в посуд ємністю до 2 л) в термостат з постійною температурою  $30 \pm 2$  °C і відносною вологістю повітря 75...80%. Загальна тривалість бродіння – 170 хв. Перемішування тіста проводять через 60 і 120 хв від початку бродіння.

Після закінчення бродіння тісто зважують і ділять на три рівні

шматка: з двох роблять формові, з третього – подовий хлібці. Формовку можна виконувати вручну або машинним способом. Використовують форми розміром (мм): низ  $65 \times 105$ , верх  $80 \times 125$ , висота 80, листи для подового хліба  $\varnothing 170 \dots 180$ . Сформовані хлібці поміщають в термостат для розстойки до готовності до посадки в піч. Випікають хлібці на обертовій підставці приблизно 20 хв при  $230 \pm 5^\circ\text{C}$ . Для забезпечення оптимальної вологості в піч поміщають металеву ємність з водою.

Аналіз хлібців проводять на наступний день. Визначають об'єм формового хліба, його зовнішній вигляд (форму, поверхню і колір шкірки), пористість, еластичність, колір м'якушки, смак, запах і формостійкість (розпливчість, тобто відношення висоти до діаметра  $H/D$ ) подового хліба.

Об'ємний вихід хліба розраховують згідно з ГОСТ 9404-60 (табл. 13). Для цього середнє значення обсягу формового хліба, множать на три, і за цим значенням в таблиці знаходять об'ємний вихід. Загальну оцінку хлібопекарських властивостей можна дати в балах, використовуючи для цього спеціально розроблену шкалу.

**Порядок виконання роботи.** Групі студентів з двох чоловік видають зразок борошна певного сорту. Всі зразки борошна повинні мати різний вміст клейковини, її якість, крупність і т. д. Зі зразком борошна видають картку з усіма показниками, в тому числі вологістю. Розраховують наважку борошна, кількість води для випічки. Беруть наважки цукру, солі, дріжджів. Потім виконують операції, наведені в методичних вказівках.

Результати записують у таблицю 14. Після випічок узагальнюють і роблять висновки про вплив сорту та якості борошна на хлібопекарські властивості.

Об'ємний вихід хліба з  
пшеничного борошна вищого, першого і другого сортів

| Об'єм | Об'ємний<br>вихід, мл | Об'єм | Об'ємний<br>вихід, мл | Об'єм | Об'ємний<br>вихід, мл | Об'єм | Об'ємний<br>вихід, мл |
|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|
| 850   | 227                   | 1140  | 305                   | 1430  | 382                   | 1720  | 459                   |
| 860   | 230                   | 1150  | 307                   | 1440  | 385                   | 1730  | 462                   |
| 870   | 232                   | 1160  | 310                   | 1450  | 388                   | 1740  | 465                   |
| 880   | 235                   | 1170  | 313                   | 1460  | 390                   | 1750  | 468                   |
| 890   | 238                   | 1180  | 316                   | 1470  | 393                   | 1760  | 470                   |
| 900   | 241                   | 1190  | 318                   | 1480  | 395                   | 1770  | 473                   |
| 910   | 243                   | 1200  | 321                   | 1490  | 398                   | 1780  | 476                   |
| 920   | 246                   | 1210  | 323                   | 1500  | 401                   | 1790  | 479                   |
| 930   | 249                   | 1220  | 326                   | 1510  | 404                   | 1800  | 481                   |
| 940   | 251                   | 1230  | 329                   | 1520  | 406                   | 1810  | 484                   |
| 950   | 253                   | 1240  | 331                   | 1530  | 409                   | 1820  | 487                   |
| 960   | 257                   | 1250  | 334                   | 1540  | 412                   | 1830  | 489                   |
| 970   | 259                   | 1260  | 337                   | 1550  | 414                   | 1840  | 492                   |
| 980   | 252                   | 1270  | 339                   | 1560  | 417                   | 1850  | 495                   |
| 990   | 265                   | 1280  | 342                   | 1570  | 420                   | 1860  | 497                   |
| 1000  | 267                   | 1290  | 345                   | 1580  | 422                   | 1870  | 500                   |
| 1010  | 270                   | 1300  | 348                   | 1590  | 425                   | 1880  | 503                   |
| 1020  | 273                   | 1310  | 350                   | 1600  | 428                   | 1890  | 505                   |
| 1030  | 275                   | 1320  | 353                   | 1610  | 430                   | 1900  | 508                   |
| 1040  | 278                   | 1330  | 356                   | 1620  | 433                   | 1910  | 510                   |
| 1050  | 281                   | 1340  | 358                   | 1630  | 436                   | 1920  | 513                   |
| 1060  | 283                   | 1350  | 361                   | 1640  | 438                   | 1930  | 516                   |
| 1070  | 286                   | 1360  | 364                   | 1650  | 441                   | 1940  | 519.                  |
| 1080  | 289                   | 1370  | 366                   | 1660  | 444                   | 1950  | 521                   |
| 1090  | 291                   | 1380  | 369                   | 1670  | 446                   | 1960  | 524                   |
| 1100  | 294                   | 1390  | 372                   | 1680  | 449                   | 1970  | 527                   |
| 1110  | 297                   | 1400  | 374                   | 1690  | 452                   | 1980  | 529                   |
| 1120  | 299                   | 1410  | 377                   | 1700  | 454                   | 1990  | 532                   |



## Оформлення результатів оцінки хлібопекарських властивостей борошна

| Номер зразка-борошна | Сорт борошна | Якість борошна      |                          |             |           |             | Якість хліба       |            |                  |                         |
|----------------------|--------------|---------------------|--------------------------|-------------|-----------|-------------|--------------------|------------|------------------|-------------------------|
|                      |              | Вміст клітковини, % | Якість клітковини, група | Зольність % | Крупність |             | Об'ємний вихід, мл | <i>H/D</i> | Зовнішній вигляд | Характеристика м'якушки |
|                      |              |                     |                          |             | схід сита | прохід сита |                    |            |                  |                         |
| 1                    | Вищий        |                     |                          |             |           |             |                    |            |                  |                         |
| 2                    | Перший       |                     |                          |             |           |             |                    |            |                  |                         |
| 3                    | Другий       |                     |                          |             |           |             |                    |            |                  |                         |

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 17

### ТЕМА: ВИВЧЕННЯ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЖИТНЬОГО СОРТОВОГО БОРОШНА

**Мета роботи.** Набуття практичних навичок оцінки хлібопекарських властивостей житнього та сортового борошна.

**Попередні зауваження.** Хлібопекарські властивості жита ретельно вивчають, так як його зерно багате білками, що вирізняються високими харчовими властивостями. При однаковому виході борошна в житньому хлібі більш високий вміст деяких вітамінів і мінеральних речовин, ніж в пшеничному. Вирізняють житній хліб і високі харчові переваги – смак, аромат, повільне черствіння.

Для оцінки хлібопекарських властивостей жита велике значення має стан вуглеводно-амілазного комплексу, загальна автолітична активність, стан білка і підвищення діастатичної активності. Висока активність ферментів, швидка мінливість стану вуглеводно-амілазного комплексу (особливо при проростанні зерна) знижують хлібопекарські властивості жита. Житній хліб виходить меншого об'єму порівняно з пшеничним, має щільну м'якушку у зв'язку з тим, що в житньому тісті не формується зв'язана клейковина.

**Методичні вказівки.** Для оцінки хлібопекарських властивостей зерна жита використовують результати пробної випічки. Її проводять як безопарним, так і опарним методами. Розроблено прискорений безопарний метод випічки з борошна сіяного, обдирного і оббивного. Він найбільш прийнятний для лабораторних умов. Рецептuru тіста для пробних випічок наведена в таблиці 15.

Робочі розчини, що містять відповідну для кожного сорту борошна кількість кислот, готують напередодні випічок. Розраховують загальну кількість води для отримання тіста необхідної вологості. У прикладі, наведеному в таблиці 16, вологість борошна (оббивного чи обдирного) дорівнює 10,8%.

Таблиця 15

## Рецептура тіста при випічці хліба з житнього борошна

| Компонент                  | При випічці з борошна             |                                    |           |
|----------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------|
|                            | сіяного<br>(60 %-ого вихо-<br>ду) | обдирно-<br>го(87 %-ого<br>виходу) | оббійного |
| Борошно, г                 | 300,0                             | 300,0                              | 300,0     |
| Дріжді, г:                 |                                   |                                    |           |
| пресованні                 | 7,5                               | 18,0                               | 18,0      |
| сухі                       | 2,5                               | 6,0                                | 6,0       |
| Сіль (екстра), г           | 4,5                               | 6,0                                | 4,5       |
| Кислота:                   |                                   |                                    |           |
| молочна, мл<br>(40...49 %) | 4,0                               | 4,0                                | 4,0       |
| лимона, г                  | –                                 | 0,2                                | 0,2       |
| оцтова, мл                 | –                                 | 0,1                                | 0,4       |
| Вологість тіста, %         | 50                                | 51                                 | 51        |

Таблиця 16

## Вміст компонентів в тісті

| Компонент                                | Наважка | Сухі речовини, г | Вода, мл |
|--|---------|------------------|----------|
| Борошно, г                               | 300,0   | 267,6            | 32,4     |
| Дріжджі пресова-<br>ні, г ( $w = 60\%$ ) | 18,0    | 7,2              | 10,8     |
| Сіль, г                                  | 6,0     | 6,0              | –        |
| Кислота:                                 |         |                  |          |
| молочна, мл                              | 4,0     | –                | 4,0      |
| лимонна, г                               | 0,2     | 0,2              | –        |
| оцтова, мл                               | 0,4     | –                | 0,4      |
| Загальна кількість                       | –       | 281,0            | 47,6     |

Виходячи з цієї вологості розраховують кількість води (мл) для замісу борошна за формулою:

$$G_B = \frac{Cw_T}{100-w_T} - G_{B.H}, \quad (38)$$

де  $C$  – кількість сухої речовини в наважці муки, г;  
 $w_T$  – вологість тіста, %;  
 $G_{B.H}$  – кількість води в наважці, г.

У даному прикладі (мл) дорівнює:

$$G_B = \frac{285,0 \cdot 51}{100 - 51} - 47,6 = 249,0.$$

Випічка хліба з сіяного борошна. Поміщають в посуд 300 г борошна, вносять розчини молочної кислоти, дріжджів і солі, додають необхідну кількість води і замішують тісто протягом 7 хв. Під час замісу 2...3 рази очищають лопоті мішалки.

Тісто залишають бродити в термостаті за температури 33°C і відносній вологості повітря 75...85% протягом 60 хв. При формуванні тісто ділять на дві рівні частини і укладають в змащені олією форми. Поверхню тіста в формах розгладжують. Розстойку проводять до готовності до посадки в піч, випікають хліб при температурі 230 °C протягом 30 хв.

Випічка хліба з оббивного борошна. Поміщають в посуд 300 г борошна, вносять компоненти, додають необхідну кількість води і замішують тісто протягом 10 хв з очищенням лопатей 2...3 рази.

Тісто залишають бродити в термостаті за температури 33 °C і відносній вологості повітря 75...85% протягом 60 хв, перебивають вручну протягом 2 хв, потім тісто поміщають у змащену олією форму. Розстойка тіста в термостаті при температурі 33°C до готовності (20...45 хв). Випікають при температурі 200°C протягом 50 хв.

Випічка хліба з обдирного борошна. Поміщають в посуд 300 г борошна, вносять всі компоненти і замішують тісто протягом 10 хв.

Тісто на 60 хв залишають в термостаті за температури 35 °С, куди для зволоження поміщають посудину з водою. Після трихвилинної перебивки тісто формують, попередньо розділивши його на дві рівні частини. На розстойку тісто ставлять, в ту ж шафу до готовності до посадки в піч. Хліб випікають 45 хв при 180 °С. За відсутності мішалки допускається заміс тіста вручну до отримання однорідної консистенції.

Аналіз хліба проводять на наступний день. Вимірюють об'єм хліба, оцінюють зовнішній вигляд, колір, пористість, стан м'якушки.

**Порядок виконання роботи.** Роботу виконують групи по двоє людей, кожній з яких видають зразок борошна певної якості. Борошно може бути одного сорту, але повинне відрізнитися за якістю.

Студенти, використовуючи формулу (38), розраховують кількість води для замісу. Відважують потрібну кількість борошна, дріжджів, солі, відміряють розчини кислот мірним циліндром. Проводять заміс тіста за описаною методикою, й ставлять його на бродіння в термостат. Потім формують два хлібці, і знову ставлять їх у термостат. Випікають хліб при температурі, зазначеній вище, залежно від сорту борошна. Аналіз проводять на наступний день. Результати записують у таблицю 17.

Таблиця 17

Оформлення результатів визначення якості хліба

| Сорт борошна | Зразок | Об'єм хліба, мл |         |          | Органолептична оцінка |          |
|--------------|--------|-----------------|---------|----------|-----------------------|----------|
|              |        | першого         | другого | середній | зовнішнього вигляду   | м'якушки |
|              |        |                 |         |          |                       |          |

Результати роботи студенти обговорюють спільно і роблять загальний висновок.

## МОДУЛЬ II. ВИРОБНИЦТВО КРУП

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 18

#### ТЕМА: ДОСЛІДЖЕННЯ ФРАКЦІЙНОГО ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА ВІД ДОМІШОК

**Мета роботи.** Порівняння ефективності фракційного і звичайного способів очищення зерна від домішок, вивчення принципу підбору сит для очищення зерна різних фракцій.

**Попередні зауваження.** Фракційне очищення зерна від домішок особливо ефективно в тих випадках, коли неможливо їх виділення за кількома ознаками. В цьому випадку використовують схеми з послідовним застосуванням різних робочих органів, наприклад сит з різною формою і різними розмірами отворів.

На ситах певної форми і розмірів отворів зерно поділяють на кілька фракцій, потім домішки з кожної фракції виділяють з допомогою сит, що мають отвори іншої форми та інші розміри. Найбільш ефективний цей метод для зерна гречки.

Для очищення зерна від домішок можна примірювати сита з круглими і трикутними отворами, причому перші використовують в основному для розділення зерна на фракції, другі – для виділення таких домішок, як: дика редька, бобові та ін. Гречка може бути розділена на 2...6 фракцій (рис. 6). З не розсортованої на фракції гречки можна виділити найбільші та дрібні домішки (рис. 7).

**Порядок виконання роботи.** Наважку гречки масою 200...400г, що містить важко відбірні домішки (дику редьку, пшеницю та інші), слід просіяти на ситах з трикутними отворами зі стороною 7,0 мм і на ситі з отворами  $\emptyset$  3,3 мм. Потім визначають кількість домішок, виділених сходом сита з трикутними отворами зі стороною 7,0 мм і проходом сита з отворами  $\emptyset$  3,3 мм. Знаючи вміст домішок у вихідній наважці, розраховують їх вміст в очищеному зерні. Результати аналізу

записують у таблицю 18.

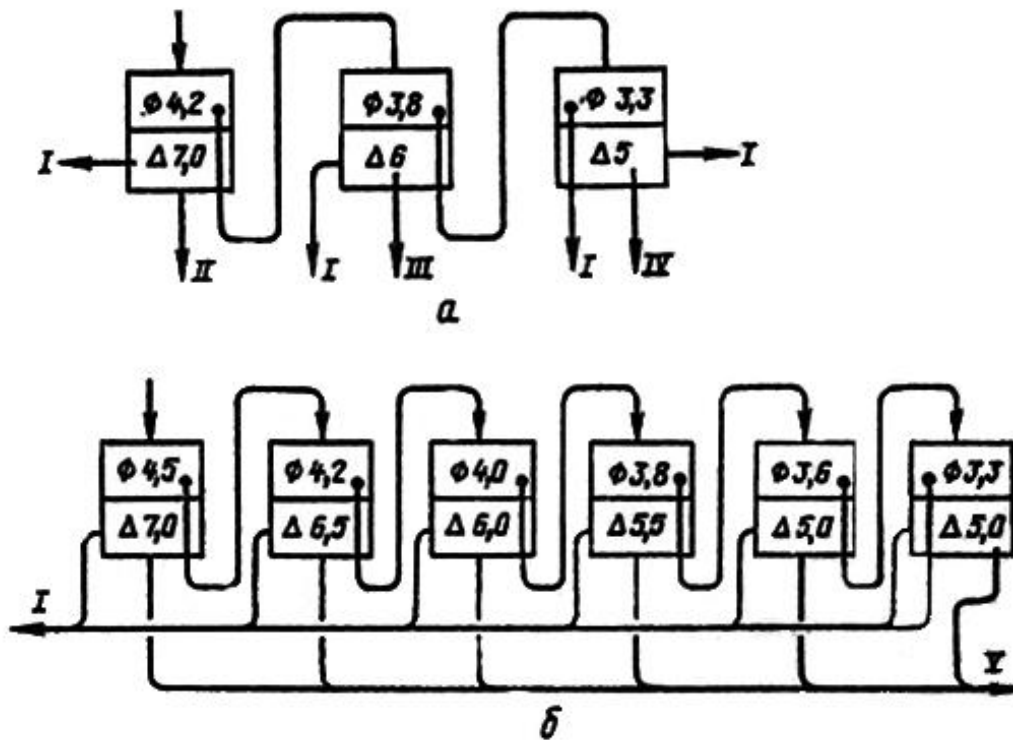


Рис. 6 Схеми фракційного очищення гречки від домішок (а–при розподілі зерна на три фракції, б– при розподілі зерна на шість фракцій; I – домішки; II – крупне зерно; III – середня фракція; IV – дрібна фракція; V – зерно)

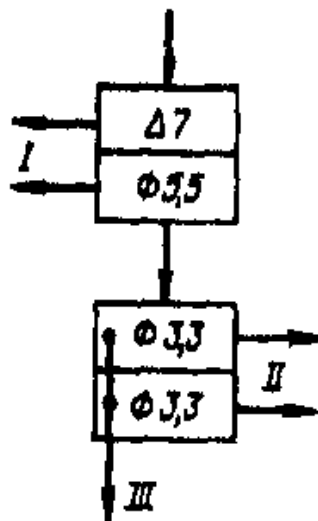


Рис. 7 Виділення домішок з не розсортованої гречки (I – крупні домішки; II – зерно; III – дрібні домішки)

Оформлення аналізу ефективності  
фракційного сортування зерна гречки

| Продукт   | Наявність домішок в зерні, % |                           |             |                           | Відібрано домішок, % |                           |
|---|------------------------------|---------------------------|-------------|---------------------------|----------------------|---------------------------|
|   | у початковому та у фракціях  |                           | в очищеному |                           |                      |                           |
|   | всього                       | в тому числі дикої редьки | всього      | в тому числі дикої редьки | всього               | в тому числі дикої редьки |
| Несортована гречка:<br>схід сита ( $\Delta 7$ мм)<br>прохід крізь сито ( $\emptyset 3,3$ мм)<br>Разом   |                              |                           |             |                           |                      |                           |
| Гречка, розсортована на три фракції – схід сита з отворами, мм:<br>$\Delta 7,0$<br>$\Delta 6,0$<br>$\Delta 5,0$<br>Відходи – прохід крізь сито ( $\emptyset 3,3$ мм)<br>Разом   |                              |                           |             |                           |                      |                           |
| Гречка, розсортована на шість фракцій – схід сита з отворами, мм:<br>$\Delta 7,0$<br>$\Delta 6,5$<br>$\Delta 6,0$<br>$\Delta 5,5$<br>$\Delta 5,0$<br>$\Delta 5,0$<br>Відходи – прохід крізь сито ( $\emptyset 3,3$ мм)<br>Разом |                              |                           |             |                           |                      |                           |



Після цього виділені домішки повертають в ту ж наважку, і сортують її на три фракції, їх просіюють на ситах з трикутними отворами. Домішки виділяють сходом з кожного з цих сит, а також проходом сита з отворами  $\emptyset$  3,3 мм. Визначають їх кількість і результати записують (див. табл. 18).

Як і в попередньому випадку, всі домішки повертають у вихідну наважку, яку сортують відповідно до схеми на шість фракцій. Кожну фракцію потім просівають на ситах з трикутними отворами, сходи з яких поряд з проходом сита з отворами  $\emptyset$  3,3 мм зважують і дані також заносять в таблицю 18.

Після заповнення таблиці 18 порівнюють ефективність очищення зерна від домішок при сепаруванні не фракційного зерна, розділеного на три і шість фракцій.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 19

### ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ КРУПОВІДІЛЬНИХ МАШИН

**Мета роботи.** Вивчення методів визначення технологічної ефективності, складання кількісного балансу процесу на базі якісних показників продуктів.

**Попередні зауваження.** Круповідділення – це операція відокремлення лушених і нелушених зерен, яка включена в технологічні схеми переробки гречки, вівса і рису в крупу. В результаті круповідділення отримують два продукти, один з яких представляє собою в основному лушені зерна, другий – нелушені (рис. 8).

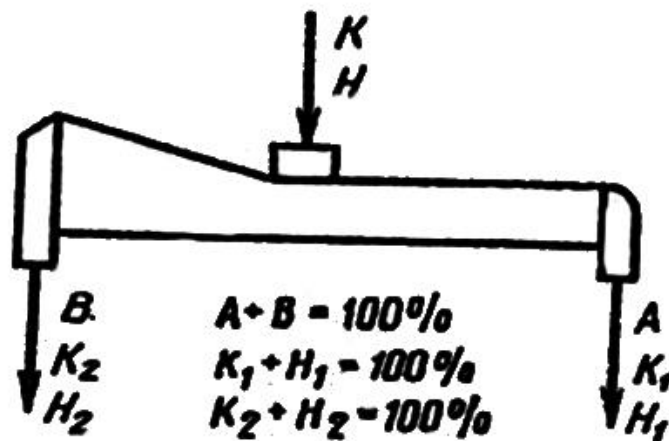


Рис. 8 Схема розділення суміші лушених і нелушених зерен.

Ефективність круповідділення оцінюють різними методами, зокрема найбільш точно вона може бути визначена за формулою В. М. Цециновського:

$$E = A \frac{K_1 - K}{100 - K} + B \frac{H_2 - H}{100 - H}, \quad (39)$$

де  $A$  і  $B$  – відповідно вихід фракцій лущених і нелущених зерен ( $A + B = 100\%$ ), %;  
 $K$  і  $H$  – концентрація лущення і нелущених зерен у вихідному продукті ( $K + H = 100\%$ );  
 $K_1$  – концентрація лущених зерен у фракції лущених зерен (продукт  $A$ ), %;  
 $H_2$  – концентрація нелущених зерен в фракції нелущених зерен (продукт  $B$ ), %.

В круп'яній промисловості для визначення ефективності круп'яного відділення використовують також формулу:

$$E = \alpha\beta\gamma. \quad (40)$$

У формулі (40) значення коефіцієнтів:

$$\alpha = \frac{K_1 A}{100 * K}; \quad \beta = \frac{H_2}{100 * H}; \quad \gamma = \frac{K_1}{100}. \quad (41)$$

Для оцінки ефективності процесу необхідно знати склад продуктів (тобто вміст лущених і нелущених зерен), а також кількісне співвідношення отриманих фракцій  $A$  і  $B$ . Ці величини можуть бути визначені при розрахунку балансу (у виробничих умовах) або зважуванням отриманих продуктів у лабораторних умовах. Однак на виробництві не завжди можливо зняти баланс. У цьому випадку обчислити значення  $A$  і  $B$  можна розрахунковим способом на основі матеріального балансу продуктів, використовуючи такі формули:

$$\begin{aligned} K * 100 &= K_1 A + K_2 * B; \\ H * 100 &= H_1 * A + H_2 * B; \\ A + B &= 100\%. \end{aligned} \quad (42)$$

Розрахувавши  $A$  і  $B$ , можна по кожній із запропонованих формул визначити величину ефективності процесу. Однак не завжди за

формулою можна отримати вичерпні відомості про ефективність процесу. Одне і те ж значення цієї величини може говорити про різні результати, тому поряд з чисельним значенням ефективності процесу можуть бути накладені і будь-які обмеження на результати сепарування.

Наприклад, в лущеному зерні рису, що надходить на шліфування, не повинно бути більше 1% нелущених зерен. Якщо крупа не піддається шліфуванню, наприклад гречана, то вміст нелущених зерен у фракції лущених не повинен перевищувати величини, встановленої стандартом для готової крупы і т. д.

**Порядок виконання роботи.** Вона може бути виконана в лабораторних чи у виробничих умовах. У першому випадку необхідна наявність будь-якої лабораторної круповіддільної машини, наприклад падді-машини, круповідділювача і т. д. Тоді через круповідділювач пропускають заздалегідь підготовлену суміш лущених і нелущених зерен. Після закінчення процесу зважують отримані фракції, і їх кількість виражають у відсотках. З кожного продукту (вихідного і двох отриманих фракцій) відбирають зразок-наважку масою 50 г, визначають з неї після ручної переборки вміст лущених і нелущених зерен і виражають у відсотках до відповідної маси зразка зерна. Результати записують у таблицю 19. Використовуючи дані таблиці 19, розраховують ефективність процесу.

При проведенні занять у виробничих умовах може бути виконаний кількісно-якісний баланс продуктів після сортування. При цьому немає необхідності визначати кількість і якість вихідного продукту, тобто величин, які можуть бути отримані розрахунковим шляхом.

Кількість кожної фракції А і В (кг/год) після зняття балансу визначають як:

$$A = 3600 \alpha / \tau, \quad (43)$$

де  $\alpha$  – кількість продукту, відібраного за час  $\tau$ , кг;  
 $\tau$  – час, протягом якого відбирали продукт, с.

## Оформлення визначення складу продуктів круповідділення

| Вихід фракцій,<br>г/% |   |                    |   | Склад продуктів,% |                    |                               |                                 |                               |                                 |
|-----------------------|---|--------------------|---|-------------------|--------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| лущених зерен, А      |   | нелущених зерен, В |   | початкового       |                    | фракції лущених зерен, А      |                                 | фракції не лущених зерен, В   |                                 |
| г                     | % | г                  | % | лущених зерен, К  | нелущених зерен, Н | лущених зерен, К <sub>1</sub> | нелущених зерен, Н <sub>1</sub> | лущених зерен, К <sub>2</sub> | нелущених зерен, Н <sub>2</sub> |

Так само визначають кількість продукту В. Кількість вихідного продукту розраховують як суму А і В. Потім величини А і В визначають у відсотках до їх суми. З кожного продукту відбирають наважки по 50 г, і знаходять у них відповідно вміст лущених і нелущених зерен.

Після визначення величин К<sub>1</sub>, Н<sub>1</sub>, К<sub>2</sub>, Н<sub>2</sub> можна розрахувати значення К і Н, тобто вміст лущених і нелущених зерен у вихідному продукті за наведеними вище формулами. Визначення фактичного складу вихідної суміші (ручним розбиранням наважки вихідного продукту), і порівняння його з розрахунковим складом дозволять оцінити точність зняття балансу.

При неможливості зняття кількісного балансу можна обійтися зняттям якісного балансу, визначивши склад суміші вихідного й отриманого продуктів і провівши розрахунок величин А і В. Після обчислення ефективності круповідділення за формулами (46) і (47) порівнюють результати, в разі значних розбіжностей з'ясовують причину.

Із суміші лущених та нелущених зерен відбирають наважку масою 10 г, в якій визначають кількість лущених та нелущених зерен. Вміст лущених зерен  $K(\%)$  у всій суміші визначають за формулою:

$$K = \frac{ac}{10}; H = 100-K, \quad (44)$$

де  $a$  – кількість лушених зерен в 10 г наважки, г;  
 $c$  – загальна кількість суміші лушених та нелушених зерен (%) в кожному зразку;  
 $H$  – вміст нелушених зерен, %.

Сумарну ефективність лушення  $E$  (%) визначають як:

$$E = K_l K_{ц.я.}, \quad (45)$$

де  $K_l$  – коефіцієнт лушення, %;  
 $K_{ц.я.}$  – коефіцієнт цілісності ядра.

Коефіцієнт лушення (%):

$$K_l = \frac{H_1 - H_2}{H_1} 100, \quad (46)$$

де  $H_1$  – вміст нелушених зерен в зерні, що надходить на лушення, %;  
 $H_2$  – вміст нелушених зерен в продуктах лушення, %.

Коефіцієнт цілісності ядра обчислюють за формулою:

$$K_{ц.я.} = \frac{K_2 - K_1}{(K_2 - K_1) + (d_2 - d_1) + (m_2 - m_1)}, \quad (47)$$

де  $K_1$  та  $K_2$  – вміст ядра в продукті відповідно до та після лушення, %;  
 $d_1$  та  $d_2$  – вміст дробленого ядра в продукті відповідно до та після лушення, %;  
 $m_1$  та  $m_2$  – вміст мучелі в продукті відповідно до та після лушення, %.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 20

### ТЕМА: ВИВЧЕННЯ РОБОТИ КРУПОВІДДІЛЬНИХ МАШИН

**Мета роботи.** Вивчення процесу розділення суміші лушених і нелушених зерен в круповіддільних машинах, ознайомлення з методами регулювання ефективної їх роботи.

**Попередні зауваження.** Найпростіша круповіддільна машина зображена на рисунку 9. При відсутності інших лабораторних круповіддільних установок її можна виготовити достатньо легко. Ефективність процесу сепарування залежить від кута нахилу сита і довжини закритої (відкритої) частини сита, а також від навантаження на сито.

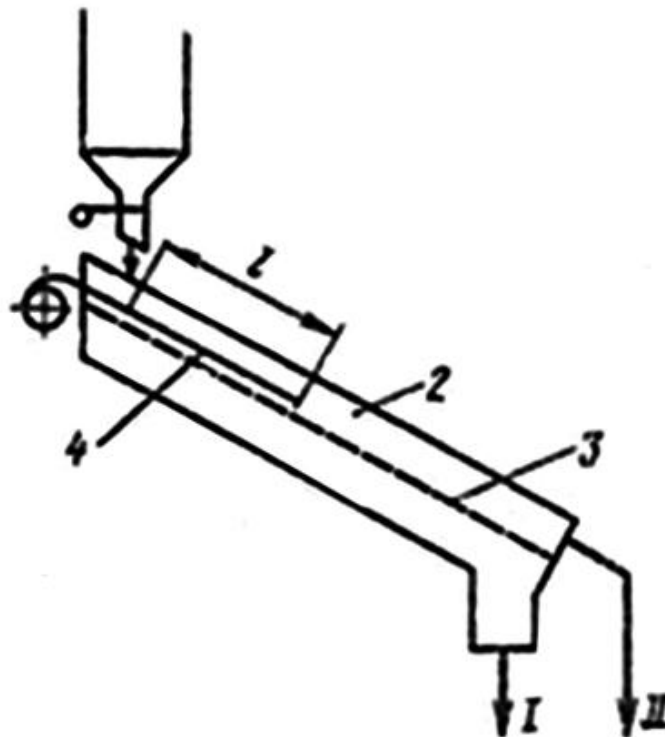


Рис. 9 Схема круповіддільної машини (1 – бункер; 2 – корпус; 3 – сито; 4 – тканина; I – прохід; II – схід;  $l$  – довжина закритої частини брезенту)

**Порядок виконання роботи.** Визначають вплив довжини відкритої частини сита на ефективність круповідділення. При постійних навантаженнях і куті нахилу сита змінюють довжину відкритої (закритої) частини сита, закриваючи її брезентом.

Зразок суміші лушчених і нелушчених зерен рису чи вівса масою 2...3 кг при постійному положенні засувки в бункері пропускають крізь круповіддільну машину, визначають час закінчення суміші. Отримані схід і прохід зважують, розраховують їх вміст (%). З цих продуктів відбирають зразки масою по 50 г, визначають у них вміст лушчених і нелушчених зерен. Потім цю ж суміш зерна повторно пропускають крізь круповіддільну машину при іншій величині відкритої частини сита, виконують ті ж операції, що і в першому випадку.

У кожному випадку визначають ефективність круповідділення за однією з формул, наведених у попередній роботі. Годинне навантаження на 1 см ширини сита  $g$  (кг/год) визначають як:

$$q = \frac{3600Q}{b\tau}, \quad (48)$$

де  $q$  – кількість вихідної суміші, кг;

$b$  – ширина сита, см;  $\tau$  – час роботи установки, с.

За даними таблиці 20 будують графіки залежності виходу проходу, (або сходу), величини ефективності  $E$  і т. д. від довжини відкритої частини сита і потім роблять висновок про вплив довжини відкритої частини сита на вихід і якість проходу (сходу). Потім визначають вплив кута нахилу сита на результати сепарування. Дану роботу виконують при постійному навантаженні і довжині відкритої частини сита. Порядок проведення дослідів приблизно такий же, як і в першому випадку.

Кут нахилу сита спочатку слід встановити так, щоб продукт почав рухатися по ситі. Потім кут нахилу сита збільшують з інтервалом 2...3 кг.

Отримані результати заносять в таблицю, аналогічну таблиці 20.



Оформлення отриманих даних про вплив  
довжини зони просіювання на ефективність круповідділення

| Дослід | Навантаження,<br>кг/год | Довжини відкритої частини сита, см | Прохід |                |           | Схід  |                |           | Ефективність луцення $E$ , % |
|--------|-------------------------|------------------------------------|--------|----------------|-----------|-------|----------------|-----------|------------------------------|
|        |                         |                                    | вихід  | вміст зерен, % |           | вихід | вміст зерен, % |           |                              |
|        |                         |                                    |        | лущених        | нелущених |       | лущених        | нелущених |                              |
| 1      |                         | 15                                 |        |                |           |       |                |           |                              |
| 2      |                         | 30                                 |        |                |           |       |                |           |                              |
| 3      |                         | 45                                 |        |                |           |       |                |           |                              |
| 4      |                         | 60                                 |        |                |           |       |                |           |                              |

Як і в першому експерименті, будують графік залежності виходу сходу (проходу), ефективності і т.д. від кута нахилу. Визначають вплив навантаження на ефективність сепарування. При постійному куті нахилу, довжині відкритої частини сита змінюють навантаження в межах 50...200 кг/(см\*год). Іншу частину експерименту виконують так само, як і в попередніх роботах. Після закінчення роботи роблять висновки про вплив досліджених параметрів на ефективність сепарування суміші, про можливість регулювання цього процесу.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 21

### ТЕМА: ВИВЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ПШОНА

**Мета роботи.** Вивчення процесу переробки проса в пшоно, складання кількісного балансу процесу, ознайомлення з характеристиками крупи і відходів.

**Попередні зауваження.** Процес переробки проса в крупу включає його підготовку, лущення і шліфування, контроль крупи і відходів (побічних продуктів). У лабораторних умовах використовують спрощену схему ведення технологічного процесу, що включає всі основні елементи (рис. 10).

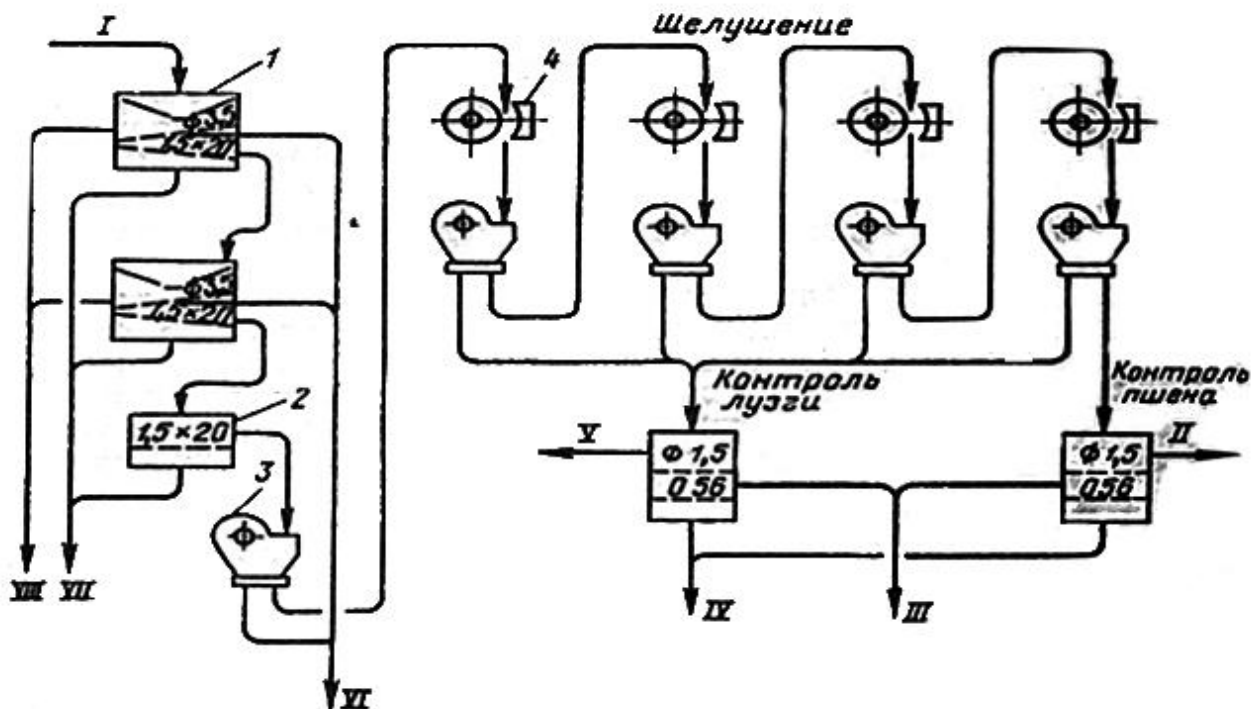


Рис. 10 Лабораторна схема виробництва пшона (1 – повітряно-ситовий сепаратор; 2 – розсів; 3 – аспіратор; 4 – вальцедековий верстат; I – просо; II – пшоно; III – дробленка (січка); IV – мучель; V – лузга; VI – легкі домішки; VII – дрібні домішки; VIII – крупні домішки)

Очищають зерно від домішок в лабораторному сепараторі чи в розсіві, сита в яких встановлені відповідно до технологічної схеми. Крім виділення домішок відокремлюють також дрібне зерно проходом сита з розміром отворів  $1,5 \times 20$  мм. Лушть зерно чотириразовим пропуском крізь вальцедекові верстати, причому після кожного лущення, продукти провівають в аспіраторах або аспіраційних колонках.

Якщо як лушильну машину застосовують лабораторний вальцедековий верстат ЛВС-1 конструкції НВО «Агровиріб», провіювання продуктів лушення здійснюють безпосередньо в цій установці. Остання система лушення – одночасно система шліфування. Контролюють крупу, мучку і лузгу в лабораторному розсіві.

**Порядок виконання роботи.** Зразок проса масою 200...400 г очищають від домішок відповідно до технологічної схеми. Кількість зерна і відходів після кожної системи записують в таблицю балансу переробки проса.

Перед початком лушення з допомогою допоміжних зразків масою 50...100 г встановлюють режими лушення на кожній системі відповідно до рекомендацій Правил. Вміст лущених зерен після першої системи має бути не менше 80...90%, другої – 90...95%, третьої – 95...98%, після четвертої – не менше 99,4%.

Для визначення кількості лущених зерен із суміші їх з нелущеними відбирають наважку 5...10 г, вибирають з неї нелущені зерна, зважують, розраховують склад продуктів лушення за формулою:

$$H = \frac{100\alpha_i c_i}{b_i n_i}, \quad (49)$$

де  $\alpha_i$  – кількість суміші лущених і нелущених зерен після лушення, г;

$b_i$  – маса наважки, взятої для визначення вмісту нелущених зерен (5...10 г), г;

$c_i$  – кількість нелущених зерен у наважці  $b_i$ , г;

$n_i$  – кількість зерна, що надходить на перше лущення, м.

Після того як будуть встановлені режими роботи систем на основі попередніх експериментів, проводять переробку основного зразка зерна проса. Для цього його пропускають крізь верстат першої системи, відокремлюють лузгу і мучку чи безпосередньо у верстаті (таким пристроєм забезпечений вальцедековий верстат ЛВС-1). Виділені побічні продукти і суміш лущених і нелущених зерен зважують, виражають у відсотках до вихідної наважки і оформляють баланс (табл. 21).

Для оцінки ефективності лущення зерна з суміші лущених і нелущених зерен виділяють наважку 5...10 г (чим менше в суміші нелущених зерен, тим більшою має бути маса наважки: наприклад, після першого і другого лущення – 5 г, після третього і четвертого – 10 г), розбирають на лущені і нелущені зерна, зважують, і загальний їх вміст у відсотках до вихідної наважки розраховують за формулою (49).

Потім, щоб уникнути втрат весь взятий для аналізу продукт приєднують до суміші лущених і нелущених зерен і направляють на другу систему лущення. Далі роблять те ж, що і після першої системи лущення, результати заносять в таблицю балансу і т.д. Після четвертої системи лущення суміш лущених і нелущених зерен являє собою готову крупу, в якій вміст нелущених зерен має бути не більше 0,6%, що відповідає нормам для крупи другого сорту.

Коефіцієнт лущення (%) по системам визначають за вмістом нелущених зерен в продукті до і після вальцедекового верстата:

$$E = \frac{H_1 - H_2}{H_1} 100, \quad (50)$$

де  $H_1$  – вміст нелущених зерен в продукті, що надходить в машину, %;

$H_2$  – вміст нелущених зерен в продукті після машини.

Отриману крупу і побічні продукти контролюють в розсіві й аспіраторі відповідно до схеми, результати також заносять в таблицю балансу.

На додаток до виконаної частини роботи може бути вивчена ефективність фракційної переробки зерна проса. В даний час технологічна схема не передбачає фракціонування зерна перед лушенням.

## Баланс переробки проса

| Найменування               | Навантаження<br>насистему, % | Другий<br>сепаратор | Розсів | Аспіраційна<br>колонка | Лущення |       |       |          | Контроль |       | Готова продукція та<br>відходи |                      |        |       | Домішки |        |       |
|----------------------------|------------------------------|---------------------|--------|------------------------|---------|-------|-------|----------|----------|-------|--------------------------------|----------------------|--------|-------|---------|--------|-------|
|                            |                              |                     |        |                        | перше   | друге | третє | четверте | пшона    | лузги | пшоно                          | дробленка<br>кормова | мучель | лузга | крупні  | дрібні | легкі |
| Сепаратор:                 |                              |                     |        |                        |         |       |       |          |          |       |                                |                      |        |       |         |        |       |
| перший                     | 100                          | 96                  |        |                        |         |       |       |          |          |       |                                |                      |        |       | 2,0     | 1,5    | 0,5   |
| другий                     | 96                           |                     | 93     |                        |         |       |       |          |          |       |                                |                      |        |       | 2,0     | 0,5    | 0,5   |
| Розсів                     | 93                           |                     |        | 91,5                   |         |       |       |          |          |       |                                |                      |        |       |         | 1,5    |       |
| Аспіраційна<br>колонка     | 91,5                         |                     |        |                        | 91      |       |       |          |          |       |                                |                      |        |       |         |        | 0,5   |
| Лущення:                   |                              |                     |        |                        |         |       |       |          |          |       |                                |                      |        |       |         |        |       |
| перше                      | 91                           |                     |        |                        |         | 76    |       |          |          | 15    |                                |                      |        |       |         |        |       |
| друге                      | 76                           |                     |        |                        |         |       | 69    |          |          | 7     |                                |                      |        |       |         |        |       |
| третє                      | 69                           |                     |        |                        |         |       |       | 66       |          | 3     |                                |                      |        |       |         |        |       |
| четверте                   | 66                           |                     |        |                        |         |       |       |          |          | 2     |                                |                      |        |       |         |        |       |
| Контроль:                  |                              |                     |        |                        |         |       |       |          |          |       |                                |                      |        |       |         |        |       |
| пшона                      | 64                           |                     |        |                        |         |       |       |          |          |       | 63                             | 0,5                  | 0,5    |       |         |        |       |
| лузги                      | 27                           |                     |        |                        |         |       |       |          |          |       |                                | 5                    | 5      | 17    |         |        |       |
| Разом готової<br>продукції |                              |                     |        |                        |         |       |       |          |          |       | 63                             | 5,5                  | 5,5    | 17    | 4       | 3,5    | 1,5   |

У той же час зерно проса різної крупності відрізняється і різними технологічними властивостями, тому доцільно дослідити вплив фракціонування зерна перед лушенням на вихід і якість крупи.

Цю частину роботи виконують в наступному порядку. Зразок проса, очищеного від домішок, масою 400...500 г просіюють в лабораторному розсіві на ситах з отворами розміром 1,5×20, 1,7×20 і 1,8×20 мм (рис. 11). Прохід через сито 1,5×20 мм направляють у відходи, схід цього сита являє собою дрібну фракцію зерна, схід сита 1,8×20 мм – велика фракція.

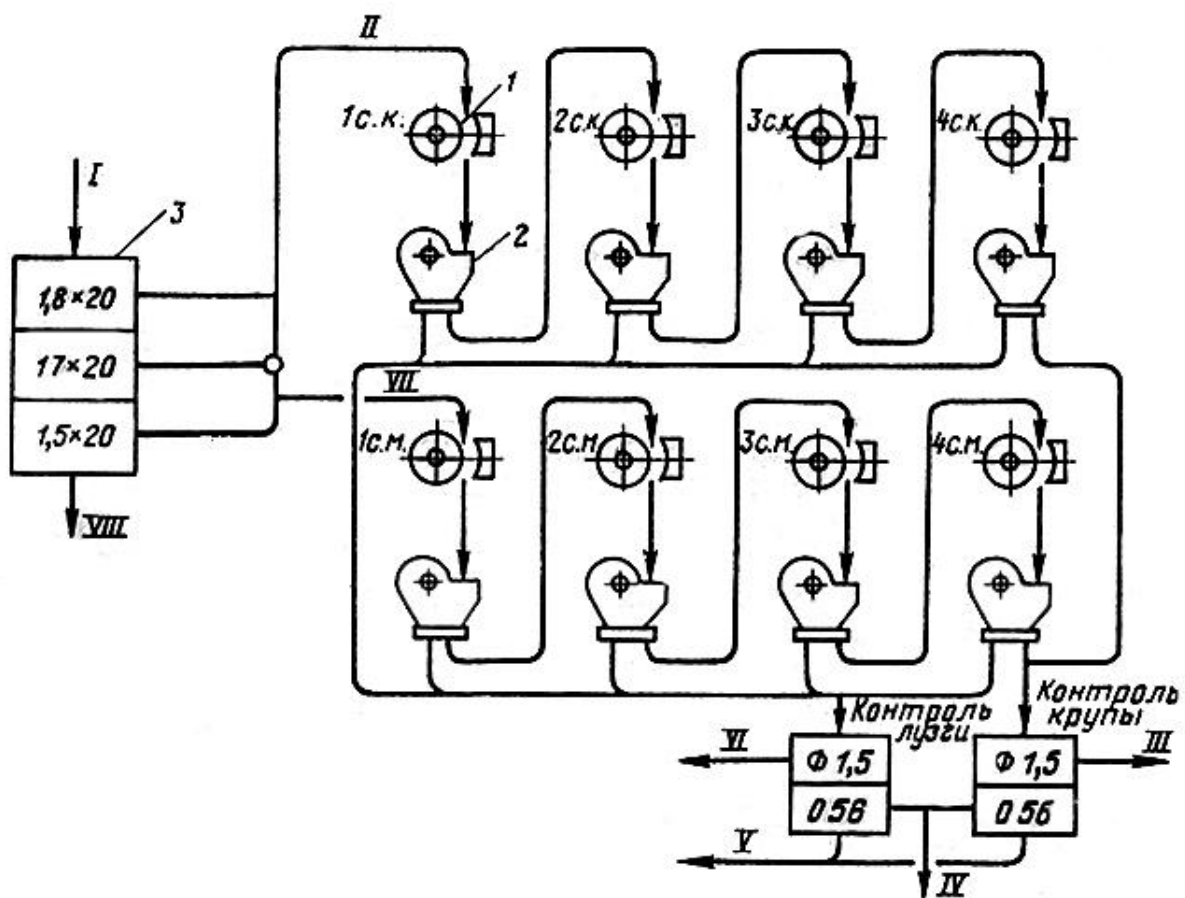


Рис. 11 Схема фракційного лушення зерна проса (1 – вальцедековий верстат, 2 – аспіратор; 3 – розсів; I – просо; II – велика фракція; III – крупка; IV – дроблена (січка); V – мучка; VI – лузга; VII – дрібна фракція; VIII – дрібне зерно)

Схід сита з отворами розміром 1,7×20 мм приєднують чи до дрі-

бної фракції, або до великої в залежності від крупності вихідного зерна. Бажано, щоб співвідношення кількості зерна у дрібній і крупній фракціях наближалось до 1:1. Кожну фракцію зерна піддають чотириразовому луценню так, щоб після четвертого луцення в суміші лущених і нелущених зерен залишалось не більше 0,6% нелущених зерен. Тут не потрібно прагнути до того, щоб в продуктах луцення кожної фракції було стільки нелущених зерен. Наприклад, при однаковій кількості зерна великої та дрібної фракцій в продуктах луцення великої фракції може бути близько 0,3% нелущених зерен, а дрібної - 0,9%. Середньозважена кількість нелущених зерен в сумарному продукті буде близько 0,6%.

Визначають вихід крупи (%) при переробці великої і дрібної фракцій, потім знаходять середньозважений сумарний вихід крупи (%). Для контролю лущать зерно, не розділене на фракції, з якого на ситі з отворами розміром  $1,5 \times 20$  мм відбирають дрібне зерно. Так само в результаті чотириразового луцення отримують крупу з вмістом нелущених зерен не більше 0,6%.

Результати переробки зерна записують у таблицю 22.

Таблиця 22

Оформлення результатів впливу  
фракціонування зерна проса на ефективність його луцення

| Варіант переробки зерна                          | Вихід крупи, % | Вміст нелущених зерен в крупі, % |
|--|----------------|----------------------------------|
| Нефракційного                                    |                |                                  |
| Фракційного:<br>крупна фракція<br>дрібна фракція |                |                                  |
| Середньозважені результати                       |                |                                  |



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 22

### ТЕМА: ВИВЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ГРЕЧАНОЇ КРУПИ

**Мета роботи.** Вивчення основних елементів технологічного процесу переробки гречки в крупу, ознайомлення з характеристикою готової продукції.

**Попередні зауваження.** Процес переробки зерна гречки в крупу включає очищення зерна від домішок, ГТО, поділ зерна на шість фракцій, роздільне лушення кожної фракції, контроль крупи і відходів.

Лабораторна схема (рис. 12) не може повністю відтворити, виробничу схему хоча б тому, що в цій схемі нелущене зерно, виділене після лушення, знову повертається на той же верстат і лущиться разом із зерном, що надходить.

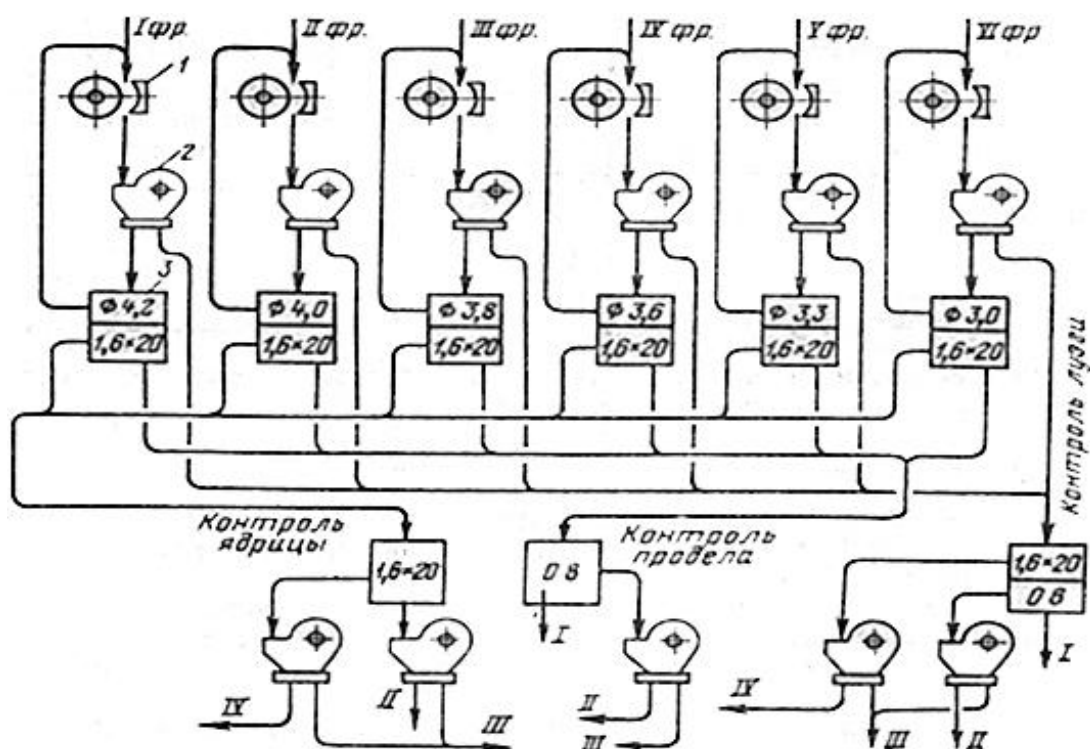


Рис. 12 Лабораторна схема переробки зерна гречки з використанням вальцедекового верстата ЛВС-1 (1 – вальцедековий верстат, 2 – аспіратор; 3 – розсів; I – мучель; II – проділ; III– лузга; IV – ядриця)

У лабораторних умовах, коли переробляють обмежений зразок зерна, виділене нелущене зерно доводиться пропускати через вальцедековий верстат повторно, знову виділяти нелущені зерна і т.д., поки не залишиться мінімальна кількість нелущених зерен. Так як процес повторного лущення зерна не може тривати нескінченно, а відкидання нелущених зерен, що залишилися після чергової обробки, призведе до втрат крупи, то ці зерна приєднують до наступного по крупності (більше дрібного) зразка і т.д.

**Порядок виконання роботи.** Зразок гречки, після ГТО, масою близько 500 г сортують на ситах з розмірами отворів від  $\varnothing$  4,5 до 3,3 мм. Фракціонування зерна може бути поєднане з його очищенням від домішок на ситах з трикутними отворами згідно технологічної схеми.

Потім визначають масу кожної фракції і кількість домішок, виділених з цієї фракції, результати записують в таблицю. Для спрощення роботи можна відмовитися від переробки зерна останніх двох трьох фракцій, якщо кількість зерна в них невелика. В цьому випадку за 100% слід приймати суму інших фракцій зерна.

Готують допоміжні наважки кожної фракції, які використовують для установки режимів лущення зерна. Коефіцієнт лущення зерна кожної фракції повинен відповідати рекомендаціям Правил. Переробку зерна починають з найбільшої фракції, отриманої сходом з отворами сита  $\varnothing$  4,5 мм.

Увальцедековому верстаті встановлюють зазор між валком і деком, який був раніше визначений для зерна цієї фракції. При лущенні зерна у верстатах ЛВС-1 отримують такі продукти: суміш нелущених зерен, ядриці і проділу, а також суміш лузги і мучелі. Після лущення перший продукт просівають на ситах з отворами  $\varnothing$  4,2 і  $1,6 \times 20$  мм. Прохід сита з отворами розміром  $1,6 \times 20$  мм являє собою проділ, схід цього сита – ядрицю, схід сита з отворами  $\varnothing$  4,2 мм – нелущене зерно. Це зерно повторно лущать при тому ж зазорі між вальцем і декою.

Після повторного лушення перший продукт сортують на зазначених вище ситах. Решту нелушеного зерна знову лущать, сортують до тих пір, поки його кількість не буде менш 1...3 г. Ці нелушені зерна зважують і приєднують до наступної фракції. Отримані після кожного лушення ядриця і проділ об'єднують, зважують, результат записують. Приклад оформлення балансу переробки гречки наведено в таблиці 23.

Отриману після кожного лушення суміш лузги і мучелі об'єднують і зважують. Закінчивши лушення першої фракції, переходять до переробки другої і т.д. Однойменні продукти, отримані при лущенні зерна всіх фракцій, об'єднують і піддають контрольному сортуванню відповідно до технологічної схеми. Для спрощення роботи контрольному сортуванню можна піддавати тільки суміш лузги і мучелі.

Кількість всіх продуктів, отриманих при лущенні кожної фракції, а також при контрольному сортуванні, записують у таблицю 23. Потім порівнюють отриманий вихід крупи, відходів, побічних продуктів з базисним, роблять висновок про ефективність переробки зерна. Визначають також якість крупи, роблять висновок про його відповідність вимогам стандарту.

## Баланс переробки гречаної крупи

| Назва       | Навантаження на систему, % | Сортування |    |     |    |   | Системи лушення |       |        |       |      |       | Контроль |         |       | Готова продукція |        |        |       |         |
|-------------|----------------------------|------------|----|-----|----|---|-----------------|-------|--------|-------|------|-------|----------|---------|-------|------------------|--------|--------|-------|---------|
|             |                            | I          | II | III | IV | V | I фр            | II фр | III фр | IV фр | V фр | VI фр | ядриці   | проділу | лузги | ядриця           | проділ | мучель | лузга | відходи |
| Сортування: |                            |            |    |     |    |   |                 |       |        |       |      |       |          |         |       |                  |        |        |       |         |
| I           | 100                        | 80         |    |     |    |   | 18              |       |        |       |      |       |          |         |       |                  |        |        |       | 2,0     |
| II          | 80                         |            | 45 |     |    |   |                 | 34    |        |       |      |       |          |         |       |                  |        |        |       | 1,0     |
| III         | 45                         |            |    | 25  |    |   |                 |       | 18     |       |      |       |          |         |       |                  |        |        |       | 2,0     |
| IV          | 25                         |            |    |     | 10 |   |                 |       |        | 13    |      |       |          |         |       |                  |        |        |       | 2,0     |
| V           | 10                         |            |    |     |    | 4 |                 |       |        |       | 5    |       |          |         |       |                  |        |        |       | 1,0     |
| VI          | 4                          |            |    |     |    |   |                 |       |        |       |      | 3     |          |         |       |                  |        |        |       | 1,0     |
| Лушення:    |                            |            |    |     |    |   |                 |       |        |       |      |       |          |         |       |                  |        |        |       |         |
| I фр.       | 18                         |            |    |     |    |   |                 | 1     |        |       |      |       | 10,0     | 2,0     | 5,0   |                  |        |        |       |         |
| II фр.      | 35                         |            |    |     |    |   |                 |       | 1      |       |      |       | 22,0     | 4,0     | 8,0   |                  |        |        |       |         |
| III фр.     | 19                         |            |    |     |    |   |                 |       |        | 1     |      |       | 11,0     | 2,0     | 5,0   |                  |        |        |       |         |
| IV фр.      | 14                         |            |    |     |    |   |                 |       |        |       | 1    |       | 7,5      | 1,5     | 4,0   |                  |        |        |       |         |
| V фр.       | 6                          |            |    |     |    |   |                 |       |        |       |      | 1     | 2,5      | 0,5     | 2,0   |                  |        |        |       |         |
| VI фр.      | 4                          |            |    |     |    |   |                 |       |        |       |      |       | 2,0      | 0,5     | 1,0   |                  |        |        |       |         |
| Контроль:   |                            |            |    |     |    |   |                 |       |        |       |      |       |          |         |       |                  |        |        |       |         |
| ядриці      | 55,0                       |            |    |     |    |   |                 |       |        |       |      |       |          |         |       | 54,0             | 0,5    |        | 0,5   |         |
| проділу     | 10,5                       |            |    |     |    |   |                 |       |        |       |      |       |          |         |       |                  | 9,0    | 1,0    | 0,5   |         |
| лузги       | 25,0                       |            |    |     |    |   |                 |       |        |       |      |       |          |         |       | 0,5              | 0,5    | 5,0    | 19,0  |         |
| Всього      |                            |            |    |     |    |   |                 |       |        |       |      |       |          |         |       | 54,5             | 10,0   | 6,0    | 20,0  | 9,5     |

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 23

### ТЕМА: ВИВЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА РИСОВОЇ КРУПИ

**Мета роботи.** Вивчення процесу переробки зерна рису в крупу при різних режимах його ведення, набуття практичних навичок складання кількісного балансу процесу, аналіз ефективності окремих етапів і всього процесу виробництва.

**Попередні зауваження.** З огляду на те що круп'яні лабораторії інститутів оснащені неоднаковими установками для переробки зерна рису в крупу, можна, моделюючи виробничий процес і шукаючи оптимальні режими переробки, використовувати для проведення лабораторної роботи наявні установки. Для переробки рису в крупу беруть зерно, очищене від домішок. Перед початком роботи студентів знайомлять з технологічною схемою процесу, що проводиться на лабораторному стенді, системою регулювання зазору між робочими органами і тривалістю роботи окремих агрегатів установки, які наведені в паспортних даних на ці установки. Для виконання лабораторної роботи можна використовувати установки ЛУР-1 або ЛУР-1М.

**Порядок виконання роботи.** Слід накреслити лабораторну схему, і відповідно до неї заповнити встановлену форму кількісного балансу переробки зерна рису в крупу (табл. 24).

Перед переробкою зерна рису в крупу з приготованого для лушення зразка в дільнику виділяють наважку масою 50 г і визначають кількість лущених зерен, дробленого ядра і мучелі. До дробленого ядра відносять биті зерна розміром менше  $\frac{2}{3}$  нормального і які не проходять через отвори сита  $\varnothing 1,5$  мм. Мучель отримують проходом сита з отворами  $\varnothing 1,5$  мм. Результати аналізу записують в таблицю 24.

Переробляють зерно рису в крупу в установці ЛУР-1. Зразок зерна рису масою 25, 50 або 100 г, очищений від домішок, засипають при закритій заслінці в циклон-збірник 1 (рис. 13).

## Оформлення кількісного балансу процесу лущення зерна рису

| Зазор,<br>мм | Тривалість<br>лущення, хв | Потрапило<br>на систему лущення зерен |   |              |   |         |   |                   |    | Отримано після лущення зерен |    |         |    |             |    |                    |    |        |    |
|--------------|---------------------------|---------------------------------------|---|--------------|---|---------|---|-------------------|----|------------------------------|----|---------|----|-------------|----|--------------------|----|--------|----|
|              |                           | всього                                |   | в тому числі |   |         |   |                   |    | нелущених                    |    | лущених |    | подрібнених |    | мучелі<br>с лузгою |    | всього |    |
|              |                           |                                       |   | нелущених    |   | лущених |   | Под.-<br>рібнених |    |                              |    |         |    |             |    |                    |    |        |    |
|              |                           | г                                     | % | г            | % | г       | % | г                 | %  | г                            | %  | г       | %  | г           | %  | г                  | %  | г      | %  |
| 1            | 2                         | 3                                     | 4 | 5            | 6 | 7       | 8 | 9                 | 10 | 11                           | 12 | 13      | 14 | 15          | 16 | 17                 | 18 | 19     | 20 |
| 0,4 мм       | 20                        |                                       |   |              |   |         |   |                   |    |                              |    |         |    |             |    |                    |    |        |    |
|              | 40                        |                                       |   |              |   |         |   |                   |    |                              |    |         |    |             |    |                    |    |        |    |
|              | 60                        |                                       |   |              |   |         |   |                   |    |                              |    |         |    |             |    |                    |    |        |    |
|              | 80                        |                                       |   |              |   |         |   |                   |    |                              |    |         |    |             |    |                    |    |        |    |
| 0,5 мм       | 20                        |                                       |   |              |   |         |   |                   |    |                              |    |         |    |             |    |                    |    |        |    |
|              | 40                        |                                       |   |              |   |         |   |                   |    |                              |    |         |    |             |    |                    |    |        |    |
|              | 60                        |                                       |   |              |   |         |   |                   |    |                              |    |         |    |             |    |                    |    |        |    |
|              | 80                        |                                       |   |              |   |         |   |                   |    |                              |    |         |    |             |    |                    |    |        |    |

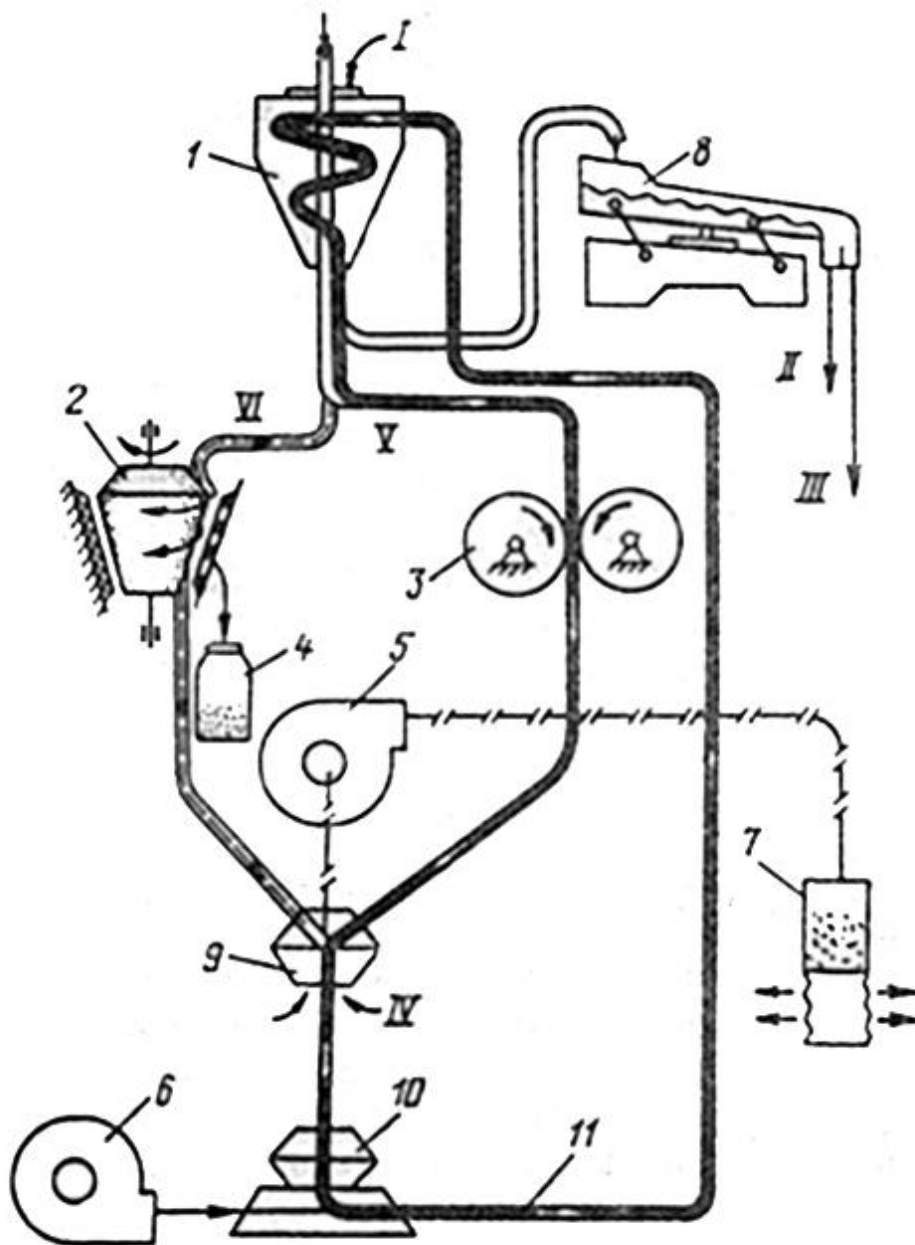


Рис. 13 Технологічна схема установки ЛУР-1 (1 – циклон-збірник; 2 – шліфувальна установка; 3 – лущільний агрегат; 4 – склянка для мучелі; 5 – вентилятор для провіювання лузги; 6 – вентилятор; 7 – стакан; 8 – лабораторний сортувальник С-2; 9 – аспіратор; 10 – пневмоприймач; 11 – матеріалодріт; I – продукт; II – дроблена крупа; III – шліфована крупа; IV – повітря; V – нелущене зерно; VI – ядро)

Встановивши необхідний зазор між валками, покритими гумою, і поставивши реле часу на необхідну тривалість лущення, включають установку.

У зазорі між покритими гумою валками зерно рису піддають лущенню. Продукти лущення надходять в аспіратор 9, в якому провіюється лузга з мучеллю, і потім в стакан 7 з сітчастим дном.

Ядро з нелущеним зерном потрапляє в пневмоприймач 10 і по матеріалодроту 11 нагнітається в циклон-збірник 1.

Лущення і рух продукту триває до закінчення часу, встановленого на реле. Після закінчення циклу заслінка автоматично закриває випускний отвір циклону-збірника 1. Зупинивши установку і відкривши вручну заслінку циклону-збірника, випускають продукт в стакан. На розбірній дошці виокремлюють дробленку, нелущене зерно і ядро. Всі виділені продукти зважують, і отримані дані записують у таблицю 24.

Після завершення лущення циклон-збірник 1 з лущеним зерном поміщають над шліфувальної установкою 2. Поставивши реле часу на необхідну тривалість шліфування і відрегулювавши зазор між шліфувальним барабаном і ситової обичайкою, включають установку. Ядро, піддаючись обробці, шліфується і надходить у пневмоприймач 10 і по матеріалодроту 11 нагнітається в циклон-збірник. Циркуляція продукту продовжується до закінчення заданого часу і закриття заслінки.

Мучель при шліфуванні ядра проходить через вічка ситової обичайки і накопичується на піддоні. Обертанням скребка вона виводиться крізь отвір в піддоні і потрапляє в стакан 4. Дроблену крупу виділяють у сортувальнику 8 на пористих поверхнях з розміром комірок 3,0 мм, 3,5 і 4,0 мм. При сортуванні ціле зерно рису скочується з поверхні, а подрібнене ядро залишається в отворах. На терезах визначають масу крупи, дробленки, лузги і мучелі, виражають їх у відсотках відносно взятої наважки, результати записують в таблицю 25.



## Оформлення результатів визначення маси досліджуваних продуктів

| Кількість переробленого риса |   | Отримано при переробці |   |                 |   |       |   |        |   | Тривалість обробки, хв |                |
|------------------------------|---|------------------------|---|-----------------|---|-------|---|--------|---|------------------------|----------------|
| г                            | % | риса шліфованого       |   | риса дробленого |   | лузги |   | мучелі |   | при лущенні            | при шліфуванні |
|                              |   | г                      | % | г               | % | г     | % | г      | % |                        |                |
|                              |   |                        |   |                 |   |       |   |        |   |                        |                |

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 24

### ТЕМА: ВИВЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ПЕРЛОВОЇ КРУПИ

**Мета роботи.** Вивчення процесу виробництва перлової крупи, набуття навичок зі складання кількісного балансу технологічного процесу, ознайомлення з властивостями отриманих продуктів.

**Попередні зауваження.** Процес виробництва перлової крупи (рис. 14) проводять на зерні ячменю, отриманого сходом сит з отворами розміром  $2,4 \times 20$  мм і  $2,2 \times 20$  мм. Від домішок ячмінь очищають дворазовим послідовним пропуском через сепаратори і одноразовим пропуском через розсів-аналізатор.

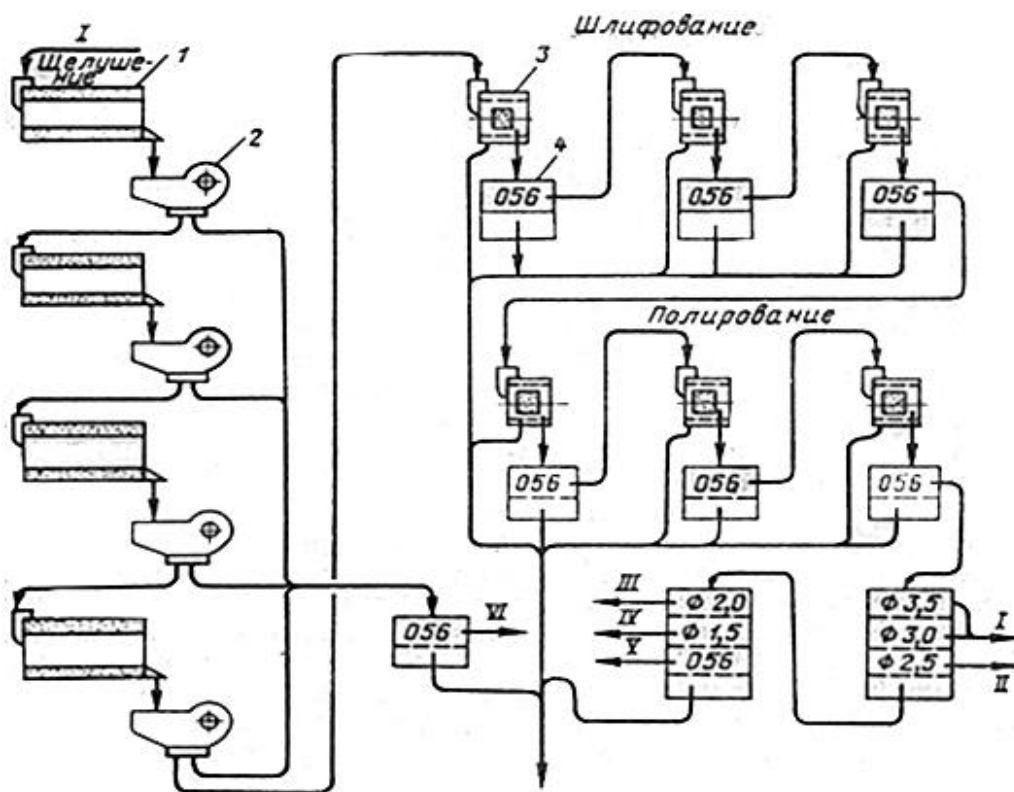


Рис. 14 Лабораторна схема переробки ячменю в перлову крупу (1 – оббивальна машина; 2 – аспіратор; 3 – луцильник ТМ-05; 4 – розсів-аналізатор; I – крупа № 1; II – крупа № 2; III – крупа № 3; IV – крупа № 4; V – крупа № 5; VI – лузга)

Провіювання легких домішок можна проводити в аспіраторі або аспіраційній колонці з наступним чотириразовим луценням в лабораторній оббивальній машині з абразивним циліндром. Провіюють лузгу після кожної системи луцення. Отриманий продукт (пенсак) передають на шліфування та полірування в лабораторну установку ТМ-05.

Відділення мучелі від продуктів шліфування та полірування після кожної системи проводять в розсіві-аналізаторі. Після третьої системи полірування отриману крупу сортують в розсіві-аналізаторі на п'ять номерів. Крупа № 1 і 2 може бути подовженої форми відповідно сходом сит з отворами  $\varnothing$  3 і 2,5 мм. Крупа № 3, 4 і 5 по формі має бути кулястою, її отримують відповідно сходом сит з отворами  $\varnothing$  2,0; 1,5 мм і № 506. Тривалість шліфування та полірування в установці ТМ-05 залежить від сорту ячменю, його скловидності, час підбирають дослідним шляхом.

У крупі № 1 і 2 визначають недодир. Недодиром вважають ядра, які мають поза борозенкою залишки квіткових оболонок більш ніж на чверті поверхні ядра.

Недодир (%) розраховують за формулою:

$$H = \frac{100a_H}{G}, \quad (51)$$

де  $a_H$  – маса ядра із залишками квіткових оболонок, г;  
 $G$  – маса наважки, взятої для аналізу, г.

**Порядок виконання роботи.** Викреслюють лабораторну технологічну схему процесу переробки ячменю в перлову крупу і таблицю 26 балансу. Для виконання роботи беруть 500 г очищеного від домішок ячменю і луцять в оббивальних машинах. Отриманий пенсак, лузгу і мучель зважують, виражають у відсотках до вихідної наважки і заносять в таблицю балансу. Пенсак переробляють в установці ТМ-05. Так як вся його маса в цю установку не входить, то її переробляють кілька разів. Після кожної системи шліфування та полірування в розсіві-аналізаторі відсівають мучель. Отримані продукти зважують,

виражають у відсотках і записують в таблицю балансу.

Шліфувально-полірувальна установка – періодичної дії, тому тривалість обробки підбирають дослідним шляхом з таким розрахунком, щоб перлову крупу отримати на трьох шліфувальних і трьох полірувальних системах. Продукти останньої системи полірування сортують на наборі сит для поділу перлової крупи за номерами. Крупу кожного номера зважують, масу виражають у відсотках і записують в таблицю балансу.

У крупі № 1 і 2 визначають недодир за формулою (51), роблять висновок про якість крупи, але перед цим знайомляться з показниками якості перлової крупи відповідно до стандарту. Може статися так, що при сортування крупи за номерами буде отримана певна кількість крупи сходом сит з отворами  $\emptyset$  3,5 мм. Тоді його треба віднести до крупи № 1. Лузгу і мучель після оббивальних машин об'єднують і контролюють на ситі № 506.

## Приклад оформлення балансу переробки ячменю в перлову крупу

| Назва        | Навантаження на систему, % | Лущення |      |      | Шліфування |      |      | Полірування |      |      | Контроль |       | Крупа |    |    |    |    | Лузга | Мучель |      |
|--------------|----------------------------|---------|------|------|------------|------|------|-------------|------|------|----------|-------|-------|----|----|----|----|-------|--------|------|
|              |                            | 2-ге    | 3-є  | 4-ге | 1-е        | 2-ге | 3-є  | 1-е         | 2-ге | 3-є  | круп-па  | лузга | №1    | №2 | №3 | №4 | №5 |       |        |      |
| Лущення:     |                            |         |      |      |            |      |      |             |      |      |          |       |       |    |    |    |    |       |        |      |
| перше        | 100                        | 94,5    |      |      |            |      |      |             |      |      |          | 5,5   |       |    |    |    |    |       |        |      |
| друге        | 94,5                       |         | 90,5 |      |            |      |      |             |      |      |          | 4,0   |       |    |    |    |    |       |        |      |
| третє        | 90,5                       |         |      | 87,5 |            |      |      |             |      |      |          | 3,0   |       |    |    |    |    |       |        |      |
| четверте     | 87,5                       |         |      |      | 85,5       |      |      |             |      |      |          | 2,0   |       |    |    |    |    |       |        |      |
| Шліфування:  |                            |         |      |      |            |      |      |             |      |      |          |       |       |    |    |    |    |       |        |      |
| перше        | 85,5                       |         |      |      |            | 79,5 |      |             |      |      |          |       |       |    |    |    |    |       | 6,0    |      |
| друге        | 79,5                       |         |      |      |            |      | 74,5 |             |      |      |          |       |       |    |    |    |    |       | 5,0    |      |
| третє        | 74,5                       |         |      |      |            |      |      | 70,5        |      |      |          |       |       |    |    |    |    |       | 4,0    |      |
| Полірування: |                            |         |      |      |            |      |      |             |      |      |          |       |       |    |    |    |    |       |        |      |
| перша        | 70,5                       |         |      |      |            |      |      |             | 66,5 |      |          |       |       |    |    |    |    |       | 4,0    |      |
| друга        | 66,5                       |         |      |      |            |      |      |             |      | 62,5 |          |       |       |    |    |    |    |       | 4,0    |      |
| третья       | 62,5                       |         |      |      |            |      |      |             |      |      | 59,0     |       |       |    |    |    |    |       | 3,5    |      |
| Контроль:    |                            |         |      |      |            |      |      |             |      |      |          |       |       |    |    |    |    |       |        |      |
| круп-па      | 59,0                       |         |      |      |            |      |      |             |      |      |          |       |       | 20 | 10 | 12 | 8  | 7     | 2,0    |      |
| лузги        | 14,5                       |         |      |      |            |      |      |             |      |      |          |       |       |    |    |    |    | 10    | 4,5    |      |
| Всього       |                            |         |      |      |            |      |      |             |      |      |          |       |       | 20 | 10 | 12 | 8  | 7     | 10     | 33,0 |

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 25

### ТЕМА: ВІВЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ВІВСЯНИХ ПЛАСТІВЦІВ

**Мета роботи.** Ознайомлення з технологією виробництва пластівців з невареної крупи, методикою складання технологічного балансу, характеристикою пластівців.

**Попередні зауваження.** Вівсяні пластівці «Геркулес» отримують з вівсяного ядра вищого сорту. Процес виробництва слід вести без зайвих переміщень пластівців, так як це може привести до їх дроблення.

Лабораторна схема виробництва пластівців (рис. 15) включає трієр або розсів-аналізатор для відбору кормової дробленки. Для шліфування ядра застосовують шліфувальний постав чи установку ТМ-05. Крупу контролюють в розсві-аналізаторі і аспіраторі та до плющення обробляють в пропарювачі. Для рівномірного розподілу вологи по всьому її об'єму крупу поміщають в посудину на 25...30 хв. Вологість крупи, що спрямовується на плющення, не має перевищувати 13...14%. Плющити крупу найкраще в плющильному верстаті. Однак можна використовувати також вальцьові верстати. Зазор між вальцями необхідно встановлювати 0,30...0,45 мм, окружна швидкість вальців 2,5...3 м/с. Вологість пластівців після сушіння й охолодження не повинна перевищувати 12%.

**Порядок виконання роботи.** Викреслюють лабораторну схему процесу виробництва вівсяних пластівців Геркулес і таблицю 27 технологічного балансу. Відповідно до методики виробництва вівсяної неподрібненої крупи слід отримати цілу не дроблену вівсяну крупу. Можна також використовувати крупу, отриману для інших цілей.

Зразок крупи масою 150 г пропускають крізь трієр і розсів-аналізатор або тільки через одну з цих машин для відбору кормової дробленки і кормових відходів. Шліфування проводять до повного

видалення алейронового шару. Продукти шліфування розсортовують в розсві-аналізаторі й аспіраторі для виділення мучелі і дробленки, що утворилися в шліфувальному деку.

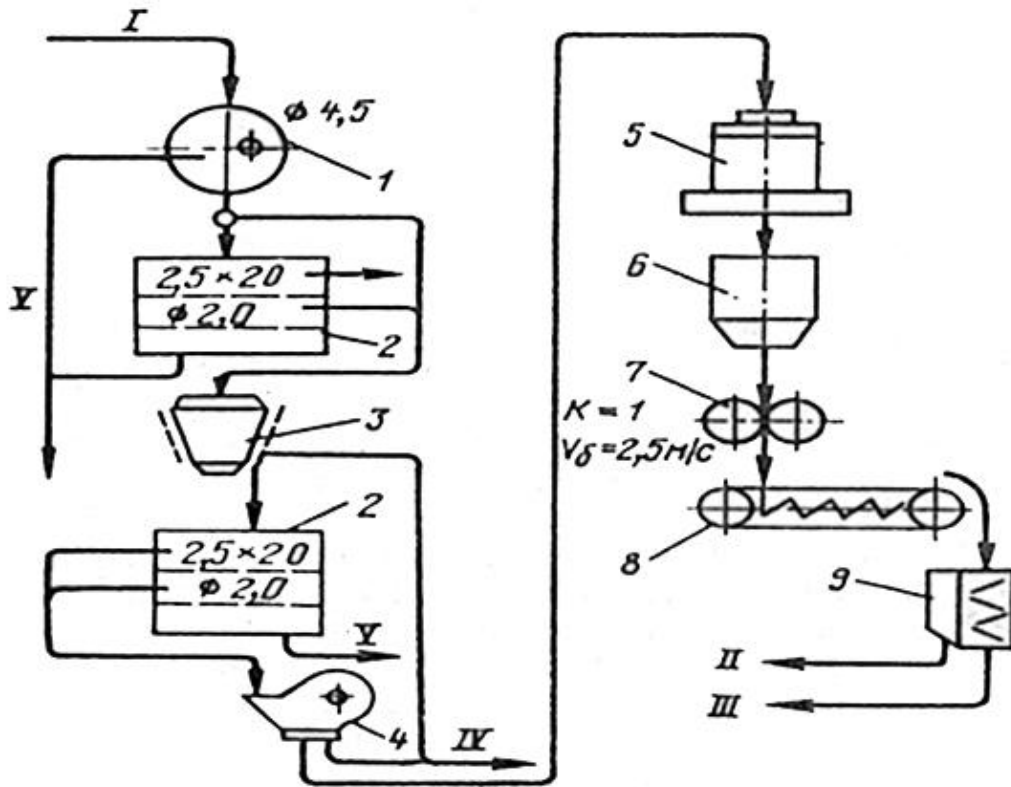


Рис. 15 Лабораторна схема виробництва пластівців Геркулес (1 – трієр; 2 – розсві; 3 – шліфувальна машина; 4 – аспіратор; 5 – пропарювач; 6 – бункер; 7 – плющильний верстат; 8 – сушарка; 9 – аспіраційна колонка; I – вівсяна крупа; II – кормові відходи; III – пластівці; IV – мучель; V – кормова дробленка)

Підготовлену крупу пропарюють за тиску пари 0,05 МПа протягом 2...3 хв і поміщають в посудину на 25...30 хв. Після закінчення цього часу крупу направляють на плющення. Отримані вологі й теплі пластівці підсушують і охолоджують. Всі продукти зважують, їх кількість виражають у відсотках до вихідної наважки, результати записують в таблицю балансу.

## Приклад оформлення балансу виробництва вівсяних пластівців «Геркулес»

| Назва               | Навантаження на систму, % | Розсів № 1 | Шліфування | Розсів № 2 | Аспіратор | Пропарювання | Плющення | Сушка | Контроль пластівців | Продукти  |        |                   |                 |
|---------------------|---------------------------|------------|------------|------------|-----------|--------------|----------|-------|---------------------|-----------|--------|-------------------|-----------------|
|                     |                           |            |            |            |           |              |          |       |                     | пластівці | мучель | дробленка кормова | кормові відходи |
| Трієр               | 100                       | 98,5       |            |            |           |              |          |       |                     |           |        | 1,5               |                 |
| Розсів № 1          | 98,5                      |            | 98,1       |            |           |              |          |       |                     |           |        | 0,35              | 0,05            |
| Шліфування          | 98,1                      |            |            | 96,8       |           |              |          |       |                     |           | 1,3    |                   |                 |
| Розсів №2           | 96,8                      |            |            |            | 96,2      |              |          |       |                     |           |        | 0,6               |                 |
| Аспіратор           | 96,2                      |            |            |            |           | 96,0         |          |       |                     |           | 0,2    |                   |                 |
| Пропарювання        | 96,0                      |            |            |            |           |              | 96,0     |       |                     |           |        |                   |                 |
| Плющення            | 96,0                      |            |            |            |           |              |          | 96,0  |                     |           |        |                   |                 |
| Сушка               | 96,0                      |            |            |            |           |              |          | 0,4   | 95,6                |           |        |                   |                 |
| Контроль пластівців | 95,6                      |            |            |            |           |              |          |       |                     | 95,5      |        |                   | 0,1             |
| Всього              |                           |            |            |            |           |              |          | 0,4   | 95,5                |           | 1,5    | 2,45              | 0,15            |



## МОДУЛЬ III. ВИРОБНИЦТВО КОМБІКОРМІВ

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 26

#### ТЕМА: ВИВЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЛУЩЕННЯ ПЛІВЧАСТИХ КУЛЬТУР

**Мета роботи.** Ознайомлення з різними схемами отримання лущеного вівса або ячменю, порівняння кількості та якості готового продукту, отриманого за різними схемами.

**Попередні зауваження.** У комбікорми для деяких видів тварин вводять овес або ячмінь без оболонки, тому комбікормові заводи мають лінії по відділенню оболонки від вівса й ячменя, які повинні бути універсальними і простими в експлуатації.

Оболонки видаляють двома способами: подрібнюють ячмінь і овес з подальшим відсіюванням оболонки; лущать овес і ячмінь в спеціальних машинах з наступним відділенням оболонки та подрібненням ядра.

За першим способом попередньо очищений від домішок ячмінь овес чи подрібнюють одноразовим пропуском крізь молоткові дробарки з лускатими ситами з отворами розміром  $2 \times 14$  мм, діаметром 3-4 мм або дворазовим пропуском через вальцовий верстат (4...6 рифлів на 1 см, нахил – 4...5 % та відношення швидкостей – 2,5).

Після подрібнення зерна продукти просіюють в розсіві чи в іншій машині на ситах з отворами 1,4-1,5 мм або дротяній сітці з отворами 1,0...1,1 мм. Проходова фракція являє собою готовий продукт, зісходової фракції відсіюють оболонки, а решту крупки направляють на повторне подрібнення.

За другим способом оболонки відокремлюють у спеціальних лущильних машинах. У їх якості найчастіше застосовують оббивні машини, які найбільш прості та універсальні. Ефективність процесу оцінюють виходом готового продукту, який для ячменю має бути не менше 80%, а для вівса – 55%. У лущеному вівсі та ячмені обмежу-

ють вміст клітковини, кількість якої має бути у вівсі не більше 5,3% , а в ячмені – 3,5%.

**Методичні вказівки.** У лабораторних умовах зерно ячменю можна подрібнювати в дробарці чи на млиновій установці Нагема. При дробленні на установці Нагема щоб уникнути попадання оболончастого продукту в розсіві слід зняти рукав, що з'єднує розсів, підставити під вихідний отвір верстата деко, в яке будуть збиратися продукти подрібнення. Просіювання здійснюють в розсіві-аналізаторі (рис. 16, а, б).

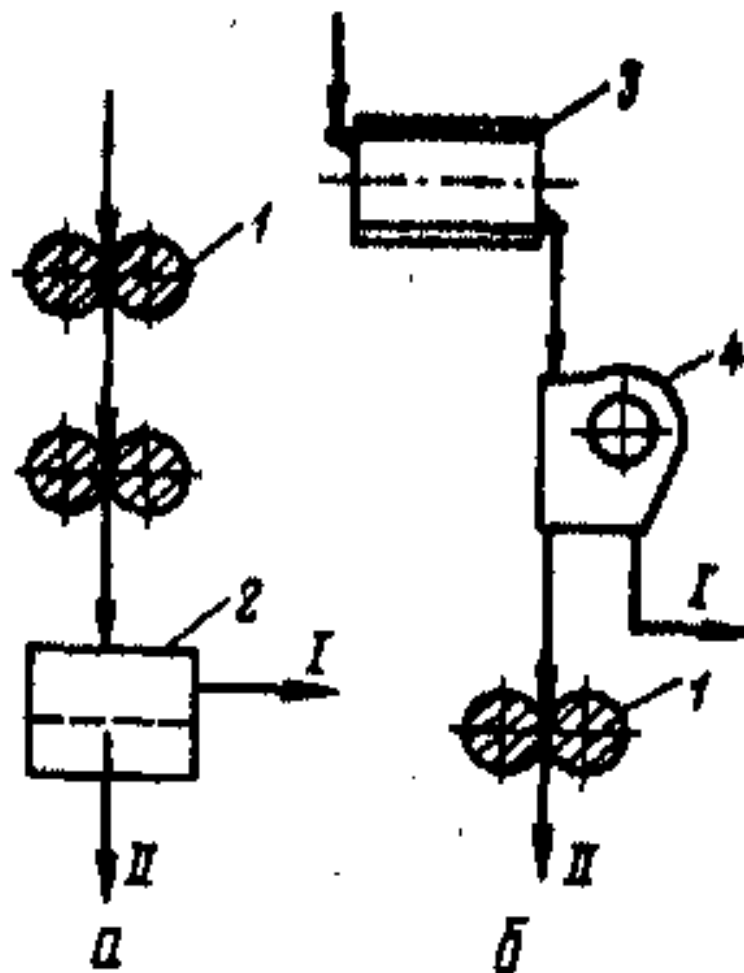


Рис. 16 Лабораторна схема відділення оболонок від вівса та ячменю (1 – вальцовий верстат; 2 – просіювальна машина; 3 – оббивна машина; 4 – аспіратор; I – оболонки; II – ядро)

Луцять зерно в оббійній машині. Якщо ефективність невисока, то можна збільшити число пропусків до трьох або чотирьох. Вміст клітковини можна визначити будь-яким методом – стандартним чи прискореним методом ОТПП і т. д.

**Порядок виконання роботи.** Готують два зразки ячменю по 200...300 г, в розсіві-аналізаторі на ситі з отворами розміром 2,2×20 мм відсіюють дрібне зерно.

Перший зразок два рази розмелюють в установці Нагемачи дробарці. Продукти розмелу просіюють в розсіві-аналізаторі на ситах з отворами діаметром 1,5 мм протягом 3...5 хв. Визначають вихід основного продукту (%) і відбирають наважку для визначення клітковини.

Зерно другого зразка луцять в оббивній машині, оболонки відсіюють в лабораторному аспіраторі, отримане ядро розмелюють у лабораторному млині чи дробарці. Визначають вихід ядра, відбирають наважку для аналізу на вміст клітковини.

Порівнюють вихід ядра, отриманий при різних методах, а також вміст клітковини. Роблять висновок про переваги і недоліки двох зазначених методів. Крім порівняння двох методів відділення оболонок можна визначити оптимальні варіанти для першого методу, тобто вплив ступеня розмелу та розмірів отворів сита на вихід і якість основного продукту.

Порядок роботи такий: виділяють три зразки ячменю по 0,5 кг. Зерно кожного зразка подрібнюють у вальцьовому верстаті при різних режимах: перший – при зазорі 0,6 мм, другий – 0,5 мм, третій – 0,4 мм.

Подрібнений продукт кожного зразка розділяють на дві частини, одну з яких просіюють на ситі з отворами 2,5 мм, а другу – на ситі з отворами 1,5 мм. Визначають вихід подрібненого продукту і вміст у ньому клітковини. Результати записують у таблицю 28.

По закінченню роблять висновок про ефективність різних варіантів.

Оформлення результатів впливу ступеня розмелу  
та розмірів отворів сита на вихід та якість продукту

| Зразок | Розмір зазору,<br>мм | Розмір отво-<br>рів сита, мм | Вихід<br>основного<br>продукту, % | Вміст<br>клітковини, % |
|--------|----------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| 1      | 0,6                  | 2,5                          |                                   |                        |
| 2      | 0,6                  | 1,5                          |                                   |                        |
| 3      | 0,5                  | 2,5                          |                                   |                        |
| 4      | 0,5                  | 1,5                          |                                   |                        |
| 5      | 0,4                  | 2,5                          |                                   |                        |
| 6      | 0,4                  | 1,5                          |                                   |                        |

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 27

### ТЕМА: ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ДОЗУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ КОМБІКОРМІВ

**Мета роботи.** Вивчення похибки дозування компонентів в об'ємних дозаторах, впливу фізичних властивостей продуктів на дозування.

**Попередні зауваження.** Об'ємні дозатори мають ряд переваг, таких, як компактність, можливість дозування в широкому діапазоні, робота в батареї дозаторів і т.д. У той же час похибка їх дозування досить висока та залежить значною мірою від фізичних властивостей дозованих продуктів. При зміні вологості сировини, крупності помелу продукту та інших показників за тих же параметрах дозаторів може істотно змінитися кількість продукту, що подається в одиницю часу.

Похибка дозування для об'ємних дозаторів встановлена таким чином:

- якщо кількість компонента в комбікормі перевищує 10 %, то його множать на коефіцієнт 0,1;
- при дозуванні компонентів, що входять в комбікорм, від 3 до 10 % – на коефіцієнт 0,2;
- менше 3 % – на 0,3.

Похибку дозування перевіряють періодичним відбором продукту в тару протягом певного часу і зважуванням відібраного продукту. У даній роботі пропонується визначити, як може впливати на точність дозування зміна показників якості продукту, зокрема вологості чи крупності помелу.

Для виконання роботи в лабораторних умовах найбільш зручні тарілчасті дозатори, зокрема дозатори для мікродобавок (малі тарілчасті).

**Порядок виконання роботи.** Досліджують вплив зміни параметрів дозатора і фізичних властивостей продукту на похибку його дозування. Для проведення роботи використовують будь-який компонент,

наприклад дрібно помелену сіль чи крейду, порівняно тонко помелене зерно і т. д. Кілька зразків одного і того ж компонента повинні мати різну вологість чи різну крупність.

У першій частині роботи визначають вплив параметрів дозатора на його продуктивність. Основний регульований параметр дозатора – відстань між тарілкою, що обертається, і патрубком, з якого на тарілку подається продукт. На початку роботи тарують регулюючий пристрій, записуючи його початкове положення і відстань між тарілкою і патрубком.

Потім, встановивши мінімальну відстань між тарілкою і патрубком, починають дозувати компонент. Залежно від кількості продукт, що подається, протягом 15...30 с відбирають в підготовлену тару, повторюючи цю операцію кілька разів. Розраховують продуктивність дозатора (кг/год):

$$Q = 3600 q / T, \quad (52)$$

де  $q$  – кількість відібраного продукту, кг;  
 $T$  – час, протягом якого відбирали продукт, с.

Середні результати записують в таблицю 29.

Таблиця 29

Оформлення результатів впливу параметрів дозатора на кількість дозованого продукту

| Дослід  | Назва компоненти | Відстань між патрубком і тарілкою, мм | Час відбору продукту, с | Маса відібраного продукту, кг | Продуктивність дозатора, кг/год |
|---------|------------------|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 1       |                  |                                       |                         |                               |                                 |
| 2       |                  |                                       |                         |                               |                                 |
| і т. д. |                  |                                       |                         |                               |                                 |

Будують графік залежності продуктивності дозатора від відстані між патрубком і тарілкою.

У другій частині роботи визначають вплив фізичних властивостей продукту на похибку дозування. При якомусь постійному зазорі між патрубком і тарілкою дозують перший зразок, визначають продуктивність дозатора, відбираючи продукт кілька разів протягом 15...30 с. Потім визначають середнє значення продуктивності дозатора.

Не змінюючи параметрів дозатора, починають дозувати другим зразком того ж компонента з більшою вологістю чи іншою крупністю. Кілька разів відбирають проби протягом певного часу (15...30 с). Визначають продуктивність дозатора по кожному циклу, а також її середнє значення. Всі результати записують в таблицю 30.

Таблиця 30

Оформлення результатів впливу зміни вологості продукту  
на точність дозування

| Дослід | Назва компонента, номер зразка | Вологість компонента, % | Модуль розмелу, мм | Час відбору продукту, с | Маса відібраного продукту, кг | Продуктивність, кг/год |
|--------|--------------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------|
|--------|--------------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------|

Після заповнення таблиці 30 роблять висновок про вплив фізичних характеристик (вологості, крупності або іншого показника) на продуктивність дозатора. Якщо умовно прийняти, що даний компонент входить до складу комбікорму в певній кількості, наприклад 15 %, то точність його дозування має складати  $0,1 \times 15 = 1,5$  %, або  $\pm 10$  % маси дозованого компонента.

Припустимо, що продуктивність дозатора при дозуванні першого зразка склала 30 кг/год, тоді задовільна точність дозування буде  $30 \pm 3$  кг. Якщо при дозуванні другого зразка продуктивність дозатора буде менш 27 кг/год або більше 33 кг/год, то слід вважати, що зміна вологості, крупності чи іншої характеристики призводить до зниження точності дозування.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 28

### ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ РІВНОМІРНОСТІ ЗМІШУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ КОМБІКОРМІВ

**Мета роботи.** Ознайомлення з методами визначення однорідності комбікорму.

**Попередні зауваження.** Для досягнення однорідності комбікорму використовують змішувачі безперервної та періодичної дії. Перші змішувачі зазвичай застосовують після дозаторів безперервної дії, а змішувачі періодичної дії, відповідно, після дозаторів періодичної дії.

Ефективність змішування залежить як від фізичних властивостей компонентів (гранулометричний склад, форма і характер поверхні частинок, вологість, щільність), так і від параметрів змішувача (тривалість змішування, швидкість робочих органів змішувача, ступінь заповнення та інших показників).

Неможливо визначити, наскільки рівномірно розподілені всі компоненти в суміші. Простежити ж за рівномірністю розподілу 1...2 компонентів можна. Експериментально встановлено, що якщо якийсь компонент розподілений в комбікормі рівномірно, то й інші так само розподілені рівномірно.

Проте визначити рівномірність розподілу цих компонентів можна лише в тих випадках, коли методи їх кількісного визначення порівняно прості і наявність інших компонентів не заважає аналізу. Такими компонентами можуть бути кухонна сіль чи крейда, названі ключовими компонентами.

Ефективність змішування, яке розглядають як стохастичний (випадковий) процес, визначають на основі статистичних характеристик суміші. Такою характеристикою зазвичай служить коефіцієнт варіації розподілу ключового компонента в суміші.

Коефіцієнт варіації визначають за формулою:



$$V = \frac{100}{X} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{n-1}} \quad (53)$$

де  $X$  – середній вміст ключового компонента в суміші, %;  
 $X_i$  – вміст ключового компонента в кожній з проб, %;  
 $n$  – число проаналізованих проб.

Чим нижче значення коефіцієнта варіації, тим рівномірніше розподілений компонент в суміші. При ідеальному розподілі компонентів в суміші коефіцієнт варіації прагне до нуля. Встановлені показники коефіцієнта варіації для комбікорму в стандарті не передбачені, тому будемо вважати якість суміші задовільним, якщо коефіцієнт варіації менше 15 %, і незадовільним, якщо більше 15 %.

Визначення однорідності суміші зводиться до наступного. З якоїсь кількості комбікорму (наприклад, з порції, отриманої після змішувача) відбирають декілька наважок, в кожній з яких встановлюють кількість ключового компонента, що визначається. Чим більше взято проб, тим точніше може бути визначена однорідність суміші. Число наважок залежить від багатьох факторів, врахувати які досить складно. Практично потрібно відібрати не менше 10...15 наважок. У нашій роботі для спрощення можна обмежитись 6...8.

Після визначення в кожній наважці місту ключового компонента розраховують коефіцієнт варіації розподілу цього компонента. Для визначення однорідності компонента необхідно встановити також масу наважки, відпрацювати методику визначення вмісту ключового компонента в комбікормі.

**Методичні вказівки.** Визначення маси наважки. Для проведення аналізу її можна обчислити за формулою:

$$g = 4 * 10^3 \frac{y d_{cp}}{c \delta_0^2}, \quad (54)$$

де  $y$  – щільність компонента, що визначається, г/см<sup>3</sup>;

$d_{cp}$  – середній розмір часток компонента, мм;

$c$  – концентрація компонента, що визначається, в суміші, %  
(беруть за розрахунковим вмістом);

$\delta_0$  – допустима похибка аналізу, %

(для крейди або солі  $\pm 5$  %).

Для солі  $y_c = 2,16$  г/см<sup>3</sup>, крейди  $y_m = 1,4$  г/см<sup>3</sup>,  $d_{cp}$  визначають методом ситового аналізу або на приладі ПСХ-4. Він дозволяє визначити середній розмір часток (мкм) за величиною питомої поверхні, яка пов'язана із середнім розміром частинок співвідношенням

$$d = 60000 /fy, \quad (55)$$

де  $f$  – питома поверхня, см<sup>2</sup>/г.

Таким чином, чим менше середній розмір частинок, їх щільність, вище допустима похибка аналізу і концентрація компонента, тим менше маса наважки. Наприклад, при визначенні маси наважки для аналізу солі отримані наступні дані:

$$d_{cp} = 0,3 \text{ мм}; c = 1,0\%; \delta_0 = 5,0 \%; y_c = 2,16 \text{ г/см}^3.$$

Тоді

$$g = 4 \cdot 10^3 \frac{2,16 \cdot 0,3^3}{1 \cdot 5^2} = 9,3 \text{ г.}$$

Отже, мінімальний розмір наважки має бути 9,3 г. Надалі при труднощах у визначенні розміру можна буде відбирати наважки масою 20...25 г, а для аналізу брати по дві наважки по 5 г.

*Визначення крейди і солі в комбікормі.* Один з найбільш простих способів визначення вмісту крейди – комплексометричний, методика якого стосовно до комбікормів розроблена в МТШП. Для визна-

чення кількості крейди використовують реактиви: трилон Б, розчин аміаку і хлористого амонію, соляну кислоту, індикатор – хромоген темно-синій. Основні реактиви є в спеціальних наборах для визначення жорсткості води.

Готують 1/28 н. розчин трилону Б, який виходить при розчиненні 6,7 г трилону Б в 1 л дистильованої води. Аміачно-буферний розчин готують наступним чином: в літрову колбу наливають 10 мл 20 %-ого розчину аміаку і 10 мл 20 %-ого розчину хлористого амонію, потім доливають дистильованою водою до 1 л.

Наважку комбікорму масою 5 г поміщають в мірну (200 мл) колбу, доливають невелику кількість дистильованої води і ретельно перемішують. Потім додають 5 мл 10 %-ого розчину соляної кислоти і після ретельного перемішування доливають дистильованою водою до позначки. Потім вміст колби фільтрують.

З отриманого фільтрату беруть 10 мл розчину, поміщають в конічну колбу на 250 мл, додають 5 мл аміачно-буферного розчину, 100 мл дистильованої води і 7-8 крапель індикатора-хромогену темно-синього. Розчин набуває винно-червоного забарвлення, його титрують приготвленим розчином трилону Б до синьо-зеленого забарвлення. Визначивши кількість трилону, який пішов на титрування, розраховують вміст крейди  $X$  (%) за формулою:

$$X = 0,7 n, \quad (56)$$

де  $n$  – кількість розчину трилону, витраченого на титрування, мл.

Можна визначити ефективність змішування і по рівномірності розподілу солі. Існує кілька способів визначення вмісту кухонної солі, наприклад за допомогою азотнокислого срібла. Для цього необхідні два реактиви: 0,1 н. розчин азотнокислого срібла і розчин хромовокислого калію.

Наважку комбікорму масою 5 г поміщають у мірну колбу місткістю 200 мл, заливають водою на 3/4 об'єму. Вміст колби протягом пів-

години сильно збовтують. Після закінчення цього часу розчин в колбі доводять до мітки. Потім розчин фільтрують через складчастий фільтр. Перші порції фільтрату відкидають, а з наступних відбирають піпеткою 50 мл і титрують 0,1 н. розчином азотнокислого срібла з 2...3 краплями 10 %-ого розчину хромовокислого калію доки забарвлення осаду не буде незникаючим червонувато-бурим.

Вміст кухонної солі  $X$  (%) обчислюють за формулою:

$$X = \frac{0,005846 \cdot 100 \cdot VA}{bG}, \quad (57)$$

де  $A$  – кількість 0,1 н. розчину азотнокислого срібла, витраченого на титрування, мл;  
 $0,005846$  – кількість хлористого натрію, що відповідає 1 мл 0,1 н. розчину азотнокислого срібла, г;  
 $V$  – об'єм рідини в мірній колбі, мл;  
 $b$  – кількість фільтрата (мл), взятого для титрування;  
 $G$  – маса наважки комбікорму, г.

Після відпрацювання методики визначення солі чи крейди приступають до виконання роботи.

**Порядок виконання роботи.** Для вивчення рівномірності змішування готують два компоненти, одним з яких має бути або крейда, або сіль. Другим компонентом може бути будь-який: висівки, помелене зерно, мучка і т. д. Крейду та сіль тонко розмелюють. Загальна кількість суміші має бути близько 3 кг, кількість крейди в суміші – від 3 до 5 %, кількість солі – від 0,5 до 1,0 %.

Підготовлені компоненти кілька хвилин змішують в лабораторному змішувачі. Після закінчення процесу продукт розсипають рівним шаром на столі, з 6...8 місць відбирають зразки по 20...25 г, потім з кожного зразка виділяють по дві наважки масою 5 г.

У кожній наважці визначають кількість крейди чи солі як середнє з двох визначень. Результати записують у таблицю 31.

Оформлення результатів дослідів  
з визначення рівномірності змішування компонентів

| Дослід | Задана кількість<br>крейди, % | Номер наважки |   |   |   |   |   |
|--------|-------------------------------|---------------|---|---|---|---|---|
|        |                               | 1             | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|        |                               |               |   |   |   |   |   |

За середніми результатами шести чи восьми визначень розраховують коефіцієнт варіації. Роблять висновок про ефективність змішування. У зв'язку з тим що відпрацювання методик визначення солі чи крейди досить складне і вимагає багато часу, робота може бути спрощена в результаті моделювання процесу змішування простих компонентів.

Наприклад, в якості компонентів, що підлягають змішуванню, можуть бути взяті різні види зерна, тим більше що в комбікормовому виробництві такі компоненти дозують і змішують на операції попереднього дозування і змішування. Можна скласти суміш з ячменю і пшениці, проса та ячменю і т. д. Найзручніше використовувати суміш ячменю і проса, так як зерно цих культур має різні розміри, їх легко розділити на ситах при визначенні їх вмісту в наважці.

Для проведення роботи слід приготувати зразки проса і ячменю. Просо попередньо просіюють на ситах з розміром отворів  $2,0 \times 20$  і  $1,4 \times 20$ . Схід сита  $2,0 \times 20$  і прохід сита  $1,4 \times 20$  відкидають, для роботи беруть схід сита з отворами розміром  $1,4 \times 20$ .

Ячмінь попередньо просіюють на ситі з розміром отворів  $2,2 \times 20$  мм, для дослідів беруть схід цього сита. Залежно від місткості змішувача в нього засипають необхідну кількість зерна за умови 5 % проса і 95 % ячменю.

Порядок подальшої роботи аналогічний описаному вище. Відбираються наважки масою 20...25 г аналізують на вміст в них проса. Для цього їх вручну просіюють на ситі з отворами розміром  $2,2 \times 20$  мм, майже все просо отримують проходом, визначають його кількість (%) і записують результати.

У зв'язку з тим що точність аналізу в цьому випадку велика і може контролюватися візуально, немає необхідності в паралельних визначеннях. Усі наступні роботи з вивчення процесу змішування зручніше виконувати з подібними сумішами. Крім того, можна готувати суміші з розмелених продуктів і цілого зерна і т. д. Для того, щоб без хімічних аналізів визначати вміст окремих компонентів.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 29

### ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ТРИВАЛОСТІ ЗМІШУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ НА ОДНОРІДНІСТЬ КОМБІКОРМІВ

**Мета роботи.** Встановлення впливу тривалості змішування компонентів на однорідність комбікорму.

**Попередні зауваження.** Ефективність змішування в змішувачах періодичної дії залежить в основному від тривалості процесу. Однорідність суміші швидко зростає в перші хвилини процесу, але після закінчення певного часу практично не змінюється. Тому важливо встановити оптимальний час для досягнення достатньої однорідності комбікорму. Це дозволить, по-перше, забезпечити високу однорідність комбікорму і, по-друге, витратити на процес стільки часу, скільки необхідно для того, щоб не витратити зайву електроенергію і не знижувати продуктивність змішувача.

**Методичні вказівки.** Для виконання роботи готують суміш, що складається з 90 % ячменю (пшениці чи іншої культури з великим зерном) і 10 % проса, яке розглядаємо як ключовий компонент.

**Порядок виконання роботи.** До 90 % ячменю додають 10 % проса і, не змішуючи, засипають у змішувач. Після закінчення 1 хв змішувач зупиняють, всю суміш висипають з нього на деко, розсипають шаром завтовшки 2...3 см. З 6...9 місць відбирають наважку масою по 25...30 г. Загальна кількість зерна у відібраних наважках не повинна перевищувати 10 % маси зерна в змішувачі.

Суміш, що залишилась, знову засипають у змішувач, і після закінчення ще 1 хв здійснюють ту ж процедуру, що і в першому випадку. Подібну операцію повторюють ще 2...3 рази. Після завершення процесу змішування аналізують наважки на утримання проса. Визначають вміст проса в кожній наважці та коефіцієнт варіації його розподілу в кожен момент часу змішування.

Дані записують за формою:

| Тривалість змішування, хв | Коефіцієнт варіації, % |
|---------------------------|------------------------|
| 1                         |                        |
| 2                         |                        |
| 3                         |                        |
| і т. д.                   |                        |

Потім будують графік залежності коефіцієнта варіації від тривалості змішування і знаходять її оптимальне значення для даного змішувача та суміші. У випадку, якщо вже після перших 1...2 хв коефіцієнт варіації матиме мале значення, можна скоротити інтервал відбору наважки до 30 с.

Варіантом роботи, якщо досить добре відпрацьовані методики швидкого визначення вмісту солі або крейди, може стати визначення однорідності комбікорму по вмісту цих компонентів. У цьому випадку дрібнопомелену сіль або крейду змішують з якимись іншими продуктами, наприклад з висівками, розмеленим зерном і т.д. Сіль додають у кількості 2...3 %, крейду – 3...5 %. Весь порядок роботи беруть таким же, як і при визначенні кінетики змішування зерна.



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 30

### ТЕМА: РОЗРАХУНОК ПОЖИВНОСТІ КОМБІКОРМІВ

**Мета роботи.** Розрахувати поживність комбікормів для різних видів тварин, користуючись довідковими даними.

**Методичні вказівки.** Для виробництва комбікормів використовують різні види сировини. У більшій кількості до складу комбікорму входять компоненти, що містять основний запас поживних речовин (білків, вуглеводів та ін.), в меншій – ті компоненти, які багаті деякими окремими поживними речовинами, наприклад, білком. Їх додавання підвищує загальний вміст цих поживних речовин в готовому комбікормі.

Основу всякого комбікорму складають зерно і насіння різних культур. Насамперед, це зерно кукурудзи, ячменю, вівса, пшениці, проса, сорго, насіння зернобобових та висівки пшеничні. До зазначених компонентів в різні рецепти додають макухи, шроти, корми тваринного походження (борошно кісткове, кров'яне, м'ясне, рибне та ін.), кормові дріжджі, мінеральні корми (крейда, черепашка) і т. д. Обов'язкова умова виробництва комбікормів – використання тільки доброякісної сировини, що відповідає вимогам стандартів або технічних умов.

За візуальними показниками сировина має бути свіжою, що в значній мірі вказує на відсутність в ній токсинів. Проте наявність мікотоксинів перевіряють лабораторними методами.

Всі комбікорми виробляють на заводах за затвердженими рецептами з урахуванням виду, віку, призначення тварини, дотримання норм введення компонентів, передбачених рецептами, і повного дотримання обмежень введення в комбікорм компонентів, що містять отруйні речовини, а також речовин, що викликають подразнення травних органів тварин.

Поживну цінність комбікормів виражають у кормових одиницях, вміст сирого протеїну, сирого клітковини та сирого жиру – у відсотках.

У ряді випадків враховують вміст таких амінокислот, як лізин, метіонін, триптофан і цистин, а також вітамінів (насамперед вітаміну А і каротину). Цінність кормів за мінеральним складом характеризують за наявністю кальцію і фосфору.

Для птахів поживну цінність кормів оцінюють величиною обмінної енергії, тобто засвоєнням калорій, отриманих організмом птахів, зі 100 г комбікорму.

Розрахунок поживності комбікормів ведеться за допомогою даних таблиці 32.

Таблиця 32

Приклад розрахунку поживності повнораціонного комбікорму для м'ясної відгодівлі свиней

| Компонент              | Вміст, % | Поживна речовина        | Вміст в 1 кг комбікорму, г |
|------------------------|----------|-------------------------|----------------------------|
| Кукурудза              | 74,5     | Кормові одиниці         | 1,13                       |
| Висівки пшеничні       | 14,0     | Сирий протеїн           | 13,5                       |
| Горох                  | 2,5      | Перетравлюваний протеїн | 10,5                       |
| Дріжджі кормові        | 2,5      | Клітковина, %           | 4,4                        |
| Шрот соняшниковий      | 3,0      | Кальцій, %              | 7,2                        |
| М'ясо-кісткове борошно | 2,0      | Фосфор, %               | 5,6                        |
| Крейда                 | 1,0      | Лізин, г                | 6,36                       |
| Кухонна сіль           | 0,5      | Метіонін + цистин, г    | 3,96                       |
| Всього                 | 100,0    | Триптофан, г            | 1,48                       |

### *1. Розрахунок кормових одиниць (розрахунок проводиться на 100 кг комбікорму)*

Кукурудза – 74,5 %. Згідно таблиці 34 (далі – таблиці) в 100 кг кукурудзи міститься 132 к. од. Складаємо пропорцію:  $X = 132 \times 74,5 / 100 = 98,3$  к. од.

Пшеничні висівки – 14,0 %. Згідно таблиці в 100 кг висівок 72 к. од. Складаємо пропорцію:  $X = 72 \times 14,0 / 100 = 10,08$  к. од.

Горох – 2,5 %. Згідно таблиці в 100 кг гороху 115 к. од. Складаємо пропорцію:  $X = 115 \times 2,5 / 100 = 2,88$  к. од.

Дріжджі кормові – 2,5 %. Згідно таблиці в 100 кг дріжджів 107 к.од. Складаємо пропорцію:  $X = 107 \times 2,5 / 100 = 2,68$  к. од.

Шрот соняшниковий – 3,0 %. Згідно таблиці в 100 кг шроту 104 к. од. Складаємо пропорцію:  $X = 104 \times 3,0 / 100 = 3,12$  к. од.

М'ясо-кісткове борошно – 2,0 %. Згідно таблиці в 100 кг м'ясо-кісткового борошна 72 к. од. Складаємо пропорцію:  $X = 72 \times 2,0 / 100 = 1,44$  к. од.

У кухонній солі та крейді вміст кормових одиниць не визначається, так як вони не мають поживності.

Для комбікорму за рецептом № ПК-55-1 поживність являє собою суму кормових одиниць, обчислених для кожного виду сировини:

$$X = 98,3 + 10,08 + 2,88 + 2,68 + 3,12 + 1,44 = 118,5 \text{ к.од.}$$

### *2. Розрахунок вмісту сирого протеїну*

Кукурудза – 74,5 %. Згідно таблиці в 100 кг кукурудзи міститься 9,3 % сирого протеїну. Складаємо пропорцію:  $X = 9,3 \times 74,5 / 100 = 6,93$  %.

Пшеничні висівки – 14,0 %. Згідно таблиці в 100 кг висівок 15,5 %. Складаємо пропорцію:  $X = 15,5 \times 14,0 / 100 = 2,17$  %.

Горох – 2,5 %. Згідно таблиці в 100 кг гороху 22,2 %. Складаємо пропорцію:  $X = 22,2 \times 2,5 / 100 = 0,56$  %.

Дріжджі кормові – 2,5 %. Згідно таблиці в 100 кг дріжджів 47,0 %. Складаємо пропорцію:  $X = 47,0 \times 2,5 / 100 = 1,18 \%$ .

Шрот соняшниковий – 3,0%. Згідно таблиці в 100 кг шроту 42,0 %. Складаємо пропорцію:  $X = 42,0 \times 3,0 / 100 = 1,26 \%$ .

М'ясо-кісткове борошно – 2,0 %. Згідно таблиці в 100 кг м'ясо-кістковому борошні 51,6 %. Складаємо пропорцію:  $X = 51,6 \times 2,0 / 100 = 1,03 \%$ .

Для комбікорму за рецептом № ПК-55-1 вміст сирого протеїну являє собою суму:

$$X = 6,93 + 2,17 + 0,56 + 1,18 + 1,26 + 1,03 = 13,13 \%$$

### *3. Розрахунок вмісту перетравлюваного протеїну*

Розрахунок вмісту перетравлюваного протеїну робиться аналогічно розрахунку сирого протеїну. Для комбікорму за рецептом № ПК-55-1 вміст перетравлюваного протеїну являє собою суму:

$$X = 5,81 + 1,58 + 0,49 + 1,00 + 1,13 + 0,60 = 10,61 \%$$

Визначаємо зміст перетравлюваного протеїну в одній кормовій одиниці комбікорму:  $10,61 / 118,50 = 0,089$  кг, або 89 г.

### *4. Розрахунок вмісту клітковини*

Аналогічно попереднім розрахунками проводимо розрахунок вмісту клітковини в комбікормі:

$$X = 1,64 + 1,27 + 0,14 + 0,22 + 0,42 = 3,69 \%$$

### *5. Розрахунок вмісту мінеральних речовин у комбікормі*

У кукурудзі згідно таблиці в 1 кг комбікорму міститься фосфору 3,1 г, кальцію – 0,41 г. Складаємо пропорції:

$$X_P = 3,1 \times 0,745 / 1 = 2,31 \text{ г};$$

$$X_{Ca} = 0,41 \times 0,745 / 1 = 0,31 \text{ г}.$$

У пшеничних висівках згідно таблиці в 1 кг комбікормі міститься фосфору 11,1 г, кальцію – 1,30 г. Складаємо пропорції:

$$X_P = 11,1 \times 0,14 / 1 = 1,55 \text{ г};$$

$$X_{Ca} = 1,3 \times 0,14 / 1 = 0,18 \text{ г}.$$

У горосі згідно таблиці в 1 кг комбікорму міститься фосфору 3,7 г, кальцію – 1,7 г. Складаємо пропорції:

$$X_P = 3,7 \times 0,025 / 1 = 0,093 \text{ г};$$

$$X_{Ca} = 1,7 \times 0,025 / 1 = 0,043 \text{ г}.$$

У кормових дріжджах згідно таблиці в 1 кг комбікорму міститься фосфору 12,6 г, кальцію – 20,3 г. Складаємо пропорції:

$$X_P = 12,6 \times 0,025 / 1 = 0,31 \text{ г};$$

$$X_{Ca} = 20,3 \times 0,025 / 1 = 0,51 \text{ г}.$$

У шроті соняшниковому згідно таблиці в 1 кг комбікорму міститься фосфору 8,6 г, кальцію – 3,35 г. Складаємо пропорції:

$$X_P = 8,6 \times 0,03 / 1 = 0,26 \text{ г};$$

$$X_{Ca} = 3,35 \times 0,03 / 1 = 0,10 \text{ г}.$$

У м'ясо-кістковому борошні згідно таблиці в 1 кг комбікорму міститься фосфору 43,0 г, кальцію – 71,0 г. Складаємо пропорції:

$$X_P = 43,0 \times 0,02 / 1 = 0,86 \text{ г};$$

$$X_{Ca} = 71,0 \times 0,02 / 1 = 1,42 \text{ г}.$$

Згідно таблиці в 1 кг крейди міститься 330 г кальцію.

Сумарний вміст фосфору в 1 кг комбікорму:

$$X = 2,31 + 1,55 + 0,093 + 0,31 + 0,26 + 0,86 = 5,38 \text{ г}.$$

Сумарний вміст кальцію в 1 кг комбікорму:

$$X = 0,31 + 0,18 + 0,043 + 0,51 + 0,10 + 1,42 + 3,30 = 5,86 \text{ г}.$$

У 1 кг кухонної солі міститься 400 г натрію.

#### *6. Аналогічно проводиться розрахунок вмісту амінокислот*

Отримані дані вносяться в таблицю 33 та роблять висновки. Так, у 1 к. од. перетравлюваного протеїну міститься 89 г. Запропонований рецепт за кормовими одиницями та вмістом перетравлюваного протеїну відповідає заданим умовам. Запропонований рецепт за вмі-

том сирого протеїну, сирій клітковини, фосфору і кальцію не відповідає заданим умовам. У даному рецепті необхідно провести заміну деяких видів сировини (наприклад, кукурудзу замінити пшеницею та ін.) для доведення змісту сирого протеїну, сирій клітковини, фосфору і кальцію заданим умовам.

Таблиця 33

Розрахунок поживності та мінерального балансу повнораціонного комбікорму для свиней за рецептом № ПК-55-1

| Компонент              | Вміст,<br>% | Поживність, % в 100 кг |               |                         |                 | Мінеральний склад, г в 1 кг |         |
|------------------------|-------------|------------------------|---------------|-------------------------|-----------------|-----------------------------|---------|
|                        |             | к. од.                 | сирій протеїн | перетравлюваний протеїн | сира клітковина | фосфор                      | кальцій |
| Кукурудза              | 74,5        | 98,3                   | 6,93          | 5,81                    | 1,64            | 2,31                        | 0,31    |
| Висівки пшеничні       | 14,0        | 10,08                  | 2,17          | 1,58                    | 1,27            | 1,55                        | 1,42    |
| Горох                  | 2,5         | 2,88                   | 0,56          | 0,49                    | 0,14            | 0,09                        | 0,04    |
| Дріжджі кормові        | 2,5         | 2,68                   | 1,18          | 1,00                    | 0,22            | 0,31                        | 0,51    |
| Шрот соняшниковий      | 3,0         | 3,12                   | 1,26          | 1,13                    | 0,42            | 0,26                        | 0,10    |
| М'ясо-кісткове борошно | 2,0         | 1,44                   | 1,03          | 0,60                    | –               | 0,86                        | 1,42    |
| Крейда                 | 1,0         | –                      | –             | –                       | –               | –                           | 3,30    |
| Кухонна сіль           | 0,5         | –                      | –             | –                       | –               | –                           | –       |
| Всього                 | 100,0       | 118,5                  | 13,13         | 10,61                   | 3,69            | 5,38                        | 5,86    |

Таблиця 34

Поживність кормів для розрахунку рецептів для годівлі сільськогосподарських тварин та птиці

| Назва             | К. од. в 1 корму | Обмінна енергія в 100 г корму, ккал | Сирий протеїн, % | Перетравлюваний протеїн, % | Сирий жир, % | Сира клітковина, % | Вміст в 1 кг корму, г |          |        |           |         |        |
|-------------------|------------------|-------------------------------------|------------------|----------------------------|--------------|--------------------|-----------------------|----------|--------|-----------|---------|--------|
|                   |                  |                                     |                  |                            |              |                    | лізин                 | метіонін | цистин | триптофан | кальцій | фосфор |
| 1                 | 2                | 3                                   | 4                | 5                          | 6            | 7                  | 8                     | 9        | 10     | 11        | 12      | 13     |
| Кукурудза – зерно | 1,32             | 340                                 | 9,3              | 7,8                        | 4,7          | 2,2                | 2,9                   | 1,9      | 1,0    | 0,8       | 0,41    | 3,1    |
| Ячмінь            | 1,13             | 267                                 | 11,6             | 7,9                        | 2,3          | 5,5                | 4,4                   | 1,8      | 1,8    | 1,6       | 0,6     | 3,29   |
| Овес              | 0,98             | 257                                 | 10,7             | 8,2                        | 5,2          | 12,6               | 3,6                   | 1,6      | 1,6    | 1,4       | 1,43    | 3,3    |
| Овес без плівок   | 1,09             | 295                                 | 12,8             | 10,2                       | 5,1          | 5,3                | –                     | –        | –      | –         | 0,26    | 1,45   |
| Просо             | 0,95             | 280                                 | 11,2             | 7,9                        | 4,3          | 9,7                | 2,4                   | 2,6      | –      | 1,5       | 0,1     | 3,13   |
| Пшениця           | 1,19             | 291                                 | 13,7             | 12,0                       | 1,1          | 2,6                | 3,9                   | 2,1      | 2,0    | 1,8       | 0,59    | 4,7    |
| Жито              | 1,11             | 270                                 | 12,7             | 10,6                       | 1,9          | 2,2                | 4,4                   | 1,7      | 1,8    | 1,1       | 0,84    | 3,42   |
| Горох             | 1,15             | 228                                 | 22,2             | 19,5                       | 1,9          | 5,4                | 14,8                  | 3,2      | 2,5    | 1,8       | 1,7     | 3,7    |
| Соя               | 1,31             | 299                                 | 33,2             | 29,2                       | 16,9         | 7,3                | 21,9                  | 4,6      | 5,3    | 4,3       | 2,1     | 5,9    |
| Вика              | 1,17             | –                                   | 25,1             | 21,8                       | 1,5          | 5,5                | 14,8                  | 6,8      | 2,9    | 2,1       | 1,4     | 4,1    |

|                                  |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Мучка пшенична                   | 0,99 | 287 | 14,5 | 12,5 | 3,5  | 4,0  | –    | –    | –    | –    | 0,9  | 0,6  |
| Мучка ячмінна                    | 1,17 | 245 | 15,5 | 8,8  | 2,8  | 5,6  | –    | –    | –    | –    | –    | –    |
| Мучка вівсяна                    | 1,04 | 295 | 12,6 | 9,4  | 6,6  | 7,5  | 4,15 | 1,9  | 1,9  | 1,6  | 1,1  | 4,3  |
| Мучка просяна                    | 1,0  | –   | 14,2 | 10,6 | 9,2  | 12,7 | –    | –    | –    | –    | 0,6  | 3,0  |
| Мучкажитня                       | 0,67 | –   | 19,3 | 16,0 | 6,1  | 12,0 | –    | –    | –    | –    | 0,6  | 4,4  |
| Мучка гречана                    | 0,97 | –   | 9,6  | 6,7  | 1,8  | 7,7  | 8,3  | 1,5  | 1,8  | 0,7  | 1,0  | 1,9  |
| Мучка горохова                   | 1,1  | –   | 23,6 | 20,2 | 3,1  | 7,5  | –    | –    | –    | –    | 0,9  | 4,2  |
| Висівки пшеничні                 | 0,72 | 182 | 15,5 | 11,3 | 4,2  | 9,1  | 5,7  | 1,9  | 2,2  | 1,9  | 1,3  | 11,1 |
| Висівки житні                    | 0,77 | –   | 15,5 | 11,3 | 3,4  | 8,1  | 7,8  | 2,6  | 3,3  | 0,6  | 1,0  | 9,5  |
| Жмих соняшниковий                | 1,09 | 288 | 39,6 | 37,2 | 7,5  | 12,7 | 13,1 | 9,5  | 5,9  | 5,5  | 3,3  | 8,2  |
| Жмих льняний                     | 1,13 | 287 | 33,1 | 28,5 | 9,9  | 9,3  | 11,1 | 4,3  | 4,6  | 4,4  | 3,1  | 7,1  |
| Жмих рапсовий                    | 1,1  | –   | 33,0 | 27,7 | 9,0  | 13,2 | –    | –    | –    | –    | 2,6  | 5,8  |
| Шрот соняшниковий                | 1,04 | 267 | 42,0 | 37,8 | 3,6  | 14,1 | 13,8 | 10,0 | 6,3  | 5,8  | 3,35 | 8,6  |
| Шрот соєвий                      | 1,19 | 297 | 43,0 | 36,0 | 1,0  | 6,6  | 27,8 | 5,7  | 6,2  | 6,2  | 5,5  | 7,0  |
| Рибне борошнообезж.              | 0,82 | 279 | 61,5 | 53,3 | 2,2  | –    | 54,7 | 17,8 | 11,7 | 6,2  | 80,0 | 64,0 |
| М'ясо-кісткове борошно, 1-й сорт | 0,72 | 287 | 51,6 | 29,9 | 12,8 | –    | 27,8 | 7,7  | 3,6  | 4,1  | 71,0 | 43,0 |
| М'ясне борошно                   | 1,27 | 240 | 28,9 | 28,3 | 25,1 | –    | 38,0 | 8,0  | 4,1  | 6,1  | 35,7 | 19,2 |
| Кров'янеборошно                  | 0,88 | 328 | 82,0 | 60,0 | 2,5  | –    | 67,2 | 9,8  | 15,6 | 11,5 | 0,21 | 1,82 |
| Сухий обрат                      | 1,24 | 307 | 34,0 | 26,4 | 1,0  | –    | 28,0 | 8,0  | 3,0  | 4,0  | 12,9 | 9,8  |
| Жом буряковий                    | 0,84 | –   | 7,7  | 3,8  | 0,5  | 14,6 | 6,1  | 0,1  | –    | 0,8  | 6,51 | 2,67 |



|                     |      |     |      |      |      |      |      |     |     |     |       |        |
|---------------------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-------|--------|
| Суша барда          | 0,86 | –   | 16,6 | 10,6 | 4,7  | 18,6 | 8,7  | 4,6 | –   | 2,3 | 1,13  | 0,5    |
| Дробина пивна свіжа | -    | -   | -    | -    | -    | -    | 10,5 | 6,3 | –   | 1,5 | –     | –      |
| Трав'янеборошно     | 0,75 | 167 | 16,0 | 14,2 | 2,7  | 24,7 | 8,9  | 1,4 | –   | 2,9 | 9,3   | 1,9    |
| Меласа              | –    | –   | –    | –    | –    | –    | 0,4  | 0,3 | 0,3 | –   | 0,7   | 0,3    |
| Молоко сухе         | 2,62 | –   | 25,4 | 22,6 | 24,7 | –    | –    | –   | –   | –   | 12,4  | 9,6    |
| Дріжджі гідролізні  | 1,07 | 282 | 47,0 | 40,1 | 1,3  | 8,73 | 35,3 | 9,4 | 6,6 | 2,8 | 20,3  | 12,6   |
| Дріжджі свіжі       | –    | –   | –    | –    | –    | –    | 33,6 | 7,8 | 5,8 | 5,3 | 2,6   | 17,0   |
| Дріжджі сухі        | –    | –   | –    | –    | –    | –    | 33,3 | 7,7 | 5,7 | 5,2 | 2,5   | 15,4   |
| Жир кормовий        | –    | 871 | –    | –    | –    | –    | –    | –   | –   | –   | –     | –      |
| Дикальційфосфат     | –    | –   | –    | –    | –    | –    | –    | –   | –   | –   | 240   | 185    |
| Трикальційфосфат    | –    | –   | –    | –    | –    | –    | –    | –   | –   | –   | 321,0 | 144,0  |
| Кісткове борошно    | –    | –   | –    | –    | –    | –    | –    | –   | –   | –   | 326,0 | 152,0  |
| Обезфторений фосфат | –    | –   | –    | –    | –    | –    | –    | –   | –   | –   | 330,0 | 140,0  |
| Кальція карбонат    | –    | –   | –    | –    | –    | –    | –    | –   | –   | –   | 380   | –      |
| Кормовий преципітат | –    | –   | –    | –    | –    | –    | –    | –   | –   | –   | 260,0 | 170,0  |
| Крейда              | –    | –   | –    | –    | –    | –    | –    | –   | –   | –   | 330,0 | –      |
| Вапно               | –    | –   | –    | –    | –    | –    | –    | –   | –   | –   | 330,0 | –      |
| Сіль                | –    | –   | –    | –    | –    | –    | –    | –   | –   | –   | –     | Na 400 |

*Примітка. Обмінна енергія вказана для птиці.*

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бутковский В. А. Технологии зерноперерабатывающих производств / В. А. Бутковский, А. И. Мерко, Е. М. Мельников. – М. : Интеграф сервис, 1999. – 472 с.
2. Кулак В. Г. Технология производства муки / В. Г. Кулак, Б. М. Максимчук. – М. : ВО Агропромиздат, 1991. – 147 с.
3. Мельников Е. М. Технология крупяного производства / Е. М. Мельников. – М. : ВО Агропромиздат, 1991. – 190 с.
4. Мерко І. Т. Наукові основи і технологія переробки зерна / І. Т. Мерко, В. О. Моргун. – Одеса : Друк, 2001. – 348 с.
5. Миончинский П. Н. Производство комбикормов / П. Н. Миончинский, Л. С. Кожарова. – М. : ВО Агропромиздат, 1991. – 200 с.
6. Правила организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах – в 2-х ч. – Ч. 1. – М. : ВНПО Зернопродукт, 1991. – 147 с.
7. Правила организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах – в 2-х ч. – Ч. 2. – М. : ВНПО Зернопродукт, 1991. – 147 с.
8. Правила организации и ведения технологического процесса производства продукции комбикормовой промышленности. – Воронеж : ВНПО Комбикорм, 1997. – 122 с.
9. Практикум по технологии муки, крупы и комбикормов : учебник / Г. А. Егоров, В. Т. Линниченко, Е. М. Мельников, Т. П. Петренко. – М. : Агропромиздат, 1991. – 208 с.
10. Черняев Н. П. Технология комбикормового производства / Н. П. Черняев. – М. : Колос, 1992. – 258 с.

Навчальне видання

# **ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА БОРОШНА, КРУП ТА КОМБІКОРМІВ**

Методичні рекомендації

Укладачі: **Дудяк** Іван Дмитрович, **Туз** Максим Сергійович

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк.

Тираж \_\_\_ прим. Зам. № \_\_\_

Надруковано у видавничому відділі  
Миколаївського національного аграрного університету  
54020, м. Миколаїв, вул. Паризької Комуни, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.