

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Агротехнічний факультет  
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”  
Зав. кафедрою СГМ  
д.т.н., професор  
\_\_\_\_\_ Микола СВІРЕНЬ  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти  
на тему:

«Обґрунтування параметрів оббивальної машини з дослідженням  
системи знепилювання робочої зони»

Виконав здобувач вищої освіти \_\_П\_\_ курсу,  
групи ГМ(СМ)-20М(1,9)  
ОНП «Галузеве машинобудування»  
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»  
\_\_\_\_\_ Брайченко Андрій Олександрович  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

Керівник проекту  
доцент, канд. техн. наук  
\_\_\_\_\_ Дмитро ПЕТРЕНКО  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.  
Рецензент \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

| Формат    | Зона | Поз.           | Позначення   | Найменування                                            | Кіл.             | Примітки           |       |         |
|-----------|------|----------------|--------------|---------------------------------------------------------|------------------|--------------------|-------|---------|
|           |      |                |              |                                                         |                  |                    |       |         |
|           |      |                |              | <u>Загальна документація</u>                            |                  |                    |       |         |
|           |      |                |              | <u>Заново розроблена</u>                                |                  |                    |       |         |
|           |      |                |              |                                                         |                  |                    |       |         |
| A4        |      |                | ОМ 00.000 ПЗ | Пояснювальна записка                                    |                  |                    |       |         |
| A1        |      |                | ОМ 00.000 С1 | Схема оббивальної машини Р6-БГО-6М                      | 1                |                    |       |         |
|           |      |                |              |                                                         |                  |                    |       |         |
|           |      |                |              | <u>Документація з</u>                                   |                  |                    |       |         |
|           |      |                |              | <u>наукової частини</u>                                 |                  |                    |       |         |
|           |      |                |              |                                                         |                  |                    |       |         |
| A1        |      |                | ОМ 00.001 НЧ | Схема знепилювальної установки                          | 1                |                    |       |         |
|           |      |                |              |                                                         |                  |                    |       |         |
| A1        |      |                | ОМ 00.002 НЧ | Схема алгоритму розрахунку знепилювального устаткування | 1                |                    |       |         |
|           |      |                |              |                                                         |                  |                    |       |         |
|           |      |                |              |                                                         |                  |                    |       |         |
|           |      |                |              | <u>Документація</u>                                     |                  |                    |       |         |
|           |      |                |              | <u>по складальних одиницях</u>                          |                  |                    |       |         |
|           |      |                |              |                                                         |                  |                    |       |         |
| A1        |      |                | ОМ 00.012 СБ | Барабан оббивальний                                     | 1                |                    |       |         |
|           |      |                |              |                                                         |                  |                    |       |         |
|           |      |                |              | <u>Документація по деталях</u>                          |                  |                    |       |         |
|           |      |                |              |                                                         |                  |                    |       |         |
| A3        |      |                | ОМ 00.605    | Вал                                                     | 1                |                    |       |         |
| A3        |      |                | ОМ 00.527    | Бич                                                     | 1                |                    |       |         |
| A3        |      |                | ОМ 00.128    | Маточина                                                | 1                |                    |       |         |
| A3        |      |                | ОМ 00.104    | Шків                                                    | 1                |                    |       |         |
|           |      |                |              |                                                         |                  |                    |       |         |
|           |      |                |              |                                                         | ОМ 00.000 ВР     |                    |       |         |
|           |      |                |              |                                                         |                  |                    |       |         |
| Зм.       | Арк  | № докум.       | Підпис       | Дата                                                    |                  |                    |       |         |
| Розробив  |      | Брайченко      |              |                                                         | Відомість роботи | Літера             | Аркуш | Аркушів |
| Перевірив |      | Петренко       |              |                                                         |                  |                    |       |         |
|           |      |                |              |                                                         |                  |                    |       |         |
| Н. контр. |      | Васильковський |              |                                                         |                  | ЦНТУ               |       |         |
| Затвердив |      | Свірень        |              |                                                         |                  | гр. ГМ(СМ)-20М-1,9 |       |         |

## ЗМІСТ

| Номер розділу | Структурна одиниця і розділ    | Сторінка |
|---------------|--------------------------------|----------|
| 1             | ВСТУП                          |          |
| 2             | НАУКОВА ЧАСТИНА                |          |
| 3             | ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА              |          |
| 4             | ОХОРОНА ПРАЦІ                  |          |
| 5             | ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА             |          |
| 6             | ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ              |          |
| -             | СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ |          |
| -             | ДОДАТКИ                        |          |

## 1. ВСТУП

Продовольча безпека – є однією з пріоритетних задач будь-якої держави. Наша країна була, є і буде залишатися одним з найбільших потужних і стратегічних виробників сільськогосподарської продукції серед Європейських країн. При цьому необхідно звернути увагу на суттєву залежність від імпорту продуктів харчування, що пов'язано з недостатньо розвиненою переробною галуззю, що вимагає значних інвестицій, які будуть спрямовані на будівництво нових сучасних переробних підприємств або модернізацією існуючих.

Проведений аналіз [1, 2, 3] потужностей переробних підприємств вказує на наявні проблеми з їх оснащенням, а саме машини та обладнання не завжди відповідають сучасним технологічним вимогам щодо переробки сільськогосподарської продукції, і тому їх удосконалення є важливою науково-практичною задачею.

Метою даної роботи є підвищення ефективності виробництва борошна шляхом модернізації оббивальної машини з дослідженням системи знепилювання робочої зони.

Борошномельне виробництво характеризується тим, що переважна кількість технологічних процесів супроводжуються значним пиловиділенням, яке сприяє забрудненню навколишнього середовища, виявляє негативний вплив на здоров'я обслуговуючого персоналу, може викликати передчасне зношування деталей і вузлів технологічного устаткування, а також володіє високим ступенем вибухо- і пожежонебезпеки [9, 10].

Таким чином, обґрунтування ефективної системи очищення повітряного середовища робочої зони технологічного обладнання має як екологічне і санітарно-гігієнічне так і технологічне й істотне економічне значення.

|           |                |          |        |      |                      |      |       |         |
|-----------|----------------|----------|--------|------|----------------------|------|-------|---------|
|           |                |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ         |      |       |         |
| Зм.       | Арк.           | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |       |         |
| Розробив  | Брайченко      |          |        |      | Пояснювальна записка | Літ. | Аркуш | Аркушів |
| Перевірів | Петренко       |          |        |      |                      |      |       |         |
|           |                |          |        |      |                      |      |       |         |
| Н. контр. | Васильковський |          |        |      |                      |      |       |         |
| Затверд.  | Свірень        |          |        |      | ГМ(СМ)-20М(1,9)      |      |       |         |

## 2. НАУКОВА ЧАСТИНА

### 2.1. Аналіз пилоутворення технологічним обладнанням борошномельного підприємства

Емпіричні дані демонструють, що розподіл складових пилоутворення, такі як швидкість та напрям повітряних потоків, фракційний, хімічний та мікробіологічний склад пилу має пряму залежність від виду технологічного обладнання та його функціонального призначення [9-11].

На борошномельних підприємствах виділяють наступні найбільш характерні види устаткування і функціональні приміщення, де розташований відповідний вид технологічного обладнання, що має найбільше пилоутворення: відділення зерноочисних машин та обладнання, каменевідбірники, оббивальне відділення, відділення вальцових верстатів, розсівів, готової продукції (вибійних установок).

Як зазначено вище, функціонування технологічного обладнання супроводжується утворенням повітряних потоків його робочими органами. Практика експлуатації технологічного обладнання борошномельних підприємств [10] дозволяє зазначити, що великий найбільший вплив на напрям і швидкість переміщення домінуючих повітряних потоків чинять потоки від приводів, електродвигунів і рухомих частин (особливо обертального руху) технологічного обладнання.

Епюра швидкостей повітряного потоку, який створюється робочими органами зерноочисних машин як решітних, так і пневматичних в переважній більшості характеризується симетричністю й має напрям з боку, що протилежний приводу, а найбільше значення становить  $v = 0,5$  м/с [9-11].

Натомість закономірність розподілу повітряних потоків каменевідбірниками та оббивальними машинами характеризується параболічним характером зі сторони, протилежній приводу.

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

Діаграма розподілу епюри швидкостей повітряних потоків, які створюються робочими органами розсівів приймає вигляд паралелограма, що має округлені кути. При цьому велика діагональ даного паралелограма має зміщення стосовно поздовжньої осі обладнання в напрямку, протилежному обертанню на  $25...30^\circ$  [10].

При зміні напрямку обертання розсівів в протилежну сторону відбувається дзеркальна зміна виду діаграми швидкостей. Це можна пояснити тим, що привід розсіву, який розташовується на спеціальній підвісній до стелі рамі, додає до вертикальної складової повітряного потоку певну величину, яка не є визначальною.

Повітряні потоки, що створюються обладнанням відділу готової продукції внаслідок особливостей технологічних процесів, що реалізують пульсуючий режим руху продукту, характеризуються аналогічними параметрами епюри швидкостей повітря з рівнозначними значеннями стосовно всіх напрямів.

Сумісна робота значної кількості однотипних та різних видів обладнання в межах обмеженого простору виробничих приміщень призводить до суміщення повітряних полів, що ними створюються, внаслідок чого формуються аномальні зони, які характеризуються турбулентним характером руху повітряних потоків. Як приклад, традиційне рядове розташування вальцьових верстатів групами сприяє утворенню перекриття зон повітряних потоків, що призводить до локалізації пилу [9, 10].

Максимальну концентрацію пилу можна спостерігати на деякій відстані від технологічного обладнання. При цьому, напрямок, швидкість переміщення повітряних мас і характер розподілення осадової запиленості у виробничих приміщеннях борошномельного підприємства ідентичні, характеризуються індивідуальними параметрами для кожного з видів обладнання та залежать від характеристик повітряних потоків, що є характерними особливостями конструктивного виконання і особливостей роботи їх рухомими частинами [1, 9].

Результати емпіричного аналізу фракційного розподілу часток пилу відносно функціональних відділень борошномельних підприємств (табл. 2.1)

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

засвідчує, що для кожного функціонального приміщення пил характеризується переважанням тієї або іншої фракції [1, 9, 16].

Таблиця 2.1 – Розподілення фракцій пилу відповідно до функціонального відділення борошномельного підприємства [1, 9, 16]

| Місце розміщення<br>обладнання | Вміст пилу, %       |      |      |       |            |             | Модуль<br>пилу,<br>М <sub>n</sub> |
|--------------------------------|---------------------|------|------|-------|------------|-------------|-----------------------------------|
|                                | Розмір фракції, мкм |      |      |       |            |             |                                   |
|                                | До 1                | 1-5  | 5-10 | 10-50 | 50-<br>150 | 150-<br>250 |                                   |
| Підготовче відділення          |                     |      |      |       |            |             |                                   |
| Зерноочисні машини             | 7,2                 | 13,2 | 25,8 | 34,8  | 12,6       | 6,4         | 0,204                             |
| Каменевідбірники               | 19,2                | 25,6 | 33,2 | 12,4  | 5,6        | 3,8         | 0,333                             |
| Оббивальні машини              | 12,6                | 20,7 | 29,6 | 20,4  | 11,6       | 5,1         | 0,448                             |
| Розмельне відділення           |                     |      |      |       |            |             |                                   |
| Вальцові верстати              | 15,9                | 32,4 | 34,1 | 9,2   | 5,5        | 2,9         | 0,483                             |
| Розсів                         | 15,4                | 31,7 | 35,5 | 8,8   | 5,4        | 3,2         | 0,471                             |
| Відділення готової продукції   |                     |      |      |       |            |             |                                   |
| Ваговибойні<br>установки       | 16,1                | 33,0 | 33,8 | 9,1   | 5,6        | 2,4         | 0,481                             |

Проаналізувавши наведені дані можемо констатувати, що, наприклад, для підготовчого відділення найбільша концентрація дуже дрібно- (19,2%), дрібно- (25,6%) та середньодисперсної (33,2 %) фракцій пилу спостерігається при роботі каменевідбірних машин. Натомість для зерноочисних машин характерними є утворення фракцій переважно крупнодисперсного пилу (34,8%).

При цьому, пил, який продукується оббивальними машинами, значно менший (дрібно- (20,7%) і середньодисперсна (29,6 %) фракції) ніж той, що утворюється при зерноочищенні зернової суміші від домішок за рахунок інерційних сил в повітряно-решітних сепараторах. У відділенні каменевідбірних машин спостерігаємо концентрацію сумарного вмісту фракцій пилу до 10 мкм, яка становить більше 63%. Однак, враховуючи, що в її складі переважають мінеральні речовини, вона є несприятливою, насамперед з екологічної та фізіологічної точок зору.

|     |      |          |        |      |              |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|--|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |  |      |

Результати досліджень вказують на те, що фракції пилу не рівнозначні як стосовно пожежо- і вибухонебезпечності, а також антропогенного впливу на обслуговуючий персонал, так і щодо екологічної безпеки [8, 11]. Зважаючи на це, прийнято оцінювати розподіл пилу відносною величиною – модулем пилу  $M_n$ :

$$M_n = \frac{Ci}{\sum Ci} \quad (2.1)$$

де  $Ci$  – концентрація  $i$ -ої фракції пилу;

$\sum Ci$  – сумарна (загальна) концентрація пилу.

На борошномельних підприємствах найбільш небезпечною з точки зору вибухо-, пожежо-, екологічної безпеки та впливу на здоров'я працівників є фракції пилу, розмір частинок яких менше 5 мкм (характеризується невисокою щільністю, швидкістю витання, повільним осіданням, легким переходом у стан витання і перенесенням повітряними потоками).

Для підготовчого відділення найбільше значення модуля пилу ( $M_n = 0,448$ ) спостерігаємо для приміщень, де розміщуються оббивальні машини, що характеризує це відділення як найбільш пилонебезпечне.

Для функціональних приміщень розмельного відділення, а також готової продукції характерні досить близькі значення модуля пилу: для приміщень з вальцьовими верстатами  $M_n = 0,483$ , розсівами  $M_n = 0,471$ , ваговибійними установками  $M_n = 0,481$ , що, вочевидь, пов'язано з більшою однорідністю і наближенням властивостей борошняного пилу і готового борошна, на противагу анатомічним особливостям частин зерна та домішок.

Розподіл пилу всередині технологічних відділень при різних висотах розміщення характеризується нелінійним характером. Так встановлено, що максимальну концентрацію дрібнодисперсного (5-10 мкм) пилу можемо спостерігати на висоті близько 1,8 м, яка максимально наближена до середнього рівня людського зросту й утворює небезпеку його проникнення в органи дихання, що може призвести до виникнення професійних захворювань. Висока

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |              |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

концентрація пилових фракцій також простежується на висоті 0,1 м, що створює загрозу пожежо- і вибухонебезпечності [8, 9].

Згідно різних джерел вміст в пилові неорганічних речовин (вода і мінеральні компоненти) знаходиться в межах 23,5...47,9% (дані актуальні для відділень ваговибойних автоматів і оббивальних машин). На підготовчому етапі зерна до помелу простежується зростання, а вже при виробництві борошна навпаки зменшення цих груп речовин (32,5; 30,1; 27,5% відповідно для відділень вальцових верстатів, ситовіальних машин та розсівів) [8, 9].

Вміст органічних речовин у складі пилу (вуглеводів, білків, жирів) становить більше половини, а їх сумарний обсяг змінюється в межах 52,1...76,5% (для відділень оббивальних машин і ваговибойних автоматів).

Серед вуглеводів представлені клітковина, крохмаль і цукри. Клітковина є основним компонентом периферійних частин зерна, що відокремлюються на етапі сепарування, а також обробки поверхні в оббивальних машинах. Її вміст переважає в складі пилу при обробці зерна в цих технологічних відділеннях (27,9 і 29,1%). Під час помелу зерна клітковина відділяється у якості висівків, тому при обробці у розмельному відділенні її вміст у складі пилу значно менше, ніж при обробці у підготовчому, і простежується тенденція до зниження її вмісту (20,2; 19,6; 18,5%). Натомість прямо протилежно змінюється вміст крохмалю – в розмельному відділенні його вміст у складі пилу зростає із 33,8 до 40,7%. Вміст цукрів – не більше 2,8% обсягу пилу (у відділенні готової продукції), і вміст даного компоненту найменше коливається відповідно до технологічних процесів.

У підготовчому відділенні білок в найбільшій кількості (6,4%) представлений у вмісті пилу сепараторного обладнання та найменше – у вмісті пилу, що виникає у відділенні каменевідбірних машин, що також підтверджує зв'язок вмісту пилу з особливостями технологічних операцій. На етапі переробки зерна на борошно вміст білка змінюється від 8,8 до 10,1%.

Низька кількість жирів в складі пилу для різних технологічних відділень можна пояснити низьким його вмістом у вихідному матеріалі. Їх вміст

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |              |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

закономірно зростає внаслідок обробки, особливо на завершальних етапах технологічного процесу: від 1,2 до 1,9%.

За мікробіологічним складом вміст пилу, залежно від функціонального відділення борошномельного підприємства, здійснює істотний вплив на довкілля. За особливостями впливу на обслуговуючий персонал хімічного і мікробіологічного складу зернового пилу, що утворюється при його переробці, можна відзначити його вплив як алергологічний.

Результати досліджень засвідчують негативний вплив пилу при виробництві борошна як на обслуговуючий персонал, що полягає в зростанні схильності до професійних та хронічних захворювань, так і на довкілля, а також технологічне обладнання [8, 11, 12].

Серед профілактичних заходів, що можуть запобігти негативному впливу пилу можна виділити удосконалення технологій і технологічного обладнання, автоматизація виробничих процесів, забезпечення надійної роботи знепилювальних систем.

Рекомендовано проводити відповідні заходи для боротьби з запиленням на виробництві та з її шкідливим впливом на обслуговуючий персонал, довкілля і обладнання згідно наступних напрямків:

- 1) докорінна оптимізація технологічних процесів, що дозволить повністю усунути утворення пилу;
- 2) створення максимальної герметизації апаратури, устаткування, систем транспортування продукту тощо;
- 3) проведення комплексної механізації та автоматизації ручних процесів, зокрема дроблення, розмелювання, просіву, фасування, навантаження та ін;
- 4) технологічне удосконалення процесів, що полягає в застосуванні відповідних технологічних робіт із зволжених матеріалів замість сухих (наприклад мокре шліфування замість сухого);
- 5) обґрунтоване використання спеціальних пиловидаляючих вентиляційних систем, що забезпечать видалення пилу від місць його утворення;

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

6) ізоляція обладнання, що має значне пиловиділення від ділянок інших робіт;

7) систематичне прибирання приміщень вологим способом або із застосуванням пиლოსмоків;

8) забезпечення працівників відповідними засобами індивідуального захисту, зокрема і органів дихання та зору (респіраторами, шоломами і окулярами);

9) забезпечення функціонування на підприємствах відповідних приміщень для проведення заходів особистої гігієни (гардеробні, умивальники, душові, приміщення для знепилювання спецодягу, респіраторні, кімнати гігієни тощо).

Серед інноваційних методів боротьби з пиловим забрудненням можна виділити декілька методів вловлювання його частинок:

- Гравітаційне осадження;
- Центрифугування;
- Електростатичне осадження;
- Інерційний співудар;
- Пряме захоплення;
- Дифузія.

При всіх способах очищення повітря від пилу використовують спеціальні фільтри, ефективність застосування найпоширеніших з яких проаналізуємо далі.

Серед одних з найефективніших систем можна виділити скрубери – пристрої, що застосовуються для виділення з твердих або газоподібних середовищ домішок при різних хіміко-технологічних процесах.

Очищення газових середовищ від домішок з застосуванням скрубєрів відноситься до мокрих способів. Вказаний спосіб засновано на промиванні газу рідиною (зазвичай водою) з забезпеченням максимальної контактної поверхні рідини з аерозольними частками очищуваного середовища і при інтенсивному перемішуванні газу. Даним методом можливо ефективно видалити з газового середовища частки пилу, диму, туманів і аерозолів (небажаних або шкідливих) практично будь-яких фракцій.

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |              |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

Основним недоліком даного способу очистки газових середовищ є утворення значних обсягів шламу. Дія апаратів мокрого очищення газів базується на осіданні частинок пилу в рідині внаслідок електрофізичної взаємодії, при цьому частки осаджуються у вигляді шламу.

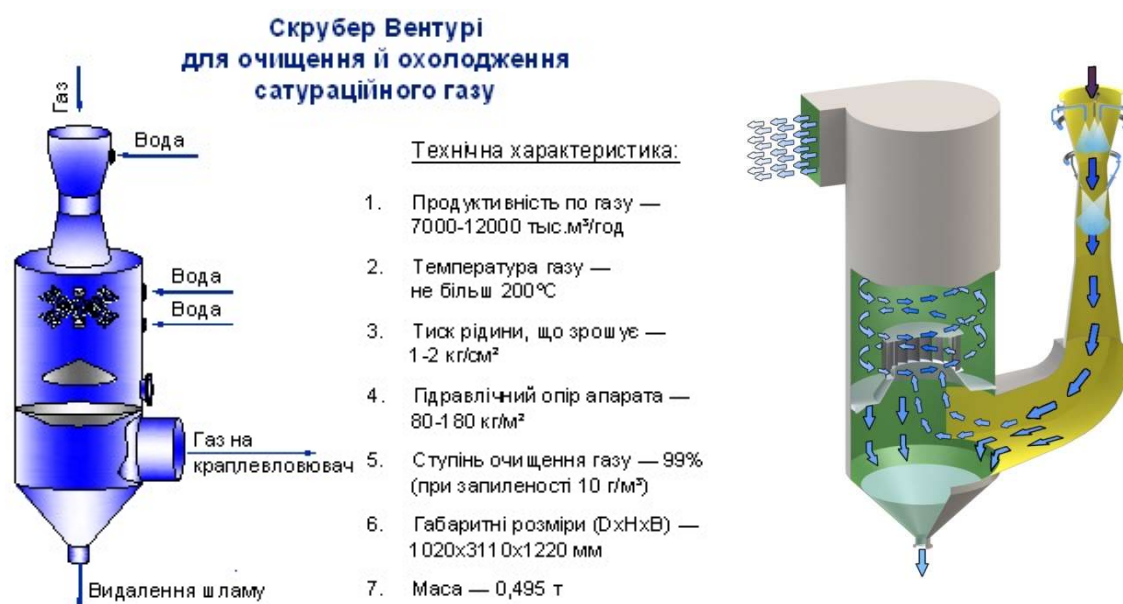


Рис. 2.1 – Функціональна схема та характеристики скрубєрів

Гравітаційного типу пиловловлювачі є одними з найпростіших і найпоширеніших пристроїв пиловловлення (рис. 2.2). Вони представляють собою пустотілі конструкції, що можуть мати горизонтальні полиці чи/та вертикальні перегородки. Серед найбільш ефективних виділяють гравітаційні пиловловлювачі з вертикальними перегородками (рис. 2.2, в, г). Процес роботи даних пиловловлювачів полягає в наступному (рис. 2.2, в). Запилене повітря І надходить до корпусу пиловловлювача 1 через вхідний патрубок та наштовхується на перегородки 4, що призводить до зниження швидкості. Частинки пилу внаслідок меншої інерційності під дією власної ваги осідають у бункерах 2, а очищене повітря, не встигнувши змінити напрямку руху, виходить через патрубок II в атмосферу.

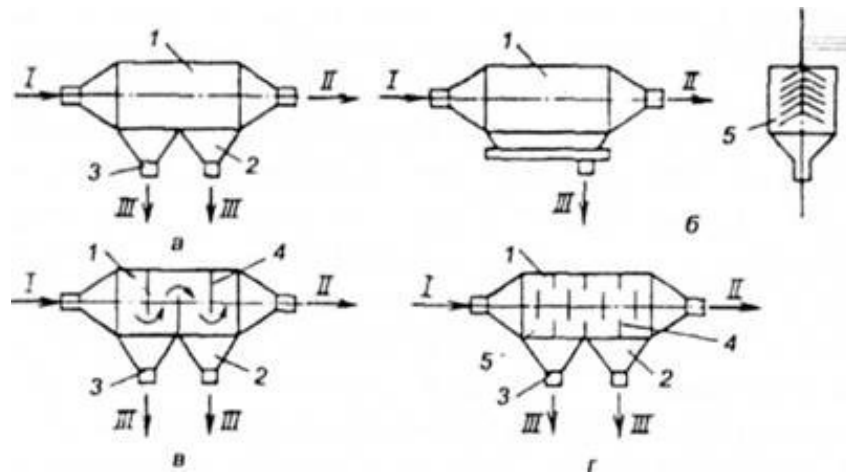


Рис. 2.2 – Схеми гравітаційних (осаджувальних) пиловловлювачів: а – пустотілі; б – з горизонтальними полками; в, г – з вертикальними перебірками; I – повітря з пилом; II – очищене повітря; III – пил; 1 – корпус; 2 – приймальник; 3 – шибер; 4 – перегородки; 5 – полиці

Гравітаційні пиловловлювачі ефективно працюють при очищенні лише від крупного пилу, оскільки фракції пилу менше 10 мкм не встигають осаджуватися у камерах пиловловлювача, а осадження фракцій в межах 10-100 мкм має низьку ефективність, не перевищуючи 40 %.

Натомість для очищення повітряного середовища від дуже дрібних фракцій пилу розміром 0,01 мкм і менше застосовують електричні пиловловлювачі. Розрізняють електропиловловлювачі одноступеневі та двоступеневі, які мають живлення від джерела постійного струму високої напруги – 60...100 кВ.

Основний принцип роботи даних пиловловлювачів є використання аеродинамічних сил, сил тяжіння та сил тиску електричного "вітру", що спричиняють переміщення частинок пилу до осаджувального електрода.

Отже (рис. 2.3), при подачі запиленого повітря через вхідний патрубок спостерігається явище заряджання пилових часток, що переміщуються до осаджувального електрода 1 під впливом сил аеродинаміки та електричного поля, при цьому позитивно заряджені частки пилу осаджуються на негативно зарядженому коронуючому електроді 2. Зважаючи на те, що зовнішня зона

коронного розряду набагато перевищує за об'ємом внутрішню зону, то переважній більшості часток пилу надається негативний заряд, завдяки чому відбувається осадження основної маси пилу на позитивному електроді, яким слугують стінки корпусу пиловловлювача, і лише відносно незначна частина осаджується на негативно зарядженому коронуючому електроді.

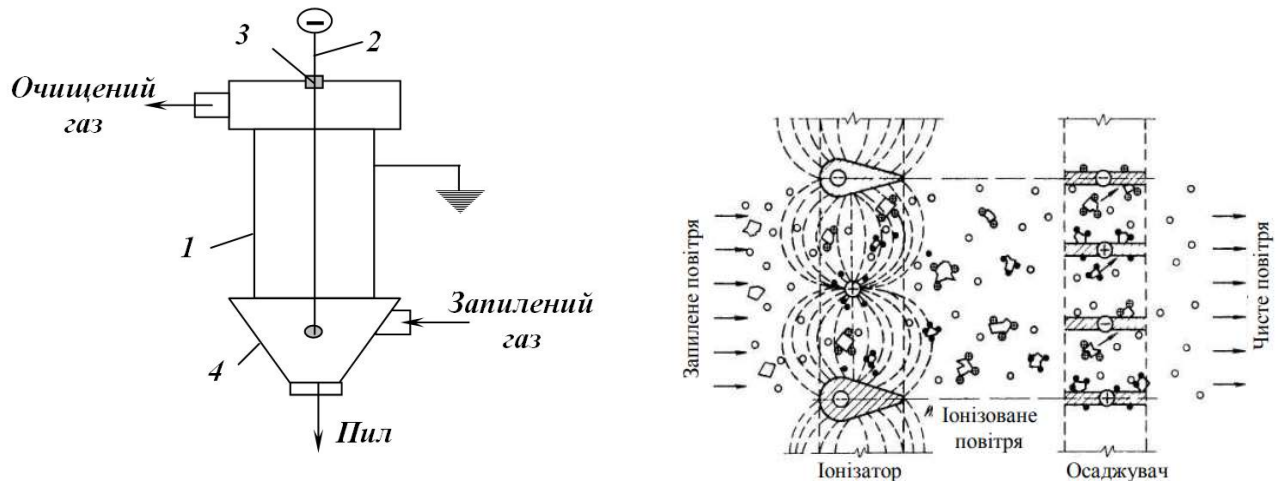


Рис. 2.3 – Принципова схема електричного пиловловлювача: 1 – осаджувальний електрод; 2 – коронуючий електрод; 3 – ізолятор; 4 – бункер-збирач

При цьому, визначальним під час цих електрофізичних процесів є електричний опір шарів пилу. Таким чином, пилова суміш, що має малий питомий об'ємний електричний опір ( $\rho < 10^4 \text{ Ом см}^3$ ) при контакті з електродом миттєво втрачає свій заряд і набуває заряду, що відповідає зарядженості електрода; після чого між електродом і пиловими частинами виникають сили електровідштовхування. Даним силам протидіє лише сила адгезії, але якщо її величина недостатня, то відбувається різке зменшення ефективності очищення. Маса пилу, що має значний електричний опір важче очищується пиловловлювачем, оскільки розрядження пилових частинок проходить повільно. Для покращення ефективності очищення повітря від такого пилу виконують зниження електричного опору частинок запиленого повітря перед подачею у фільтр шляхом зволоження. Таким чином, ефективне очищення від пилу потребує використання в борошномельній промисловості кількох типових

конструкцій з сухими і мокрими електричними пиловловлювачами. Очищення електродів сухих пиловловлювачів виконують періодично шляхом витрушування бильними механізмами, а мокрих за рахунок підігрівання водяною парою.

## 2.2. Запропонована система знепилювання виробничих приміщень

На основі проведеного аналізу було розроблено пристрій і спосіб знепилювання виробничих приміщень (рис. 2.4), який включає технологічне (функціональне) обладнання 1, його привод 2, пиłosосні насадки 3 для локалізації пиловидалення, повітрязабірники 4, магістральний повітропровід 5, пиловловлювач 6, вентилятор 7.

Запропонований спосіб знепилювання дозволяє реалізувати одночасний відбір пилу від обладнання і із зон її максимальної концентрації з поверхні підлоги, які залежать від виду технологічного обладнання та типу функціонального приміщення.

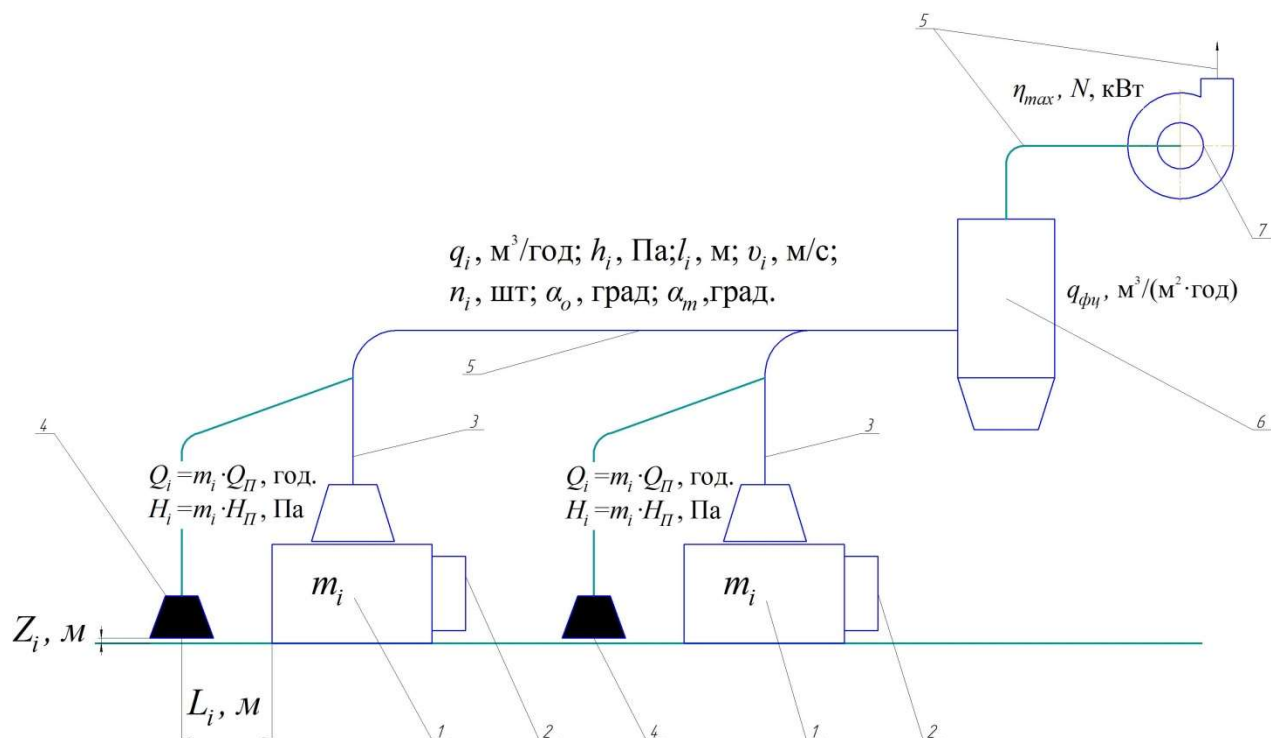


Рис. 2.4 – Запропонована схема знепилювання технологічного обладнання

|              |      |          |        |      |      |
|--------------|------|----------|--------|------|------|
| ОМ 00.000 ПЗ |      |          |        |      | Арк. |
| Зм.          | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |      |

### 2.3. Обґрунтування методичних основ до розрахунку технологічного обладнання для знепилювання виробничих приміщень

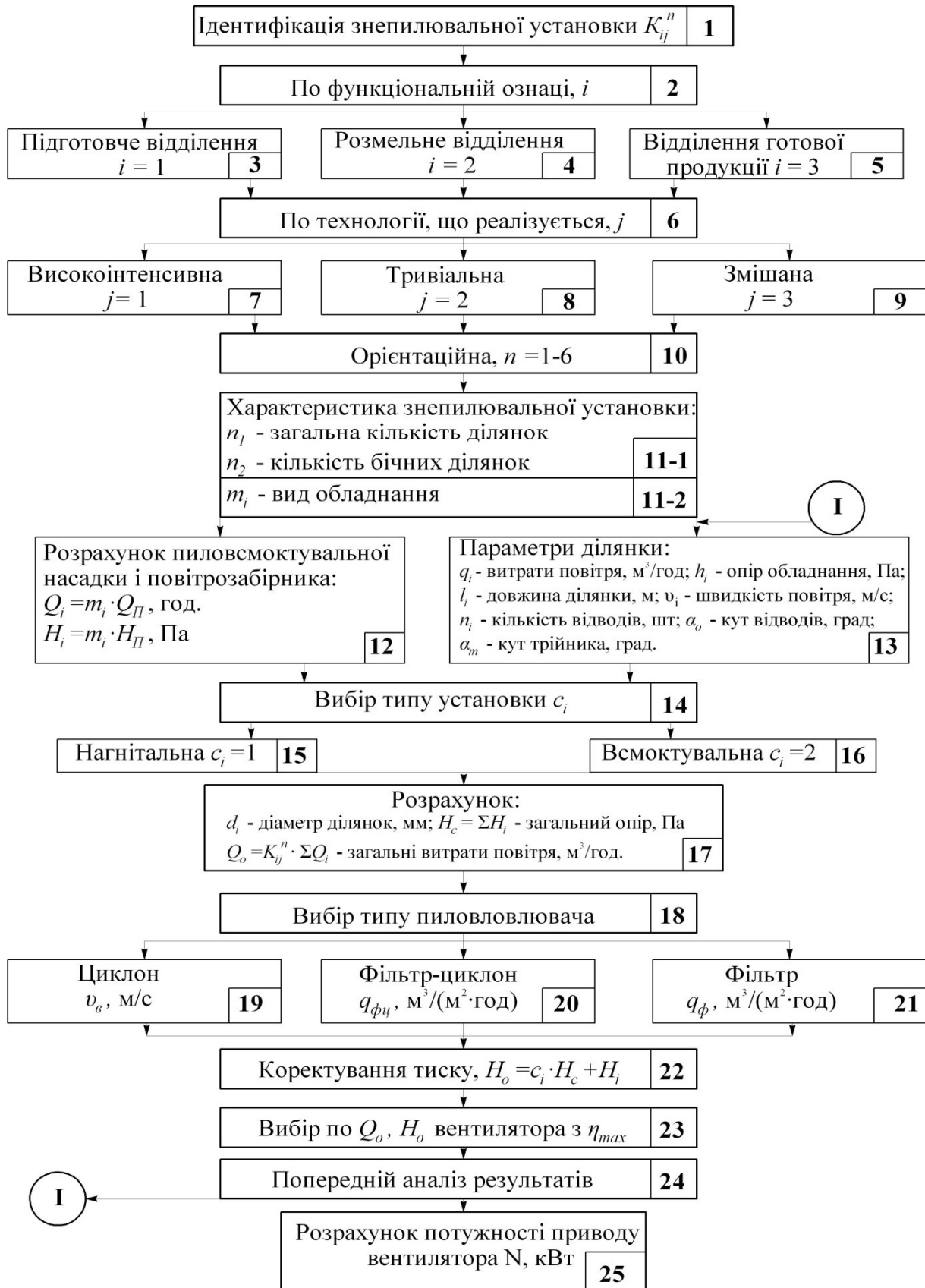


Рис. 2.5 –Алгоритм розрахунку знепилювальної установки

Першим етапом розрахунку передбачається виконання ідентифікації знепилювальної установки (блок 1) за функціональними ознаками (блок 2), що дозволяє врахувати характер та фракційні особливості пилу (дисперсність, хімічний, мікробіологічний склад, фізіологічна дія на обслуговуючий персонал тощо) залежно від місця розміщення обладнання: для підготовчого ( $i = 1$ , блок 3), розмельного ( $i = 2$ , блок 4) відділення або складу готової продукції ( $i = 3$ , блок 5).

Технологічні процеси борошномельного виробництва можливо віднести (блок 6) у відповідності до наступних груп: високоінтенсивні ( $j = 1$ , блок 7), стандартні (тривіальні  $j = 2$ , блок 8) та змішані ( $j = 3$ , блок 9). Технологічне обладнання  $i$ , відповідно, знепилюючі їх установки, що знаходяться на різних висотних рівнях ( $n$ , поверхах) виробничих будівель ( $n = 1-6$ , блок 10), з точки зору нерівномірності і кількості неврахованого повітря, що надходить разом з продуктом, істотно різняться – від мінімальних значень на верхніх рівнях ( $n = 5-6$ ) до максимальних на нижніх ( $n = 1-2$ ).

Враховуючи зазначені вище отримані дані було визначено коефіцієнти коригування ( $K_{ij}^n$ ) витрат повітря знепилювальною установкою (табл. 2.2, 2.3).

Табл. 2.2 – Значення коефіцієнтів коригування  $K_{ij}^n$  при розрахунку знепилювальної установки (механічне транспортування)

| Ознака                          | Просторова ознака<br>( $n$ , поверх) |      |      |      |      |      |
|---------------------------------|--------------------------------------|------|------|------|------|------|
|                                 | 1                                    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
| <b>Функціональна:</b>           |                                      |      |      |      |      |      |
| Підготовче відділення ( $i=1$ ) | 1,12                                 | 1,14 | 1,12 | 1,12 | 1,10 | 1,09 |
| Розмельне відділення ( $i=2$ )  | 1,08                                 | 1,09 | 1,06 | 1,07 | 1,08 | 1,05 |
| Готової продукції ( $i=3$ )     | 1,05                                 | 1,08 | 1,04 | 1,03 | 1,03 | 1,03 |
| <b>Технологічна:</b>            |                                      |      |      |      |      |      |
| Високоінтенсивна ( $j=1$ )      | 1,07                                 | 1,06 | 1,05 | 1,04 | 1,03 | 1,02 |
| Тривіальна ( $j=2$ )            | 1,09                                 | 1,09 | 1,08 | 1,07 | 1,06 | 1,05 |
| Змішана ( $j=3$ )               | 1,08                                 | 1,07 | 1,06 | 1,05 | 1,04 | 1,03 |

Табл. 2.3 – Значення коефіцієнта коригування  $K_{ij}^n$  при розрахунку знепилювальної установки (пневмотранспортування)

| Ознака                          | Просторова ознака<br>( $n$ , поверх) |      |      |      |      |      |
|---------------------------------|--------------------------------------|------|------|------|------|------|
|                                 | 1                                    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
| <b>Функціональна:</b>           |                                      |      |      |      |      |      |
| Підготовче відділення ( $i=1$ ) | 1,12                                 | 1,13 | 1,11 | 1,10 | 1,09 | 1,08 |
| Розмельне відділення ( $i=2$ )  | 1,05                                 | 1,07 | 1,06 | 1,05 | 1,07 | 1,04 |
| Готової продукції ( $i=3$ )     | 1,05                                 | 1,06 | 1,03 | 1,03 | 1,03 | 1,02 |
| <b>Технологічна:</b>            |                                      |      |      |      |      |      |
| Високоінтенсивна ( $j=1$ )      | 1,06                                 | 1,05 | 1,04 | 1,03 | 1,02 | 1,01 |
| Тривіальна ( $j=2$ )            | 1,08                                 | 1,07 | 1,06 | 1,05 | 1,04 | 1,03 |
| Змішана ( $j=3$ )               | 1,07                                 | 1,06 | 1,05 | 1,04 | 1,03 | 1,02 |

Мінімальні значення коефіцієнту  $K_{ij}^n$  відповідають знепилювальним установкам для відділення готової продукції, що працює за високоінтенсивною технологією при використанні пневматичного транспортування продукції:

$$K_{3,1}^6 = K_3^6 \cdot K_1^6 = 1,02 \cdot 1,01 = 1,03 \quad (2.2)$$

Максимальні значення коефіцієнту коригування  $K_{ij}^n$  відповідають знепилювальним установкам відділення, де розміщені оббивальні машини, що працюють за тривіальною технологією при використанні механічного транспортування:

$$K_{1,2}^2 = K_1^2 \cdot K_2^2 = 1,14 \cdot 1,09 = 1,24 \quad (2.3)$$

З метою реалізації процедури автоматизованого розрахунку знепилювальної установки за допомогою ЕОМ з відповідним введенням необхідних параметрів до програми розрахунку, необхідно провести її

|     |      |          |        |      |              |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|--|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |  |      |

дефрагментацію на характеристичні ділянки (блок 11-1), а для можливості виконання розрахунків повітрозабірників і пиłosосних насадок – реалізувати визначення виду технологічного устаткування (блок 11-2), що дозволить визначати витрати повітря та опір цієї частини установки для знепилювання (блок 12).

Для обґрунтування основних параметрів знепилювальної установки необхідно вводити відповідні гідродинамічні параметри пневмосистеми (блок 13). При виборі швидкісних характеристик пилоповітряної суміші ( $v_i$ ) необхідно керуватися величиною надійності її транспортування.

Перед обґрунтуванням основних параметрів знепилювальної установки (блок 17) – діаметри ділянок ( $d$ , мм), сумарні витрати повітря ( $Q_0$ , м<sup>3</sup> / год) і напору ( $H_c$ , Па) необхідно виконати її ідентифікацію за компоновальною ознакою (блок 14) з врахуванням можливих типів: всмоктувальна ( $i = 1$ , блок 15), що є найбільш характерною для всіх типів функціональних відділень борошномельного виробництва або нагнітаюча ( $i = 2$ , блок 16), яка майже не застосовується, але є можливим варіантом.

Банк даних, що вміщує характеристики різних видів і типів пиловловлювачів, які відрізняються як конструктивним виконанням та принципом дії, так і ефективністю пиловловлення та типом фракційного складу пилової суміші, що буде очищуватися, а також і параметри вибору ( $v_v$ , м/с – швидкість пилоповітряної суміші у вхідному перерізі знепилювальних установок,  $q_{\phi}$ , і  $q_{\phi\kappa}$ , м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·год) – питоме навантаження на фільтруючий елемент в одиницю часу для фільтрів і фільтрів-циклонів) дозволить після вибору (блок 18) визначати опір (блоки 19-21) і здійснити його коригування (блок 22) з урахуванням типу установки для знепилювання.

Отримані значення витрат повітря основної частини установки, що враховує функціональні, технологічні та просторові ознаки ( $Q_o$ , м<sup>3</sup>/год), а також додаткові – знепилювання виробничого приміщення ( $O_i$ , м<sup>3</sup>/год), тиск ( $H_o$ , Па), що являє собою суму опорів ( $H_c$ , Па), ( $H_i$ , Па) та ( $H_n$ , Па), дозволять здійснити вибір вентилятора (блок 23).

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

За необхідності (блок 24), є можливість виконати коригування введених даних шляхом переходу на етап їх введення (блок 13). У разі отримання коректних параметрів здійснюється розрахунок потужності приводу вентилятора (блок 25).

### Висновки по розділу

В науковій частині нами проведений аналіз утворення і поширення одного з найбільш небезпечних факторів, які виникають при виробництві борошна – запиленості робочої зони. Так, виявлено, що запиленість робочих зон відділень підприємства не однакова, а тому необхідно передбачати й різні підходи до їх знепилювання. Проведений аналіз існуючих засобів для знепилювання робочої зони показав, що в більшості випадків вони мають низьку ефективність. Тому нами розроблена система знепилювання та запропонований алгоритм вибору параметрів даної системи, що дозволяє обґрунтувати тип обладнання індивідуально для кожного відділення борошномельного підприємства.

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

### 3. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

#### 3.1. Агротехнічні та технологічні вимоги до машини

Серед обладнання борошномельного виробництва неможливо обійтися без оббивальних машин, які дозволяють виконати сухе очищення поверхні зерна від бруду, пилу, а також провести часткове відділення плодових оболонок, борідки і зародка, що є необхідною умовою для підготовки зернового матеріалу до помелу.

Серед агротехнічних вимог до оббивальних машин виділимо наступні [1, 4, 17]:

1. Обладнання повинно забезпечувати безперервність та послідовність технологічного процесу завантаження та очищення поверхні зерна;
2. Накопичувальні бункери зернового матеріалу повинні оснащуватись датчиками рівнів;
3. Конструктивне виконання машин повинно забезпечити відсутність шкідливого впливу на фізіологічний стан персоналу, максимальну продуктивність та безпеку в роботі та експлуатації, не викликати різких, сильних шумів і вібрацій, а також засмічення виробничого середовища.
4. З'єднання машини з аспіраційною системою необхідно здійснювати гнучким зв'язком.
5. Пульт керування повинен забезпечувати зручність роботи, що виключає можливість випадкового пуску.
6. Втрати зернового матеріалу не допускаються.
7. Конструкція машини повинна забезпечувати вільний доступ до робочих органів і деталей, та можливості проведення технічних оглядів;
8. Всі поверхні машини, що контактують з зерном та іншими матеріалами, повинні бути доступними для очищення.
9. Збільшення кількості подрібнених зерен по відношенню до ваги зерна, що переробляється, не більше 0,02%;

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

10. Вміст цілих нормальних зерен у відходах (від ваги відходів), не більше, 1%;

Вимоги до вихідного матеріалу та функціонування [4].

При обробці зернового матеріалу даними машинами виконується робота щодо руйнування грудок землі, часткового видалення борідки, верхнього шару плодової оболонки і зародку. Обробка зерна в оббивальних машинах повинна забезпечити очищення його поверхні і характеризуватися такими показниками:

- зниження зольності до 0,03-0,05 % ;
- збільшення кількості битих зерен не більше 2 %.

Умови експлуатації.

Подача зерна в оббивальну машину здійснюється з магнітного сепаратора за допомогою транспортера, що входять в комплект обладнання підготовчого відділення борошномельного цеху.

Вивантаження готового продукту з оббивальної машини здійснюється самотічно до аспіраційного каналу для очищення від легких домішок.

### **3.2. Загальна будова, принцип роботи, технічна характеристика і регулювання машини та пропозиції по її модернізації.**

Машина оббивальна марки Р6-БГО-6 (рис. 3.1) представляє собою зварний циліндричний корпус 4, що з'єднаний за допомогою зварювання вздовж твірних циліндра до цільної рами 8. У верхній частині циліндра розташована відкидна кришка 2, що кріпиться до нижньої частини циліндричного корпусу 8 відкидними болтами.

У корпусі змонтовано вал з радіальними бичами 9, що обертається в сферичних шарикопідшипниках на закріпних втулках. Корпуси підшипників 10 кріпляться болтами до торцевих стінок циліндричного корпусу. Привід ротора 9 здійснюється через клинопасову передачу від електродвигуна 7, встановленого на плиті, що повертається навколо осі за допомогою гайок на натяжному гвинті для здійснення натягу привідних ременів.

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

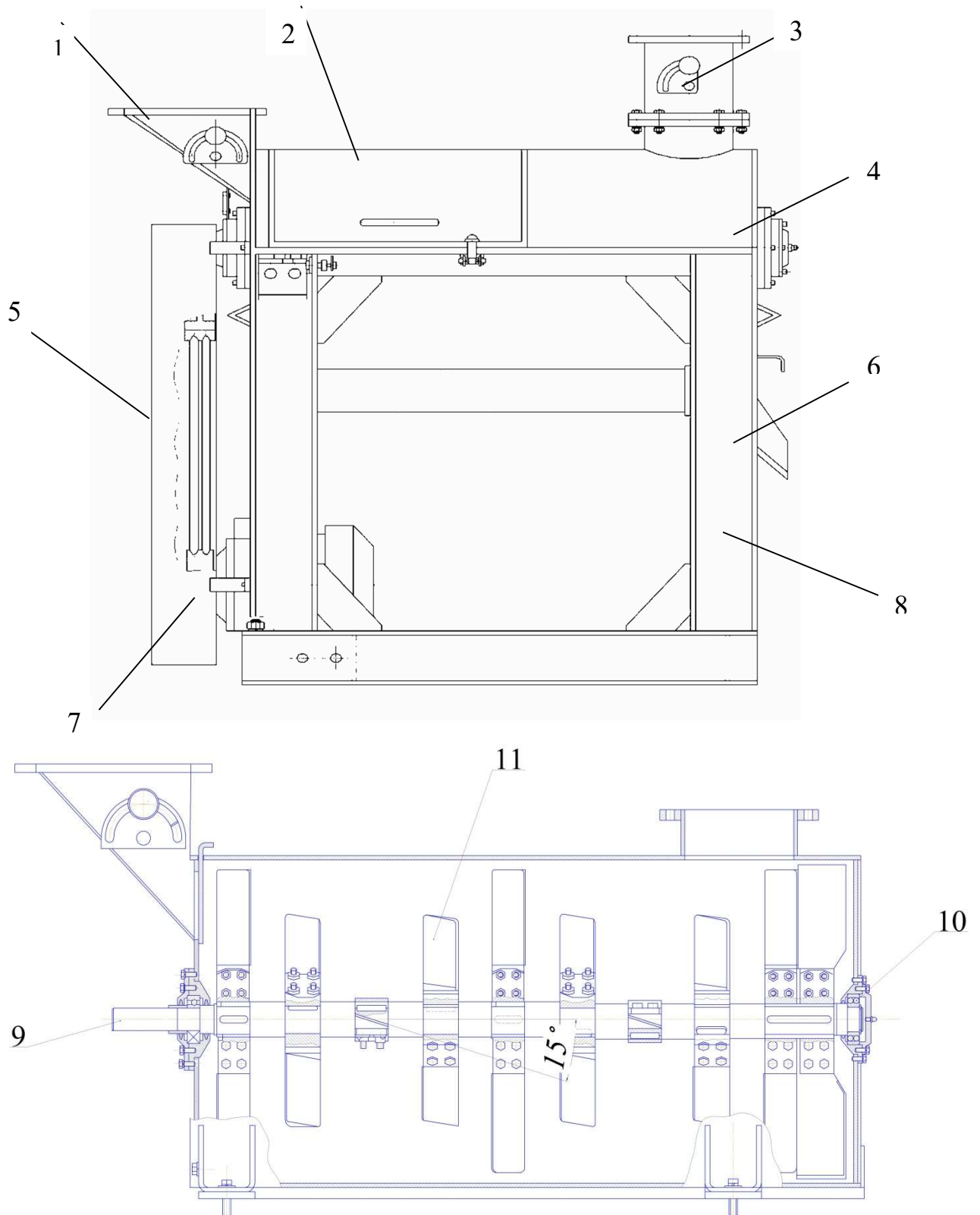


Рис 3.1 – Загальний вигляд оббивальної машини Р6-БГО-6:

1 – завантажувальна горловина; 2 – відкидна кришка; 3 – верхній патрубок; 4 – корпус оббивального ротора; 5 – клинопасова передача; 6 – нижній вихідний патрубок; 7 – електродвигун; 8 – зварна рама; 9 – ротор з радіальними бичами; 10 – корпус підшипника; 11 – бичі.

|     |      |          |        |      |              |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|--|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |  |      |

Завантажувальна горловина 1 знаходиться з торцевої сторони корпусу і має дросельну заслінку для регулювання подачі продукту.

Вихідний патрубок 6 знаходиться з іншого боку корпусу в нижній його частині, а вгорі для відсмоктування пилу і бруду до аспіраційної системи знаходиться вікно із закріпленим верхнім патрубком 3, всередині якого розміщена дросельна заслінка.

На корпусі під верхньою відкидною кришкою встановлений кінцевий вимикач, який виключає можливість включення приводу при відкритій кришці.

Завданням оббивальної машини є очищення поверхні зерна від бруду та непотрібних елементів, при цьому не допускається подрібнення зерна. В результаті проведеного аналізу роботи оббивальної машини виявлено можливість підвищення її експлуатаційної ефективності за рахунок зменшення кількості бичів з 12 до 9 пар, що дозволить зменшити масу машини та покращити якість очищення за рахунок зменшення кількості битих зерен.

Бичі 11 закріплюються на валу ротора 9 під кутом  $15^{\circ}$  зі зміщенням відносно один одного на  $30^{\circ}$ . Вони призначені для переміщення зерна від вхідного патрубка до вихідного по гвинтовій лінії з одночасним очищенням його поверхні від бруду і боріздов. Бичі запропоновано виконати профільованими з відгином робочої поверхні на кут  $14^{\circ}$ , що дозволить більш якісно виконати очищення поверхні зерен (рис. 3.2).

Оббивальна машина працює наступним чином. Зерно надходить через приймальну горловину 1 та переміщується до циліндричного корпусу 4, де підхоплюється бичами 11 ротора 9, що обертається. За рахунок взаємодії з бичами зерно відкидається до поверхні циліндричного корпусу 4, та, обертаючись разом з бичами, воно передається по гвинтовій лінії до вихідного патрубка 6. Очищення поверхні зерна від грудочок землі, бруду, борідки, частково зародка відбувається за рахунок багаторазових ударів і інтенсивного тертя зерна об поверхню корпусу 4 та бичів 11. Відокремлені від зерна легкі домішки підхоплюються повітряним потоком і виносяться до аспіраційної системи через верхній патрубок 3.

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |              |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

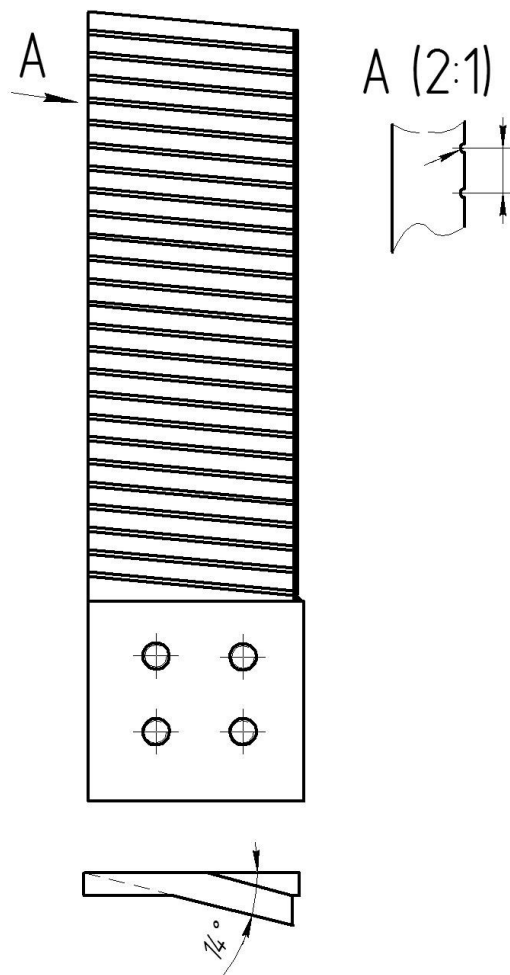


Рис. 3.2 – Запропонована конструкція бича ротора

Технічна характеристика оббивальної машини Р6-БГО-6

Продуктивність, кг / год ..... 1000;

Встановлена потужність електродвигуна, кВт ... 2,7;

Частота обертання бичевого ротора, (об / хв).... 717,5;

Колова швидкість бичевого ротора, м / с .....15,4;

Робоча поверхня циліндра..... металева;

Обсяг відсмоктуємого повітря м<sup>3</sup> / год ..... 300-500;

Маса, не більше, кг ..... 300;

Габаритні розміри, не більше:

– довжина ..... 1240 мм;

– ширина ..... 595 мм;

– висота .....1400 мм;

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

Збільшення кількості подрібнених зерен по відношенню до ваги зерна, що переробляється, не більше,% ..... 0,02;

Вміст цілих нормальних зерен у відходах (від ваги відходів),  
не більше,% .....1,0;

Показники надійності:

Середнє напрацювання до поломки, не менше ..... 100 год;

Середній термін служби до капітального ремонту, не менше.... 3 років;

Повний, середній термін служби, не менше ..... 8 років;

### 3.3.Технологічні розрахунки

#### 3.3.1. Розрахунок оббивального ротора

Колову швидкість бичів ротора при взаємодії з зерном визначимо, враховуючи умови, при яких буде забезпечено відсутність його руйнування. При наближеному визначенні максимального значення величини даної швидкості, яка буде спостерігатися на кінцях бичів, використаємо закон перетворення кількості руху матеріальної точки за деякий проміжок часу.

У нашому випадку:

$$\frac{m(V_2 + V_1)}{\tau} < [P] \quad (3.1)$$

де  $m$  – маса однієї зернини, кг (для пшениці  $m = 3 \cdot 10^{-5}$  кг [3, 5]);

$V_2$  – швидкість зерна після взаємодії з бичами, м/с;

$V_1$  – швидкість зерна до взаємодії з бичами, м/с;

$[P]$  – сила, що прикладена до зерна при зіткненні з бичами (вона повинна бути достатньою для обробки поверхні зерна, але значно меншою сили опору);

$\tau$  – тривалість удару, с.

При  $V_1 = 0$  маємо:

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

$$V_2 = \frac{[P]\tau}{m} \quad (3.2)$$

З іншого боку, колова швидкість має значення (рис. 3.3):

$$V_2 = \omega \cdot R \quad (3.3)$$

де  $\omega$  – кутова швидкість бичевого ротора, с;

$R$  – відстань від центру обертання до кінця бича, м.

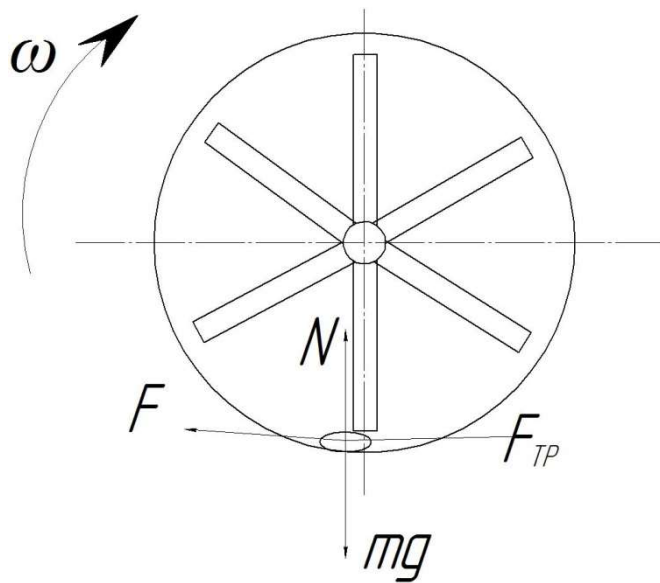


Рис. 3.3 – Сили, що діють на частинку в момент взаємодії з кінцем бича і поверхнею корпусу

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} \quad (3.4)$$

де  $n$  – частота обертання оббивального ротора, об/хв.

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 717,5}{30} = 75,09 \text{ с}^{-1}$$

$$V_2 = 75,09 \cdot 0,208 = 15,6 \text{ м/с}$$

Відстань від центру обертання до кінця бича ( $R$ ):

$$R = \frac{D}{2} - S \quad (3.5)$$

де  $D$  – діаметр робочої камери циліндричного корпусу, мм;

$S$  – відстань від зовнішньої грані бичів до поверхні циліндричного корпусу. При переробці пшениці рекомендується приймати  $S = 15$  мм [16-18].

$$R = \frac{446}{2} - 15 = 208 \text{ мм}$$

З рівняння (3.2) визначаємо силу, що прикладена до зернини при взаємодії з бичами:

$$P = \frac{m \cdot V_2}{\tau} \quad (3.6)$$

$$P = \frac{3 \cdot 10^{-5} \cdot 15,6}{10^{-5}} = 46,8 \text{ Н}$$

Відповідно до довідкових даних [16], величина сили, необхідної для обробки поверхні зерна, становить  $P_{min} = 45$  Н, що менше отриманої сили. Це означає, що машина забезпечує обробку поверхні зерна. Сила опору руйнуванню зерна  $P_{max} = 120$  Н, що значно більше за розрахункову і отже, руйнування зерна не буде відбуватись.

### 3.3.2. Проектний розрахунок вентилятора.

Для забезпечення необхідних параметрів повітряної системи, яка використовується в оббивальній машині для видалення бруду, пилу і інших легких домішок, потрібно розрахувати параметри вентилятора. Проектні

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

розрахунки вентилятора виконуємо згідно рекомендацій, наведених у [21, 22] (рис. 3.4).

Величина ширини та висоти всмоктувальної горловини, відповідно:

$$B_z = D \cdot 0,7 = 310 \cdot 0,7 = 217 \text{ мм};$$

$$H_z = D \cdot 0,135 = 310 \cdot 0,135 = 41,85 \text{ мм}.$$

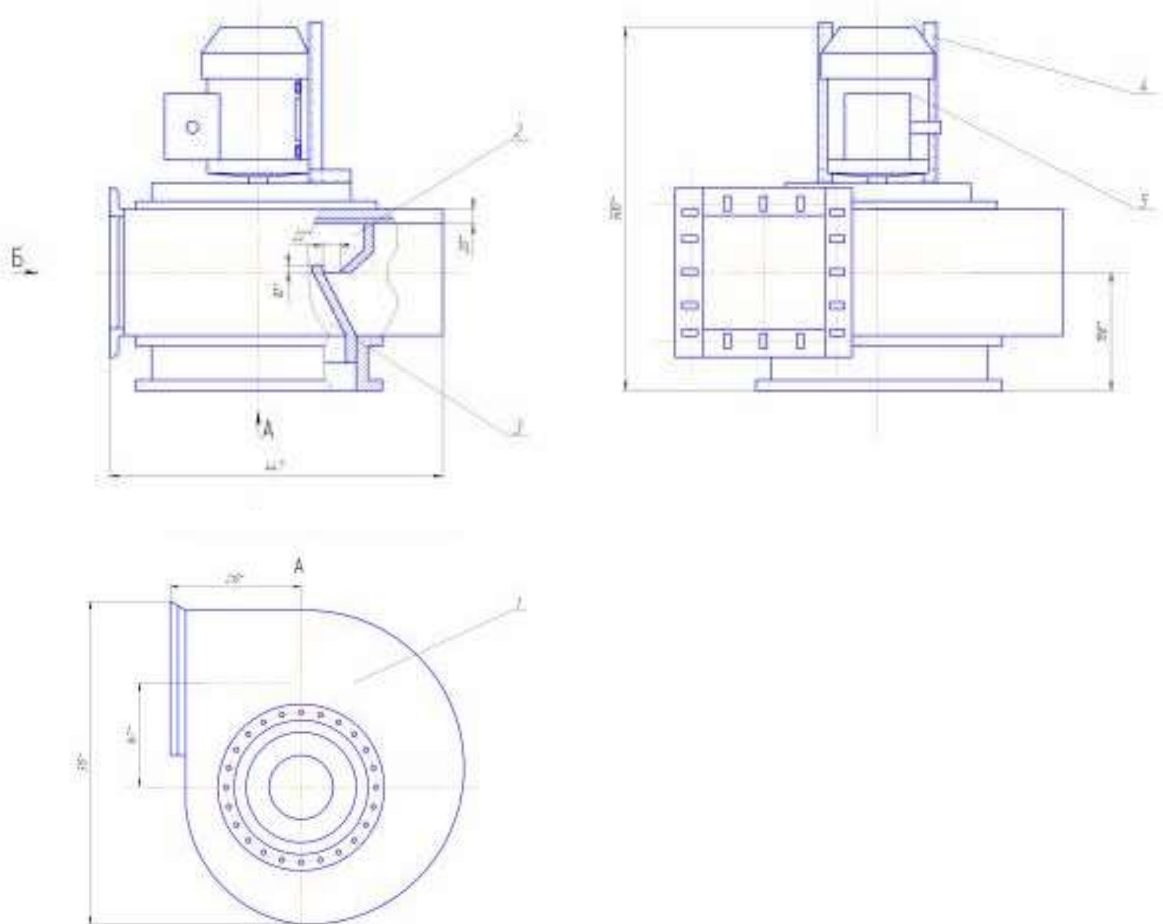


Рис. 3.4 – Схема вентилятора.

Ширина кожуха становитиме:

$$B_k = D \cdot 0,7 = 310 \cdot 0,7 = 217 \text{ мм}.$$

Діаметр основи крильчатки:

|     |      |          |        |      |              |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|--|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |  |      |

$$D_0 = D \cdot 0,75 = 310 \cdot 0,75 = 232,5 \text{ мм.}$$

Діаметр і довжина всмоктувального вікна, відповідно:

$$D_{\text{в}} = D \cdot 0,75 = 310 \cdot 0,75 = 232,5 \text{ мм;}$$

$$B_{\text{в}} = D \cdot 0,4 = 310 \cdot 0,4 = 124 \text{ мм.}$$

Ширину основи крильчатки та її загальну ширину визначаємо як:

$$B_{\text{ок}} = D \cdot 0,24 = 310 \cdot 0,24 = 74,4 \text{ мм;}$$

$$B_{\text{кр}} = D \cdot 0,37 = 310 \cdot 0,37 = 114,7 \text{ мм.}$$

Робочий зазор між крильчаткою і кожухом становить

$$\Delta_1 = D \cdot 0,04 = 310 \cdot 0,04 = 12,4 \text{ мм,}$$

а зазор між лопатками і всмоктувальним вікном:

$$\Delta_2 = D \cdot 0,01 = 310 \cdot 0,01 = 3,1 \text{ мм.}$$

Розмір сторони квадрата основи побудови спіралі кожуха і радіуси побудови спіралі корпуса, відповідно

$$B_{\text{у}} = D \cdot 0,12 = 310 \cdot 0,12 = 37,2 \text{ мм;}$$

$$R_1 = D \cdot 0,7 = 310 \cdot 0,7 = 217 \text{ мм;}$$

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

$$R_2 = D \cdot 0,82 = 310 \cdot 0,82 = 254,2 \text{ мм};$$

$$R_3 = D \cdot 0,94 = 310 \cdot 0,94 = 291,4 \text{ мм.}$$

Величина довжини лопатки

$$L = D \cdot 0,25 = 310 \cdot 0,25 = 77,5 \text{ мм.}$$

Відстань від колеса до кінцевого розміру спіралі:

$$B_c = D \cdot 0,5 = 310 \cdot 0,5 = 155 \text{ мм.}$$

Згідно проведених розрахунків приймаємо вентилятор серії ВРН з діаметром крильчатки  $D=310$  мм. Приймаємо частоту обертання крильчатки  $n=1400$  об/хв при об'ємному коефіцієнті корисної дії  $\eta \approx 65\%$ .

### 3.4 Енергетичні розрахунки

#### 3.4.1 Розрахунок енергоємності оббивального ротора

Значення загального опору сипкого зернового середовища, яке взаємодіє з рухомими бичами, визначається з граничної напруги зсуву, враховуючи пасивний опір маси матеріалу, внутрішнє тертя між шарами матеріалу. В загальному вигляді опір, що долає рухомий бич ротора становить:

$$P = RS = S \cdot \varphi \cdot g \cdot \rho \cdot h \cdot tg^2 \left( 45 + \frac{\gamma}{2} \right) \quad (3.7)$$

де  $S$  – площа робочої поверхні бича,  $m^2$ ;

$h$  – глибина заглиблення бича в матеріал,  $m$ ;

$\rho$  – щільність матеріалу,  $kg/m^3$ ;

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

$\gamma$  – кут внутрішнього тертя спокою (для пшениці  $\gamma = 6^\circ$ );

$\varphi$  – коефіцієнт, що враховує стабілізуючий ефект.

$$P = 0,0893 \cdot 0,8 \cdot 9,8 \cdot 1,33 \cdot 0,122 \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45 + \frac{6}{2} \right) = 0,166 \text{ Н}$$

Потужність, необхідна для приводу оббивального ротора становить:

$$N_T = R \cdot S \cdot V \quad (3.8)$$

де  $V$  – максимальна колова швидкість переміщення робочої частини бича, м/с.

$$N_T = 0,166 \cdot 15,4 = 2,56 \text{ кВт}$$

За потужністю, прикладеною до валу оббивального ротора  $N_T$  визначимо розрахункову потужність приводу:

$$N_D = \frac{N_T}{\eta} \quad (3.9)$$

де  $\eta$  – ККД привода.

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \dots \eta_n \quad (3.10)$$

де  $\eta_1, \eta_2$  – ККД окремих частин кінематичного ланцюга.

$$\eta = 0,95 \cdot 0,99 = 0,94$$

$$N_D = \frac{2,56}{0,94} = 2,7 \text{ кВт}$$

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

За величиною розрахованої величини потужності для приводу оббивальної машини по каталогу [23] вибираємо електродвигун АО-51-6 з встановленою потужністю 2,8 кВт, частотою обертів валу 950 об/хв.

#### 3.4.2. Розрахунок потужності, необхідної для приводу вентилятора.

Визначення потужності, необхідної для приводу вентилятора виконаємо, використавши рекомендації [21]:

$$N = \frac{V \cdot P}{3600 \cdot 102 \cdot \eta}; \quad (3.11)$$

де значення складових параметрів визначено у технологічних розрахунках:

$V = 400 \text{ м}^3/\text{год}$  – витрати повітря у пневмосистеті;

$P = 66,1 \text{ кг/м}^2$  – втрати повного тиску на опори;

$\eta = 0,65$  – ККД відцентрового вентилятора.

$$N = \frac{400 \cdot 66,1}{3600 \cdot 102 \cdot 0,65} = 0,22 \text{ кВт}$$

Таким чином, для приводу вентилятора підходить електродвигун серії АО-31-4, що має встановлену потужність 0,6 кВт і частоту обертів валу 1410 об/хв.

### 3.5 Кінематичні розрахунки

Значення крутного моменту на валу двигуна

$$T_B = 9550 \cdot \frac{N_D}{n_D} \quad (3.12)$$

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

$$T_B = 9550 \cdot \frac{2,8}{950} = 30 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Для передачі обертання від валу електродвигуна до ведучого валу оббивальної машини використовуємо клинопасову передачу (рис. 3.5).

За величиною знайденого моменту на валу [23, табл.2.12] приймаємо переріз пасу „А” з розмірами:  $b_p = 11 \text{ мм}$ ,  $h = 8 \text{ мм}$ ,  $b_0 = 13 \text{ мм}$ ,  $y_0 = 2,8 \text{ мм}$ ,  $F_1 = 0,81 \text{ см}^2$ .

Передаточне число привода становить

$$u = \frac{n_D}{n_B} \quad (3.13)$$

де  $n_D$  – частота обертання вала електродвигуна, об/хв;

$n_B$  – частота обертання оббивального ротора, об/хв.

$$u = \frac{950}{717} = 1,32$$

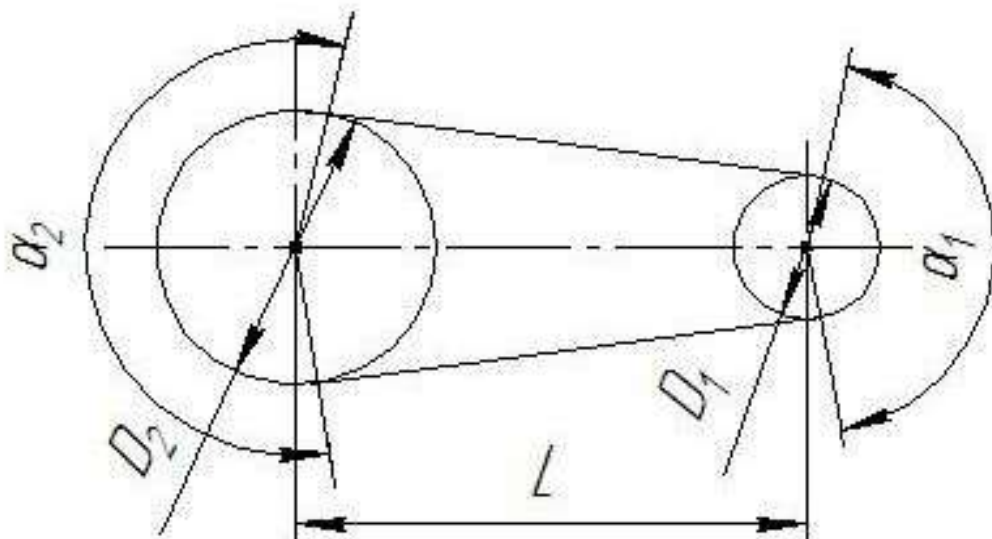


Рис.3.5 –. Схема до розрахунку параметрів пасової передачі.

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

У відповідності до рекомендованого ряду діаметрів шківів обираємо діаметр шківів на валу електродвигуна  $D_1 = 125$  мм [23].

Тоді діаметр шківів на ведучому валу оббивальної машини буде:

$$D_2 = D_1 \cdot u \quad (3.14)$$

$$D_2 = 125 \cdot 1,33 = 166,25 \text{ мм}$$

Приймаємо  $D_2 = 170$  мм (з рекомендованого ряду значень діаметрів шківів).

Фактична величина передаточного відношення  $u'$ :

$$u' = \frac{D_2}{D_1} \quad (3.15)$$

$$u' = \frac{170}{125} = 1,36$$

Тоді фактична частота обертання ведучого валу оббивальної машини становитиме:

$$n_\Phi = \frac{n_D}{u'} \quad (3.16)$$

$$n_\Phi = \frac{955}{1,36} = 702,2$$

Визначимо різницю між потрібними  $n$  і фактичними  $n_\Phi$  обертами ведучого валу оббивальної машини:

$$\Delta = \left( \frac{n_B - n_\Phi}{n_B} \right) \cdot 100\% \quad (3.17)$$

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

$$\Delta = \left( \frac{717,5 - 702,2}{702,2} \right) \cdot 100 = -2,17 \%$$

Різниця становить менше 5% і не є суттєвою та знаходиться в межах допустимого значення граничних умов роботи оббивальної машини.

Відповідно до відстані між валами та за величиною діаметрів шківів розрахуємо орієнтовну довжину паса:

$$L = 2l_0 + 1,57 \cdot (D_1 + 170) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4l_0} \quad (3.18)$$

де  $l_0$  – конструктивна відстань між валами, мм.

$$L = 2l_0 + 1,57 \cdot (125 + 170) + \frac{(170 - 125)^2}{4 \cdot 720} = 1517 \text{ мм}$$

Зі стандартного ряду довжина паса  $L = 1500$  мм. [ 23, табл.2.12].

Уточнимо дійсну міжосьову відстань:

$$l = \frac{2L - \pi(D_1 - D_2) + \sqrt{[2L - \pi(D_1 - D_2)]^2 - 8((D_1 - D_2)^2)}}{8} \quad (3.19)$$

$$l = \frac{2 \cdot 1500 - 3,14 \cdot (170 - 125)}{8} + \frac{\sqrt{[2 \cdot 1500 - 3,14(170 - 125)]^2 - 8(170 - 125)^2}}{8} = 714 \text{ мм}$$

Значення мінімальної міжосьової відстані для полегшення монтажу і зняття паса:

$$l_{\min} = l - 0,01 \cdot L \quad (3.20)$$

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

$$l_{\min} = 714 - 0,01 \cdot 1500 = 699 \text{ мм}$$

Максимальне значення міжосьової відстані, що забезпечить створення натягу і підтягування пасу при витяжці:

$$l_{\max} = l + 0,025 \cdot L \quad (3.21)$$

$$l_{\max} = 714 + 0,025 \cdot 1500 = 751,5 \text{ мм}$$

Вихідна довжина пасу [23, табл.2.15]  $L_0 = 1700 \text{ мм}$ ; відносна довжина

$$\frac{L}{L_0} = \frac{1500}{1700} = 0,88$$

Коефіцієнт довжини [23, табл.2.19]  $C_L = 0,95$

Кількість пасів складе

$$z = \frac{N}{N_0 \cdot k_1 \cdot k_2} \quad (3.22)$$

де  $N$  – повна потужність, що передається пасовою передачею;

$N_0$  – допустима потужність, що передається одним пасом;

$k_1, k_2$  – поправочні коефіцієнти.

Для обґрунтування  $N_0$  необхідно попередньо визначити швидкість руху пасів:

$$v = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n_1}{60 \cdot 1000} \quad (3.23)$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 170 \cdot 950}{60 \cdot 1000} = 8,5 \text{ м/с}$$

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

У відповідності до [23, табл.2.15], вихідна потужність одного паса при  $D_1 = 125$  мм і  $v = 8,5$  м/с становить  $N_0 = 1,85$  кВт.

Для обґрунтування коефіцієнту  $k_1$  необхідно попередньо визначити кут  $\alpha$  обхвату пасом меншого шківa передачі:

$$\alpha_1 = 180 - \frac{57 \cdot (D_2 - D_1)}{l} \quad (3.24)$$

$$\alpha_1 = 180 - \frac{57 \cdot (170 - 125)}{714} = 176^\circ$$

Значення коефіцієнту кута обхвату  $C_\alpha = 0,99$  [23, табл.2.18].

Для подальших розрахунків необхідно врахувати поправку до крутного моменту на передаточне число  $\Delta T_u = 0,5$  Н · м [23, табл.2.20].

Поправка до потужності становить:

$$\Delta N_u = 0,0001 \cdot \Delta T_u \cdot n_d \quad (3.25)$$

$$\Delta N_u = 0,0001 \cdot 0,5 \cdot 995 = 0,05 \text{ кВт}$$

Значення коефіцієнту режиму роботи при вказаному навантаженні  $C_p = 0,84$  [23, табл.2.8], тому приймаємо  $k_1 = 1, k_2 = 0,8$ .

Тоді, розрахункова кількість пасів становить

$$z = \frac{3}{1,85 \cdot 1 \cdot 0,8} = 2,03$$

Допустима потужність на один пас:

$$[N] = (N_0 \cdot C_\alpha \cdot C_L + \Delta N_u) \cdot C_p \quad (3.26)$$

$$[N] = (1,85 \cdot 0,99 \cdot 0,95 + 0,05) \cdot 0,84 = 1,5 \text{ кВт}$$

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

Коефіцієнт, що дозволяє врахувати нерівномірність навантаження  $C_z = 0,95$ , таким чином дійсна кількість пасів в передачі:

$$\dot{z} = \frac{z}{C_z} \quad (3.27)$$

$$\dot{z} = \frac{2,03}{0,95} = 2,1$$

Приймаємо кількість пасів  $\dot{z} = 2$

Величина сили початкового натягу одного клинового пасу

$$S_0 = \frac{780 \cdot N}{v \cdot C_\alpha \cdot C_p \cdot \dot{z}} + q \cdot v^2 \quad (3.28)$$

де  $q$  – погонна маса пасу,  $q = 0,10$  кг/м [23, табл.2.12]

$$S_0 = \frac{780 \cdot 1,5}{8,5 \cdot 0,99 \cdot 0,84 \cdot 2} + 0,10 \cdot 8,5^2 = 597,9 \text{ Н}$$

Визначаємо зусилля, яке діє на вали передачі

$$Q \approx 2 \cdot S_0 \cdot \dot{z} \cdot \sin \frac{\alpha_1}{2} \quad (3.29)$$

$$Q \approx 2 \cdot 597,9 \cdot 2 \cdot \sin \frac{176}{2} = 2390 \text{ Н}$$

Розміри ободів шківів становлять [23, табл.2.21]:

$l_p = 11$  мм;  $h = 8,7$  мм;  $b = 3,3$  мм;  $e = 15$  мм;  $f = 10$  мм;

$r = 1,0$  мм;  $h_{1 \min} = 6$  мм;

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

Розраховуємо зовнішні діаметри шківів (1 – ведучий, 2 – ведений)

$$d_{e1} = D_1 + 2 \cdot b \quad (3.30)$$

$$d_{e1} = 125 + 2 \cdot 3,3 = 131,6 \text{ мм}$$

$$d_{e2} = D_2 + 2 \cdot b \quad (3.31)$$

$$d_{e2} = 170 + 2 \cdot 3,3 = 176,6 \text{ мм}$$

Ширина ободу шківів становить:

$$M = (z - 1) \cdot e + 2 \cdot f \quad (3.32)$$

$$M = (2 - 1) \cdot 15 + 2 \cdot 10 = 35 \text{ мм}$$

### 3.6 Розрахунки на міцність

#### 3.6.1. Розрахунок шпонкового з'єднання шківів з валом оббивального ротора

Для передачі крутного моменту від шківів до валу ротора обираємо призматичну шпонку, основною деформацією при цьому буде зминання бічних поверхонь шпонки і паза.

Умова міцності має вигляд

$$\sigma_{зм} = \frac{F_t}{A_{зм}} \leq [\sigma_{зм}] \quad (3.33)$$

де  $F_t$  – колова сила, що діє на бічні поверхні;

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

$A_{зм}$  – площа поверхні зминання.

Напруження на зминання відповідно довідниковим даним  $[\sigma_{зм}] = 80 \dots 150 \text{ МПа [24]}$

$$F_t = \frac{2T}{d} \quad (3.34)$$

де  $T$  – крутний момент на валу, Н·м;

$d$  – діаметр валу, м.

$$F_t = \frac{2 \cdot 420}{0,032} = 26250 \text{ Н}$$

$$A_{зм} = (h - t_1) \cdot l_0 \quad (3.35)$$

де  $l_0$  – робоча довжина шпонки, м;

$h$  – висота шпонки, м;

$t_1$  – глибина паза в маточині, м.

$$A_{зм} = (10 - 5) \cdot 80 = 400 \text{ мм}^2$$

За розрахункову площу береться площа контактної поверхні в маточині, оскільки за стандартом  $t_1 < t_2$ , і опір зминанню матеріалу маточини може бути меншим ніж опір сталевих валу і шпонки.

В результаті маємо:

$$\sigma_{зм} = \frac{26250}{400} = 65,63 \text{ Н} \cdot \text{мм}^2 \leq [\sigma_{зм}]$$

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

### 3.6.2. Розрахунок валу оббивального ротора на міцність

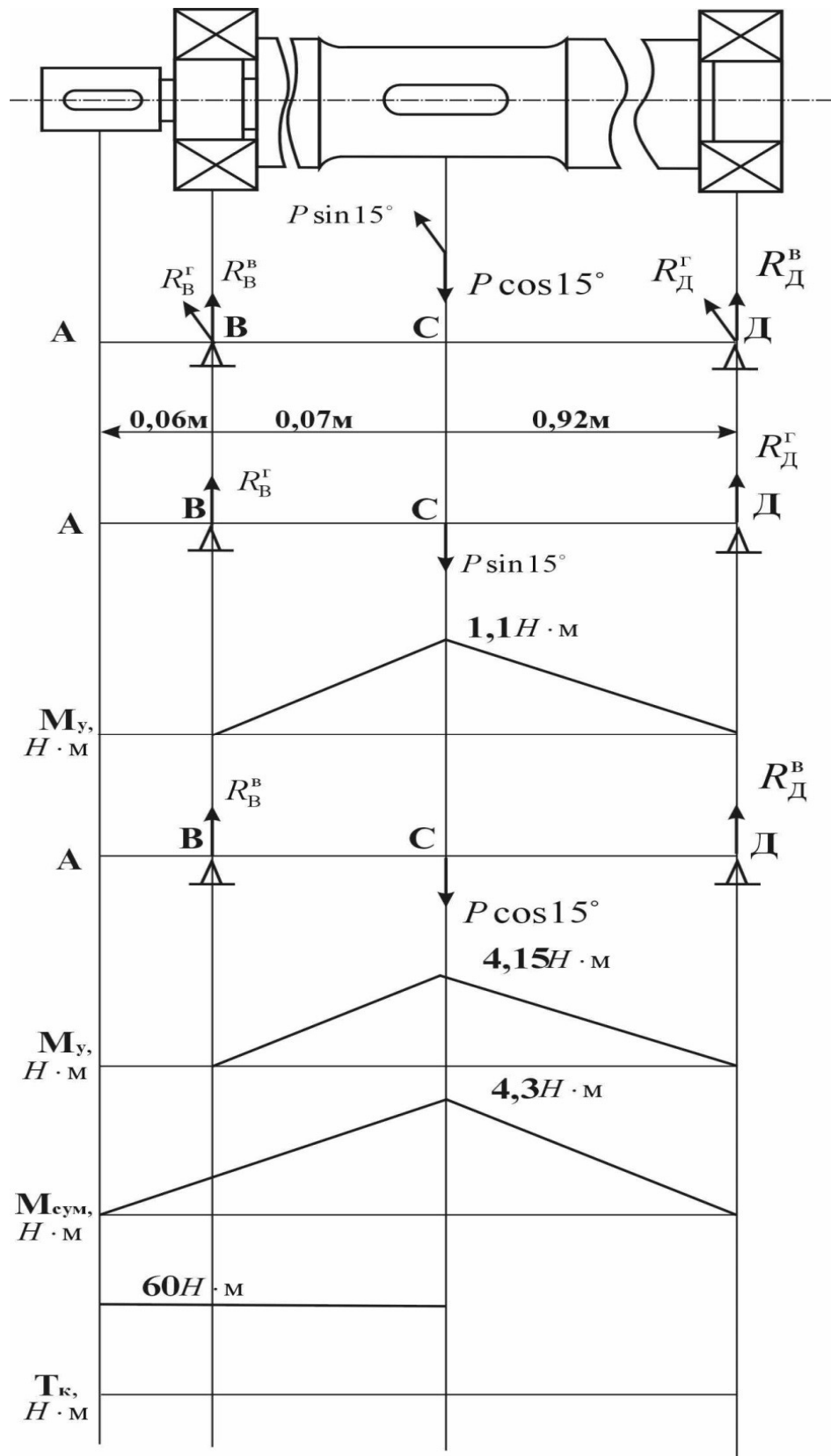


Рис. 3.6 – Схема розрахунку валу на міцність

Визначимо опорні реакції в горизонтальній площині за сумою моментів:

$$\sum M_D = 0; R_B^r \cdot 0,99 - P \sin 15 \cdot 0,92 = 0 \quad (3.36)$$

$$R_B^r = \frac{P \sin 15 \cdot 0,92}{0,99} \quad (3.37)$$

$$R_B^r \frac{40 \sin 15 \cdot 0,92}{0,99} = 15,9 \text{ Н}$$

$$\sum M_D = 0; P \sin 15 \cdot 0,07 - R_D^r \cdot 0,99 = 0 \quad (3.38)$$

$$R_D^r = \frac{P \sin 15 \cdot 0,07}{0,99} \quad (3.39)$$

$$R_D^r = \frac{40 \sin 15 \cdot 0,07}{0,99} = 1,2 \text{ Н}$$

Перевірка

$$\sum R_x = 0; R_B^r - P \sin 15 + R_D^r = 0 \quad (3.40)$$

$$15,9 - 17,1 + 1,2 = 0$$

Побудуємо епюру згинальних моментів відносно осі Y (рис. 3.6):

перетин 2-2

$$0 \leq x_2 \leq 0,92; M = R_D^r \cdot x_1; \text{ Н} \cdot \text{м}$$

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

при  $x_1 = 0$ ;  $M = 0$ ;  $x_1 = 0,92$ ;  $M = 1,2 \cdot 0,92 = 1,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$

перетин 1-1

$$0 \leq x_2 \leq 0,07; M = +R_D^r \cdot x_1; \text{Н} \cdot \text{м}$$

при  $x_1 = 0$ ;  $M = 0$ ;  $x_1 = 0,07$ ;  $M = 15,9 \cdot 0,07 = 1,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

Аналогічно визначаємо опорні реакції у вертикальній площині

$$\sum M_D = 0; R_B^B \cdot 0,99 - P \cos 15^\circ \cdot 0,92 = 0 \quad (3.41)$$

$$R_B^B = \frac{P \cos 15^\circ \cdot 0,92}{0,99} \quad (3.42)$$

$$R_B^B = \frac{40 \cos 15^\circ \cdot 0,92}{0,99} = 59,24 \text{ Н}$$

$$\sum M_B = 0; P \cos 15^\circ \cdot 0,07 - R_D^B \cdot 0,99 = 0 \quad (3.43)$$

$$R_D^B = \frac{P \cos 15^\circ \cdot 0,07}{0,99} \quad (3.44)$$

$$R_D^B = \frac{40 \cos 15^\circ \cdot 0,07}{0,99} = 45 \text{ Н}$$

Виконуємо перевірку

$$\sum R_y = 0; R_B - P \cos 15^\circ + R_D \quad (3.45)$$

$$59,24 - 63,75 + 4,51 = 0$$

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

Будуємо епюру згинальних моментів відносно осі x (рис. 3.6):

перетин 1-1;

$$0 \leq x_2 \leq 0,07; M = R_D \cdot x_1, \quad \text{Н} \cdot \text{м}$$

$$\text{при } x_1 = 0; M = 0; x_1 = 0,92; M = 7,51 \cdot 0,07 = 4,15 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

перетин 2-2;

$$0 \leq x_2 \leq 0,92; M = R_D \cdot x_2, \quad \text{Н} \cdot \text{м}$$

$$\text{при } x_2 = 0; M = 0; x_2 = 0,92; M = 4,51 \cdot 0,92 = 4,15 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Сумарні радіальні реакції становлять

$$R_B = \sqrt{(R_B^r)^2 + (R_B^b)^2} \quad (3.46)$$

$$R_B = \sqrt{15,9^2 + 59,24^2} = 22 \text{ Н}$$

$$R_D = \sqrt{(R_D^r)^2 + (R_D^b)^2} \quad (3.47)$$

$$R_D \sqrt{1,2^2 + 4,5^2} = 4,7 \text{ Н}$$

Сумарне значення згинальних моментів в найбільш навантаженому перерізі

$$M_C = \sqrt{(M_C^r)^2 + (M_C^b)^2} \quad (3.48)$$

$$M_C = \sqrt{1,1^2 + 4,15^2} = 4,33 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

Будуємо епюру крутних моментів  $T_K = 40 \text{ Н} \cdot \text{м}$  (рис. 3.6).

Визначимо величину напруги в небезпечних перерізах валу:

а) нормальні напруги змінюються по симетричному циклу:

$$\sigma_a = \sigma_{\text{л}} = \frac{M_c \cdot 10^3}{W_0} \quad (3.49)$$

де:  $W_0$  – осьовий момент опору перерізу валу,  $\text{мм}^3$

$$W_0 = 0,1d^3 - \frac{bt_1(d - t_1)^2}{2d} \quad (3.50)$$

$$W_0 = 0,1 \cdot 50^3 - \frac{14 \cdot 5 \cdot (50 - 5)^2}{2 \cdot 50} = 11083 \text{ мм}^3$$

Тоді:

$$\sigma_a = \sigma_{\text{л}} = \frac{4,3 \cdot 10^3}{11083} = 0,38 \text{ Н/мм}^2$$

б) дотичні напруги змінюються по нульовому циклу, при якому амплітуда циклу  $\tau_a$  дорівнює половині розрахункових напружень кручення  $\tau_k$ :

$$\tau_a = \frac{\tau_k}{2} = \frac{M_k}{W_p} \quad (3.51)$$

де  $M_k$  – крутний момент,  $\text{Н} \cdot \text{м}$

$W_p$  – полярний момент інерції опору перерізу валу,  $\text{мм}^3$

$$W_p = 0,2d^3 - \frac{b \cdot t_1(d - t_1)^2}{2d}$$

$$W_p = 0,2 \cdot 50^3 - \frac{14 \cdot 5(50 - 5)^2}{2 \cdot 50} = 23583 \text{ мм}^3$$

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

$$\tau_a = \frac{60 \cdot 10^3}{(2 \cdot 23583)} = 1,27 \text{ Н/мм}^2$$

Встановимо коефіцієнти концентрації нормальних і дотичних напружень, що виникають у відповідних перерізах валу:

$$(K_\sigma)_D = \left( \frac{K_\sigma}{K_d} + K_F - 1 \right) \cdot \frac{1}{K_y} \quad (3.52)$$

$$(K_\tau)_D = \left( \frac{K_\tau}{K_d} + K_F - 1 \right) \cdot \frac{1}{K_y} \quad (3.53)$$

де  $K_\sigma$  і  $K_\tau$  – ефективні коефіцієнти концентрації напружень, приймаємо  $K_\sigma = 1,4$  і  $K_\tau = 1,4$ ;

$K_d$  – коефіцієнт, що визначає вплив абсолютних розмірів поперечного перерізу, приймаємо  $K_d = 0,77$ ;

$K_F$  – коефіцієнт впливу шорсткості, приймаємо  $K_F = 1,05$ ;

$K_y$  – коефіцієнт впливу поверхневого зміцнення, приймаємо  $K_y = 1,6$ .

$$(K_\sigma)_D = (K_\tau)_D = \left( \frac{1,4}{0,77} + 1,05 - 1 \right) \cdot \frac{1}{1,6} = 1,17$$

Нормальні і дотичні межі витривалості в перерізі валу

$$(\sigma_{-1})_D = \frac{\sigma_{-1}}{(K_\sigma)_D} \quad (3.54)$$

$$(\tau_{-1})_D = \frac{\tau_{-1}}{(K_\tau)_D} \quad (3.55)$$

де  $\sigma_{-1}$  і  $\tau_{-1}$  – межі витривалості зразків при симетричному циклі згину та кручення, приймаємо  $\sigma_{-1} = 380 \text{ Н/мм}^2$ ,

$$\tau_{-1} = \sigma_{-1} \cdot 0,58 = 380 \cdot 0,58 = 220,4 \text{ Н/мм}^2$$

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

Отже:

$$(\sigma_{-1})_D = \frac{380}{1,17} = 324,8 \text{ Н/мм}^2$$

$$(\tau_{-1})_D = \frac{220,4}{1,17} = 188,4 \text{ Н/мм}^2$$

Встановимо коефіцієнти запасу міцності відповідно за нормальними і дотичними напругами

$$S_\delta = \frac{(\sigma_{-1})_D}{\sigma_a} = \frac{324,8}{0,38} = 854,7 \quad (3.56)$$

$$S_\tau = \frac{(\tau_{-1})_D}{\tau_a} = \frac{188,4}{1,27} = 148,3 \quad (3.57)$$

Загальний коефіцієнт запасу міцності в найбільш небезпечному перерізі

$$S = \frac{S_\delta \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\delta^2 + S_\tau^2}} \geq [S] = 2,2 \quad (3.58)$$

$$S = \frac{854,7 \cdot 148,3}{\sqrt{854,7^2 + 148,3^2}} = 146 \geq [S]$$

Отже вал у небезпечному перерізі задовольняє умовам міцності.

### Висновки по розділу

Згідно агротехнічних та технологічних вимог до машин для оббивання зерна нами обґрунтована схема оббивальної машини Р6-БГО-6, визначені призначення та принцип роботи кожної з її функціональних частин

Для запропонованих змін в конструкції агрегату для оббивання зерна пшениці проведені технологічні, кінематичні, енергетичні, силові розрахунки і розрахунки на міцність деталей та вузлів.

В результаті проведеної модернізації знижується потужність машини, що дозволяє знизити витрати електроенергії та знизити питому собівартість очищення пшениці. За рахунок зменшення кількості бичів з 12 до 9 пар зменшується маса машини та покращується якість очищення за рахунок зменшення кількості битих зерен.

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Найбільш шкідлива дія оббивальної машини на навколишнє середовище пов'язана з забрудненням повітря пилом, яке при перевищенні певних граничних меж концентрації стає вибухонебезпечним зі всіма можливими негативними наслідками. Саме з цієї позиції оббивальна машина Р6-БГО-6, яка модернізується в даному проекті, внаслідок використання ефективної системи очищення забрудненого повітря, відповідає вимогам екологічної безпеки і практично не забруднює навколишнє середовище.

Наявність системи вентиляції робочого приміщення, яка передбачена в проекті, має в основному профілактичне значення і використовується головним чином для підтримання нормального мікроклімату, насамперед необхідну температуру і вологість повітря.

До роботи з оббивальною машиною при її експлуатації і ремонті допускаються виключно особи, які знають інструкцію з експлуатації і пройшли відповідні інструктажі з техніки безпеки на виробництві, пожежної безпеки і правилам долікарської допомоги при враженні електричним струмом, опіках та інших можливих нещасних випадках.

Перед початком роботи:

- впевнитися в наявності і надійності закріплення огорожень;
- перевірити наявність і комплектність протипожежного інвентарю та аптечки.

Слідкувати за справністю заземлення електрообладнання лінії. Заборонено працювати з обладнанням, яке не заземлене або при наявності його неполадок.

Опір контуру захисного заземлення повинен бути не більше 4 Ом, а опір ізоляції по відношенню до струмоведучих частин не менше 0,5 МОм.

Під час роботи:

- не допускати присутності поблизу оббивальної машини сторонніх осіб;

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

– не виконувати огляд, очищення, змашування, регулювання механізмів і не знімати огороження;

Всі роботи з технічного обслуговування оббивальної машини виконувати тільки при знятті напруги.

Для зняття напруги:

- відключити рубильник, який подає напругу на шафу керування;
- відключити пакетний вимикач шафи керування;
- над рубильником і на шафі керування повісити попереджувальний плакат: “Не вмикати, працюють люди!”.

Ремонт і обслуговування електрообладнання виконується тільки особами, які мають кваліфікацію електрика не нижче третього розряду.

При появі в машині сторонніх шумів негайно зупинити машину, виявити і усунути причину шуму.

Пуск лінії після монтажу, ремонту або довгої зупинки виконувати тільки з дозволу головного інженера (механіка) після перевірки її технічного стану і наявності всіх захисних засобів.

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

## 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Для запропонованих в конструкції агрегату для очищення поверхні зерна пшениці модернізацій проведені технологічні, кінематичні, енергетичні, силові розрахунки і розрахунки на міцність деталей та вузлів, які підтвердили, що в результаті проведеної модернізації знижується потужність машини. Це дозволяє знизити витрати електроенергії та знизити питому собівартість операції очищення поверхні пшениці. За результатами виконання поверхні бичів профільованими і відповідного зменшення їх кількості з 12 до 9 пар, досягли зменшення маси машини та покращення якості очищення за рахунок зменшення кількості битих зерен.

Табл. 1 – Техніко-економічні показники порівнюваних машин

| №<br>п/п | Показники                                                              | Один.<br>вимір. | Умовні<br>позн. | Машина      |         |
|----------|------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------|---------|
|          |                                                                        |                 |                 | базова      | модерн. |
| 1        | Тип машини                                                             |                 |                 | стаціонарна |         |
| 2        | Оптова ціна машини                                                     | грн.            | $C_{on}$        | 96000       | 96000   |
| 3        | Собівартість виготовлення машини                                       | грн.            | $C$             | 76600       | 70952   |
| 4        | Вартість покупних виробів у собівартості машини                        | грн.            | $C_n$           | 22400       | 21380   |
| 5        | Маса машини                                                            | кг              | $M$             | 300         | 278     |
| 6        | Маса покупних виробів                                                  | кг              | $M_n$           | 124         | 117     |
| 7        | Продуктивність машини за 1 годину чистого часу                         | т/год           | $P_{\text{ч}}$  | 1,0         | 1,0     |
| 8        | Потужність електродвигуна                                              | кВт             | $P_{\text{д}}$  | 3,00        | 2,56    |
| 9        | Коефіцієнти використання часу зміни: -<br>робочого<br>експлуатаційного |                 | $K_{\text{вр}}$ | 0,80        | 0,83    |
|          |                                                                        |                 | $K_{\text{ек}}$ | 0,72        | 0,75    |
| 10       | Нормативне річне завантаження машини                                   | год.            | $P_{\text{зм}}$ | 210         | 210     |

|     |      |          |        |      |              |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|--|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |  |      |

| №<br>п/п | Показники                                                            | Один.<br>вимір. | Умовні<br>позн. | Машина |         |
|----------|----------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|--------|---------|
|          |                                                                      |                 |                 | базова | модерн. |
| 11       | Норма відрахувань на реновацію машини                                | %               | $H_{ам}$        | 15,0   | 15,0    |
| 12       | Норми відрахувань на ремонти та техогляд машини                      | %               | $H_{рм}$        | 8,5    | 8,5     |
| 13       | Середньорічна програма випуску машин                                 | шт.             | $H_{ср}$        |        | 400     |
| 14       | Кількість деталей в машині                                           | шт.             | $H_z$           | 1030   | 987     |
| 15       | Кількість найменувань деталей в машині всього, в т.ч.:               | шт.             | $D_z$           | 254    | 250     |
|          | - оригінальних                                                       |                 | $D_{ор}$        | 87     | 76      |
|          | - стандартних                                                        |                 | $D_{ст}$        | 127    | 134     |
| 16       | Кількість найменувань деталей, які розроблені в процесі модернізації | шт.             | $H_{ор}$        |        | 11      |

Як видно із розрахунків (Додаток А) як виробник, так і споживач модернізованої машини можуть отримати позитивний економічний ефект, що свідчить про ефективність конструкторських розробок, які виконані в роботі. Тому ці розробки доцільно рекомендувати до впровадження у виробництво.

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

## 6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проведено аналіз існуючих технологічних проблем при виробництві борошна та виявлена проблематика, що полягає у низькій ефективності знепилювання робочих зон підприємства. Виявлено, що існуючі технологічні схеми знепилювання працюють лише централізовано і не дозволяють усунути пил локально, тобто відсутній індивідуальний підхід до кожного типу обладнання. Тому запропонована технологічна схема локального знепилювання відділень підприємства і розроблена методика підбору технологічного обладнання для цього.

В процесі виконання роботи нами запропоновано удосконалити конструкцію оббивальної машини Р6-БГО-6, яка використовується для очищення поверхні зерна. За рахунок зменшення кількості бичів з 12 до 9 пар зменшується маса машини та покращується якість очищення за рахунок зменшення кількості битих зерен. В результаті проведеної модернізації знижується потужність машини, що дозволяє знизити витрати електроенергії та знизити питому собівартість очищення пшениці.

Проведено розрахунок конструктивних параметрів модернізованої оббивальної машини, виконано силовий і енергетичний аналіз, обґрунтовані геометричні і конструктивні параметри складових частин, що дозволить знизити металомісткість, енергоємність та собівартість її виготовлення.

Проаналізовано виробничі фактори, які виникають при експлуатації оббивальної машини і які можуть становити небезпеку та чинити шкідливу дію. Запропоновані заходи щодо зменшення або унеможливлення дії шкідливих факторів на персонал.

Економічно обґрунтована модернізація оббивальної машини та підтверджена економічна доцільність впровадження її у виробництво. Величина річного економічного ефекту складає: для виробника 5438 грн, для споживача 3521,7 грн.

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вашкевич В.В. Техника и технологии производства муки / В.В. Вашкевич, О.Б. Горнец, Г.Н. Ильичев. – Барнаул: 2000. – 209 с., ил.
2. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л. Загальна технологія харчових виробництв у прикладах і задачах: Підручник. / Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, С.І. Бухкало, П.О. Капустенко, Є.І. Орлова. – К.: Центр навчальної літератури, 2005. – 496 с.
3. Зберігання і переробка продукції рослинництва: Навч. посібник / Г. І. Подпрятков, Л. Ф. Скалецька, А. М. Сеньков, В. С. Хилевич. – К.: Мета, 2002. – 495 с.: іл.
4. Жемела Г. П., Шеманьов В. І., Маренич М. М., Олексюк О. М. Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва. Дніпропетровськ, 2005. 248 с.
5. Сисолін П.В., Петренко М. М., Свірень М. О. Сільськогосподарські машини/Теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 3: Машини та обладнання для переробки зерна та насіння // За ред. М.І. Черновола. – К., 2007
6. Подпрятков Г. І. Технологія виробництва борошна, крупи та олій / Г. І. Подпрятков, Л. Ф. Скалецька. – К.: Вид-во НАУ, 2000.
7. Кобець А. С., Чурсінов Ю. О., Черних С. А. та ін. Машини і обладнання для зберігання та комплексної обробки зерна : навчальний посібник. Дніпропетровськ : ДДАУ, 2013. 766 с.
8. НПАОП 15.0-1.01.17. Правила охорони праці для працівників, зайнятих на роботах зі зберігання і переробки зерна. Затверджено: наказ Міністерства соціальної політики України від 20.09.17 №1504. – 61 с.
9. Зацеркляний М. М. Утворення пилу на підприємствах галузі хлібопродуктів і зменшення пиловиділення. Науково-технічний журнал «ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА», № 3(1/2018). С. 16-20.
10. Батлук, В. А. Наукові основи створення вискоєфективного пиловловлюючого обладнання: дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.02 / В. А. Батлук. – Л.: НУЛП, 2001. –370 с.

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

11. Зацеркляний М.М., Столевич Т.Б., Зацеркляний О.М. Процеси захисту навколишнього середовища; підручник. – Одеса: Фенікс, 2017. – 454 с.
12. Яким Р.С. Безпека життєдіяльності людини: Навчальний посібник / Р.С. Яким. – Львів: „Бескид Біт”, 2005. – 304 с.
13. Ратушняк Г. С., Лялюк О. Г. Засоби очищення газових викидів. Навчальний посібник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 207 с.
14. Шушляков О. В. Підвищення ефективності сухої очистки газів за допомогою інерційних апаратів. Автореф. дисерт. на здобуття наукового ступеня докт.техн. наук. – Харків: ХАТУБА, 2004. – 37 с.
15. Ратушняк Г. С., Лялюк О. Г. Технічні засоби очищення газових викидів. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 158 с.
16. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Технологічне обладнання галузі» для студентів, напряму підготовки 6.050502, 6.051701 денної та заочної форм навчання. / Укладачі: В.М.Петров, Л.С.Солдатенко. За ред. О.І. Гапонюка. Одеса: ОНАХТ, 2014, 34 с.
17. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу "Технологія зберігання та переробки сільськогосподарської продукції " 208 «Агроніженерія», 133 «Галузеве машинобудування» (Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва) // Укл. Богатирьов Д.В., Осипов І.М., Амосов В.В., Лещенко С.М, Онопа В.А. – Кропивницький: ЦНТУ. – 52 с.
18. Шмат К.І., Диневич Г.Ю., Карманов В.В. Технологія і обладнання для зберігання і переробки сільськогосподарської продукції. Навчальний посібник. – Херсон, ХНТУ, 2004. – 400 с.
19. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу " Обладнання малих переробних і харчових виробництв " // Богатирьов Д.В., Осипов І.М., Амосов В.В., Кислун О.А., Онопа В.А, Анісімов О.В., Скриннік І.О. – Кіровоград:КНТУ, 2012. – 40 с.
20. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник / В.Ц. Жидецький – Львів: Афіша, 2002.– 320с.

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

21. Гранкіна В. В. Конспект лекцій з дисципліни «Вентиляція» (для студентів 4 курсу заочної форми навчання напряму 0921 (6.060101) “Будівництво”, спеціальності “Теплогазопостачання і вентиляція” та слухачів другої вищої освіти) / В. В. Гранкіна; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 123 с.

22. Зінич. П.Л. Вентиляція громадських будівель. Навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2002. – 256 с.

23. Киркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Расчет и проектирование деталей машин. – Харьков.: Основа 1991. – 275с

24. Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя. В 3-х томах. Т.1 – М. Машиностроение.

25. Андрійчук В. Г. Економіка підприємств агропромислового комплексу : підручник / В. Г. Андрійчук. – К. : КНЕУ, 2013. – 779 с.

26. Ільчук М.М., Зрібняк Л.Я., Мельник С.І. Організація і планування сільськогосподарського виробництва: Підручник - К.: Вища освіта, 2013. – 535с.

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

# ДОДАТКИ

|     |      |          |        |      |              |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------|------|
|     |      |          |        |      | ОМ 00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |              |      |

### Визначення показника техніко-економічного рівня модернізованої машини

Визначаємо коефіцієнт уніфікації

$$K_d = \frac{D_3 - D_{op}}{D_3}$$

де  $D_3$  – загальна кількість найменувань деталей у машині за винятком метизів;

$D_{op}$  – кількість найменувань оригінальних деталей.

$$K_{ум} = \frac{254 - 87}{254} = 0,66$$

$$K_{уб} = \frac{250 - 76}{250} = 0,69$$

Відносний показник рівня уніфікації конструкції

$$V_{ку} = K_{ум} / K_{уб} = 0,66 / 0,69 = 0,96$$

Коефіцієнт стандартизації продукції

$$K_{ст} = D_{ст} / D_3;$$

де  $D_{ст}$  – кількість найменувань стандартних деталей в машині

$$K_{стб} = 127 / 254 = 0,5$$

$$K_{стм} = 134 / 250 = 0,54$$

Відносний показний рівня стандартизації конструкції

$$V_{ст} = K_{стм} / K_{стб} = 0,54 / 0,5 = 1,08$$

Коефіцієнт конструктивної повторюваності

$$K_{кп} = H_3 / D_3$$

де  $H_3$  – загальна кількість деталей в машині,

$$K_{кпб} = 1030 / 254 = 4,06$$

$$K_{кпм} = 987 / 250 = 3,95$$

Відносний показник рівня конструктивної повторюваності:

$$V_{нп} = K_{кпм} / K_{кпб} = 3,95 / 4,06 = 0,97$$

Собівартість модернізованої машини

$$C_m = \frac{C_b - C_{пб}}{M_b - M_{пб}} \cdot (M_m - M_{пм}) + C_{пм},$$

де  $C_b$  – собівартість виготовлення базової машини;

Цпб та Цпм – ціна покупних виробів у собівартості базової модернізованої машини;

Мб та Мм – маса базової та модернізованої машини;

Мпб та Мпм – маса покупних виробів базової та модернізованої машини;

$$C_m = \frac{76600 - 22400}{300 - 124} \cdot (278 - 117) + 21380 = 70952 \text{ грн.}$$

Продуктивність машини за 1 годину експлуатаційного та змінного часу:

$$Пек = По \cdot Кек$$

$$Пзм = По \cdot Кер$$

де По – продуктивність машини за 1 годину основного часу,

Коефіцієнт використання робочого та експлуатаційного часу зміни для модернізованої машини

$$K_{врм} = \frac{8,0 + \frac{20}{60}}{10} = 0,83$$

$$K_{скм} = \frac{7,2 + \frac{20}{60}}{10} = 0,75$$

Продуктивність машини за 1 годину робочого та експлуатаційного часу

$$Пек.б = 1 \cdot 0,72 = 0,72 \text{ т/г}$$

$$Пек.м = 1 \cdot 0,75 = 0,75 \text{ т/г}$$

$$Пзм.б = 1 \cdot 0,8 = 0,8 \text{ т/г}$$

$$Пзм.м = 1 \cdot 0,83 = 0,83 \text{ т/г}$$

Питома собівартість машини

$$Cп = C / Пек$$

де С – собівартість машини.

$$Cпб = 76600 / 0,72 = 106389 \text{ грн/т/г}$$

$$Cпм = 70952 / 0,75 = 94603 \text{ грн/т/г}$$

Відносний показник рівня питомої собівартості

$$Всп = Cпб / Cпм = 106389 / 94603 = 1,12$$

Питома матеріаломісткість машини

$$M_{п} = M / P_{ек};$$

де  $M$  – маса “сухої”, тобто незавантаженої машини;

$$M_{пб} = 300 / 0,72 = 416 \text{ гн/т/г} \quad M_{пм} = 278 / 0,75 = 371 \text{ кг/т/г}$$

Відносний показник рівня питомої матеріалоемкості:

$$В_{мп} = M_{пб} / M_{пм} = 416 / 371 = 1,12$$

Узагальнений показник техніко-економічного рівня модернізованої машини

$$y_{тр} = \sum_i^m a_i \cdot \beta_{gi}$$

де  $\beta_{gi}$  – величина  $i$ -го відносного показника техніко-економічного рівня;

$M$  – кількість відносних показників, що прийняті до розрахунків;

$a_i$  – коефіцієнт вагомості  $i$ -го відносного показника техніко-економічного рівня;

$$y_{тр} = 0,96 \cdot 0,1 + 1,08 \cdot 0,05 + 0,97 \cdot 0,05 + 1,12 \cdot 0,45 + 1,12 \cdot 0,35 = 1,1$$

Якщо величина узагальненого показника більше одиниці, то це свідчить про те, що внесені конструктивні зміни підвищують техніко-економічний рівень базової машини та її конкурентоспроможність.

### **Визначення економічної ефективності модернізованої машини.**

Визначення витрат на проектування та освоєння виробництва модернізованої машини:

$$В_{п} = N_{ф} \cdot T_{кон} \cdot Z_{сг} \cdot (1 + \beta / 100) \cdot (1 + П_{св} / 100)$$

де  $N_{ф}$  – кількість найменувань оригінальних деталей, які розроблюються в процесі модернізації.

Так сумарна трудомісткість розробки конструкторської документації, яка припадає на одне найменування оригінальної деталі (90-140 годин);

$Z_{сг}$  – середньогодинна заробітна плата конструкторів;

$В_{с}$  – відрахування на соціальне страхування та в спеціальні фонди;

Псв – процент посередніх витрат (200-300%).

$$Вп=11 \cdot 100 \cdot 16,6 \cdot (1+38/100) \cdot (1+200/100)=75596 \text{ грн}$$

Витрати на розробку технології виготовлення модернізованої машини:

$$Вт=Нор \cdot Тт \cdot Зсг \cdot (1 \cdot Вс/100) \cdot (1+Псв/100),$$

де  $T_t$  – сумарна трудомісткість розробки технологічної документації, яка припадає на одне найменування оригінальної деталі (60-80 год),

$$Вт=11 \cdot 60 \cdot 16,6 \cdot (1+38/100) \cdot (1+200/100)=45358 \text{ грн.}$$

Витрати на виготовлення технологічного оснащення, необхідного для виробництва модернізованої машини.

$$Восн=Нор \cdot \sum_{i=1}^k K_{гго}(i) \cdot K_{ксм}(i) \cdot Цоб(i),$$

де  $k$  – кількість груп оснащення;

$K_{тос}(i)$  – коефіцієнт технологічного оснащення, по  $i$ -й групі оснащення;

$K_{ксм}(i)$  – кількість комплектів  $i$ -ої групи оснащення;

$Цос(i)$  – ціна одиниці оснащення  $i$ -ої групи

$$Восн=27 \cdot (0,35 \cdot 2 \cdot 3800 + 0,62 \cdot 2 \cdot 3500 + 0,8 \cdot 3 \cdot 90 + 0,1 \cdot 3 \cdot 35)=79492 \text{ грн}$$

Витрати на виготовлення дослідного зразка

$$уз=(1,2 \div 1,3) \cdot C_m=1,2 \cdot 70952=85142 \text{ грн}$$

Витрати на виготовлення дослідної партії

$$Вдп=(1,1-1,2) \cdot C_m \cdot Нм=1,2 \cdot 70952 \cdot 2=170284 \text{ грн}$$

де  $Нм$  – кількість машин у дослідній партії (2-8 шт).

Інші витрати на проектування та освоєння виробництва модернізованої машини:

$$Інв=K_{ін}/100 \cdot \sum_{i=1}^5 \beta(i)$$

де Кін-% на інші витрати на освоєння виробництва до суми п'яти попередніх статей витрат (15-20%).

$$I_{\text{нв}} = 15/100 (75596 + 45358 + 79492 + 85142 + 170284) = 68381 \text{ грн}$$

Сума витрат на проектування та освоєння виробництва

$$V_{\text{осв}} = 75596 + 45358 + 79492 + 85142 + 170284 + 68381 = 524253 \text{ грн.}$$

Питомі витрати на проектування та освоєння виробництва модернізованої машини

$$V_{\text{пос}} = V_{\text{осв}} / N_{\text{св}}$$

де  $N_{\text{св}}$  – середньорічна програма випуску модернізованої машини

$$V_{\text{пос}} = 524253 / 400 = 1311 \text{ грн}$$

### **Обґрунтування оптової ціни модернізованого агрегату**

Оскільки  $C_{\text{м}} < C_{\text{б}}$  оптову ціну модернізованої прирівнюємо до оптової ціни базової машини.

Річний економічний ефект заводу виробника від впровадження модернізованої машини у виробництво:

$$E_{\text{рв}} = (C_{\text{опм}} - C_{\text{м}}) - (C_{\text{спб}} - C_{\text{б}}) - V_{\text{пос}} \cdot E_{\text{н}},$$

де  $E_{\text{н}}$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних витрат

$$E_{\text{рв}} = (96000 - 70952) - (96000 - 76600) - 1311 \cdot 0,16 = 5438 \text{ грн.}$$

### **Визначення річного економічного ефекту споживача модернізованої машини.**

Визначення експлуатаційних витрат, які припадають на одиницю виробленої продукції або роботи порівнювальних машин.

Заробітна плата обслуговуючого персоналу

$$Z_{\text{п}} = \frac{\sum_{i=1}^k R_{\text{сб}}(i) \cdot P_{\text{тв}}(i)}{P_{\text{з}}}$$

Де  $R_{\text{сб}}(i)$  – кількість робітників, виконуючих роботу  $i$ -го розряду;

$P_{ТВ}(i)$  – годинна тарифна ставка  $i$ -го розряду роботи;

$K$  – кількість розрядів робіт, які виконують робітники

$$З_{ПБ} = \frac{1 \cdot 122,7}{0,8} = 153,38 \text{ грн/т,}$$

$$З_{ПН} = \frac{1 \cdot 122,7}{0,83} = 147,83 \text{ грн/т}$$

Витрати на амортизацію та ремонт машини

$$В_{ам} = K_{п} \cdot Ц_{оп} \cdot (Н_{а} + Н_{р}) / (100 \cdot П_{ек} \cdot Р_{з})$$

де  $K_{п}$  – коефіцієнт переводу оптових цін у балансову вартість (1,3-1,5);

$Н_{а}$ ,  $Н_{р}$  – норма щорічних амортизаційних відрахувань на реновацію машини, та на ремонт;

$Р_{з}$  – коефіцієнт, який враховує виплати податку;

$$В_{ам\text{рем.б}} = \frac{1,3 \cdot 96000 \cdot (15 + 8,5)}{100 \cdot 0,72 \cdot 210} = 194 \text{ грн/т}$$

$$В_{ам\text{рем.м}} = \frac{1,3 \cdot 96000 \cdot (15 + 8,5)}{100 \cdot 0,75 \cdot 210} = 186,2 \text{ грн/т}$$

Витрати на електроенергію

$$В_{п} = \frac{В_{пд} \cdot Ц_{е}}{П_{зм} \cdot K_{кд} \cdot K_{км}}$$

де  $В_{пд}$  – встановлена потужність електродвигунів, кВт;

$Ц_{е}$  – ціна 1 кВт-год електроенергії, грн;

$K_{кд}$  та  $K_{км}$  – коефіцієнт використання дії електродвигунів (0,85) та мережі (0,96-0,98)

$$В_{пб} = \frac{3 \cdot 4,5}{0,8 \cdot 0,85 \cdot 0,96} = 20,7 \text{ грн/т}$$

$$В_{пм} = \frac{2,56 \cdot 4,5}{0,83 \cdot 0,85 \cdot 0,96} = 17 \text{ грн/т}$$

Витрати на збереження

$$B_3 = \frac{\sum H_{3(i)}}{Пек}$$

де  $H_3$  – норматив витрат, які припадають на 1 годину збереження

$$B_{3б} = \frac{0,6}{0,72} = 0,83 \text{ грн/т}$$

$$B_{3м} = \frac{0,6}{0,75} = 0,8 \text{ грн/т}$$

Визначення суми експлуатаційних витрат, які припадають на роботи порівнювальних машин

$$E_{вб}^п = 153,38 + 194 + 20,7 + 0,83 = 368,91 \text{ грн/т}$$

$$E_{вм} = 147,83 + 186,2 + 17,0 + 0,8 = 351,83 \text{ грн/т}$$

Визначаються питомі капітальні витрати на одиницю виробленої продукції або роботи при зрівнюванні машини:

$$Пкв = (1/Пек) \cdot (B_{вм}/P_{зм})$$

де  $B_{ам}$ ,  $B_{вт}$  – балансова вартість машини;

$R_{ам}$ ,  $R_{зт}$  – нормативне річне завантаження машини.

$$Пкв_б = \frac{1}{0,72} \cdot \left( \frac{1,3 \cdot 96000}{210} \right) = 825,4 \text{ грн/т}$$

$$Пкв_м = \frac{1}{0,75} \cdot \left( \frac{1,3 \cdot 96000}{210} \right) = 792,4 \text{ грн/т}$$

Річний економічний ефект споживача модернізованої машини.

$$E_{р.сп} = [(368,91 + 0,16 \cdot 825,4) - (351,83 + 0,16 \cdot 792,4)] \cdot 0,75 \cdot 210 = 3521,7 \text{ грн.}$$

| Перв. примен. |  | Формат | Зона | Поз. | Обозначение   | Наименование              | Кол. | Примечание |
|---------------|--|--------|------|------|---------------|---------------------------|------|------------|
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               | Документація              |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  | A1     |      |      | ОМ 00. 012 СБ | Складальне креслення      | 1    |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               | Деталі                    |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      | 1    | ОМ 00. 101    | Завантажувальна горловина | 1    |            |
|               |  |        |      | 2    | ОМ 00. 102    | Корпус                    | 1    |            |
|               |  | A3     |      | 5    | ОМ 00. 605    | Вал                       | 1    |            |
|               |  |        |      | 6    | ОМ 00. 606    | Втулка                    | 1    |            |
|               |  |        |      | 7    | ОМ 00. 107    | Манжета                   | 1    |            |
|               |  |        |      | 9    | ОМ 00. 109    | Кришка                    | 1    |            |
|               |  |        |      | 10   | ОМ 00. 110    | Маточина                  | 1    |            |
|               |  |        |      | 16   | ОМ 00. 116    | Корпус                    | 1    |            |
|               |  |        |      | 18   | ОМ 00. 118    | Кришка                    | 1    |            |
|               |  |        |      | 20   | ОМ 00. 622    | Втулка                    | 1    |            |
|               |  |        |      | 22   | ОМ 00. 124    | Заслінка                  | 1    |            |
|               |  | A3     |      | 25   | ОМ 00. 527    | Бич                       | 18   |            |
|               |  | A3     |      | 26   | ОМ 00. 128    | Маточина                  | 9    |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               | Стандартні вироби         |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               | Болти ГОСТ 7789-70        |      |            |
|               |  |        |      | 23   |               | M6-6gx15                  | 72   |            |
|               |  |        |      | 3    |               | M8-6gx30                  | 8    |            |
|               |  |        |      | 11   |               | M10-6gx30                 | 4    |            |
|               |  |        |      | 14   |               | M12-6gx30                 | 4    |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |
|               |  |        |      |      |               |                           |      |            |

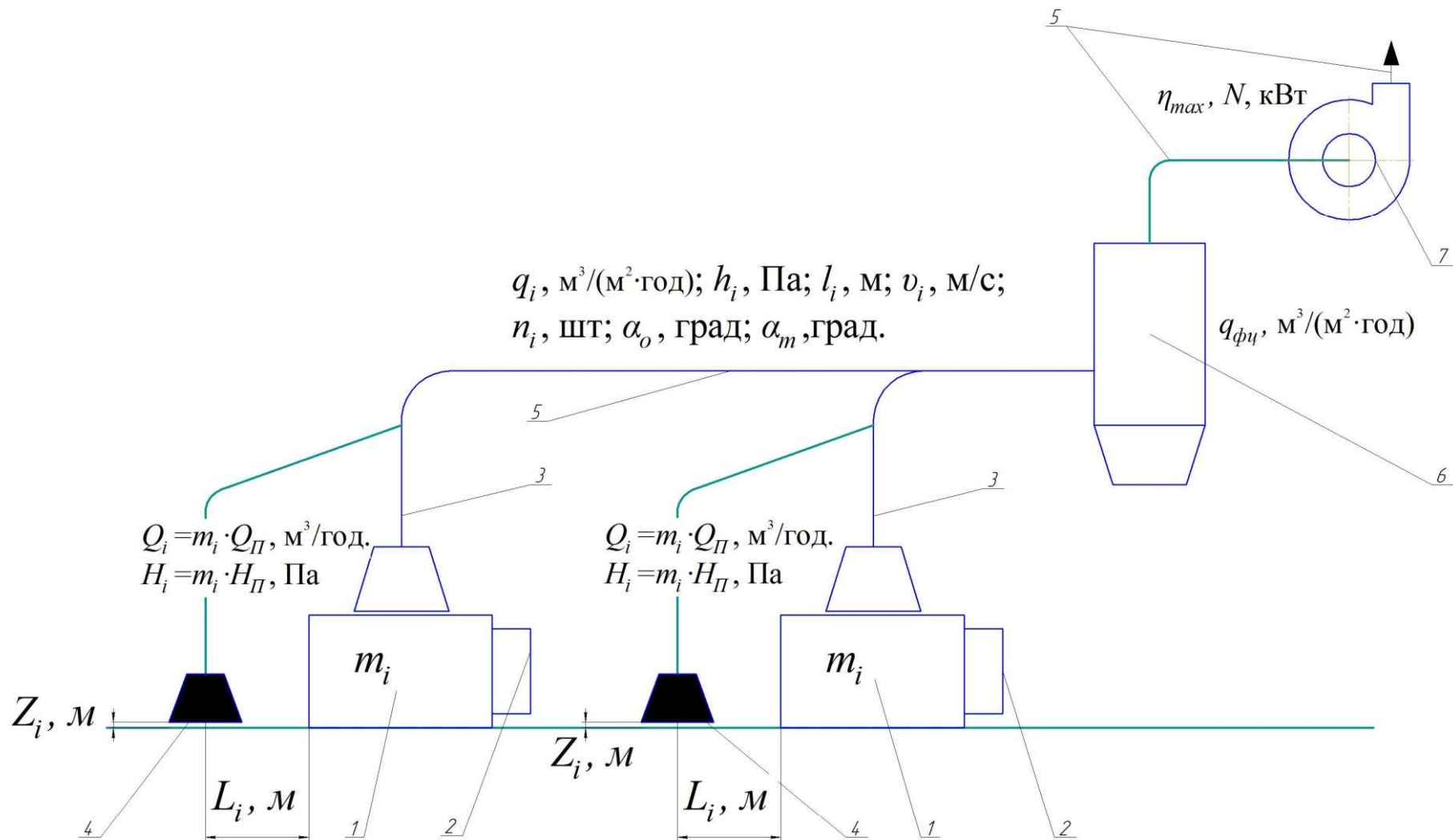


**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**за другим (магістерським) рівнем вищої освіти**  
**на тему:**

**«Обґрунтування параметрів оббивальної**  
**машини з дослідженням системи**  
**знепилювання робочої зони»»**

Виконав здобувач вищої освіти  
групи ГМ(СМ)-20М-1,9  
Брайченко Андрій Олександрович

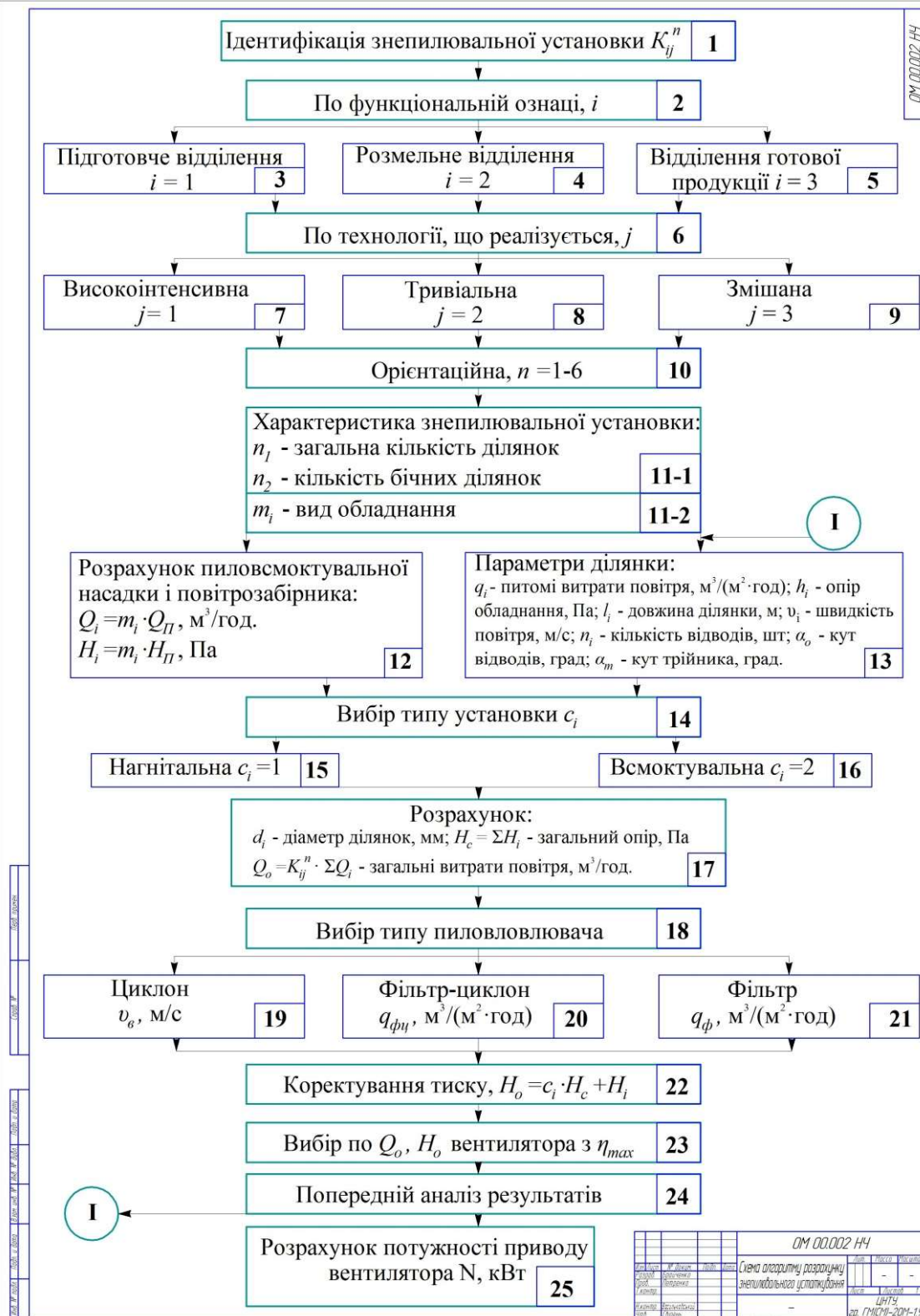
Керівник проекту  
Дмитро ПЕТРЕНКО



1. Технологічне обладнання;
2. Привод;
3. Пилососні насадки;
4. Повітрязадірники;

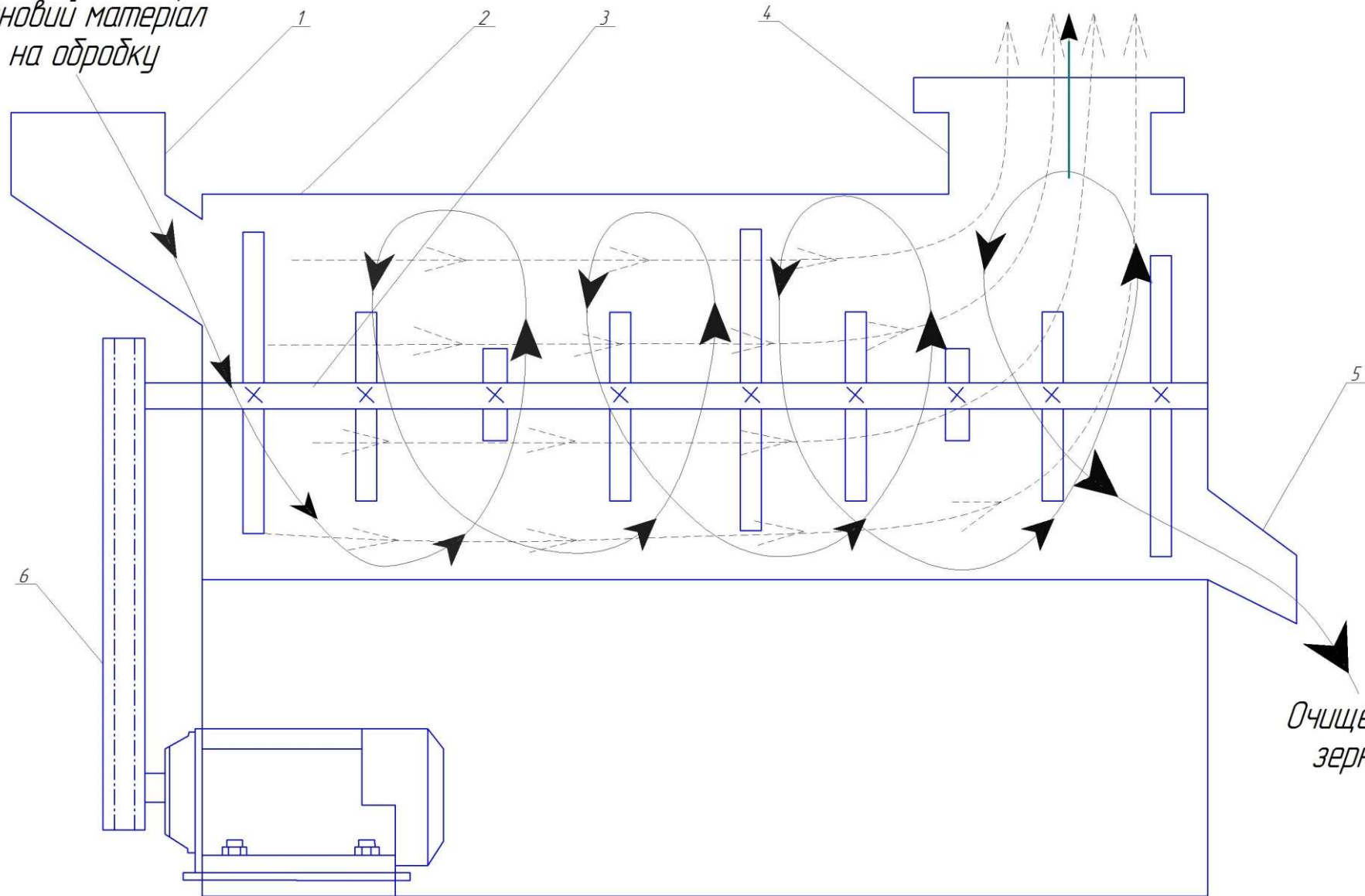
5. Магістральний повітропровід;
6. Пилловловлювач;
7. Вентилятор.

|                                |         |      |         |
|--------------------------------|---------|------|---------|
| 01 00.001 НЧ                   |         |      |         |
| Лист                           | М. дата | Лист | М. дата |
| Вироб.                         | Вироб.  | Лист | М. дата |
| Проб.                          | Проб.   | Лист | М. дата |
| Контр.                         | Контр.  | Лист | М. дата |
| Контр.                         | Контр.  | Лист | М. дата |
| Контр.                         | Контр.  | Лист | М. дата |
| Схема знепилювальної установки |         |      |         |
| -                              |         |      |         |
| ЦНТУ                           |         |      |         |
| ар. ГМІСМ-20М-19               |         |      |         |
| Копіювати                      |         |      |         |



До повітряної системи

Зерновий матеріал  
на обробку



Очищене  
зерно

➔ Зерно

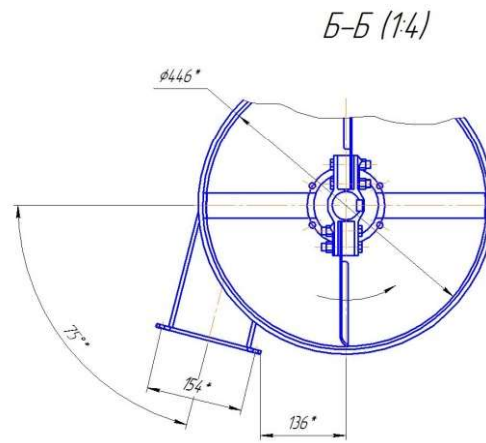
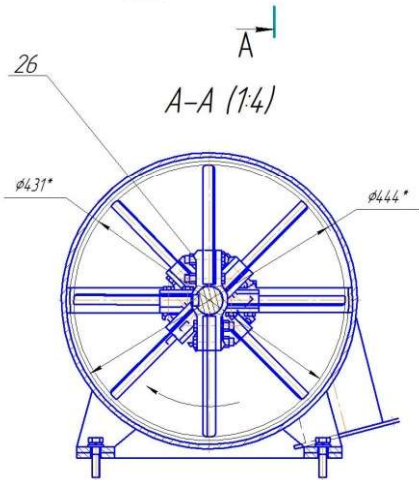
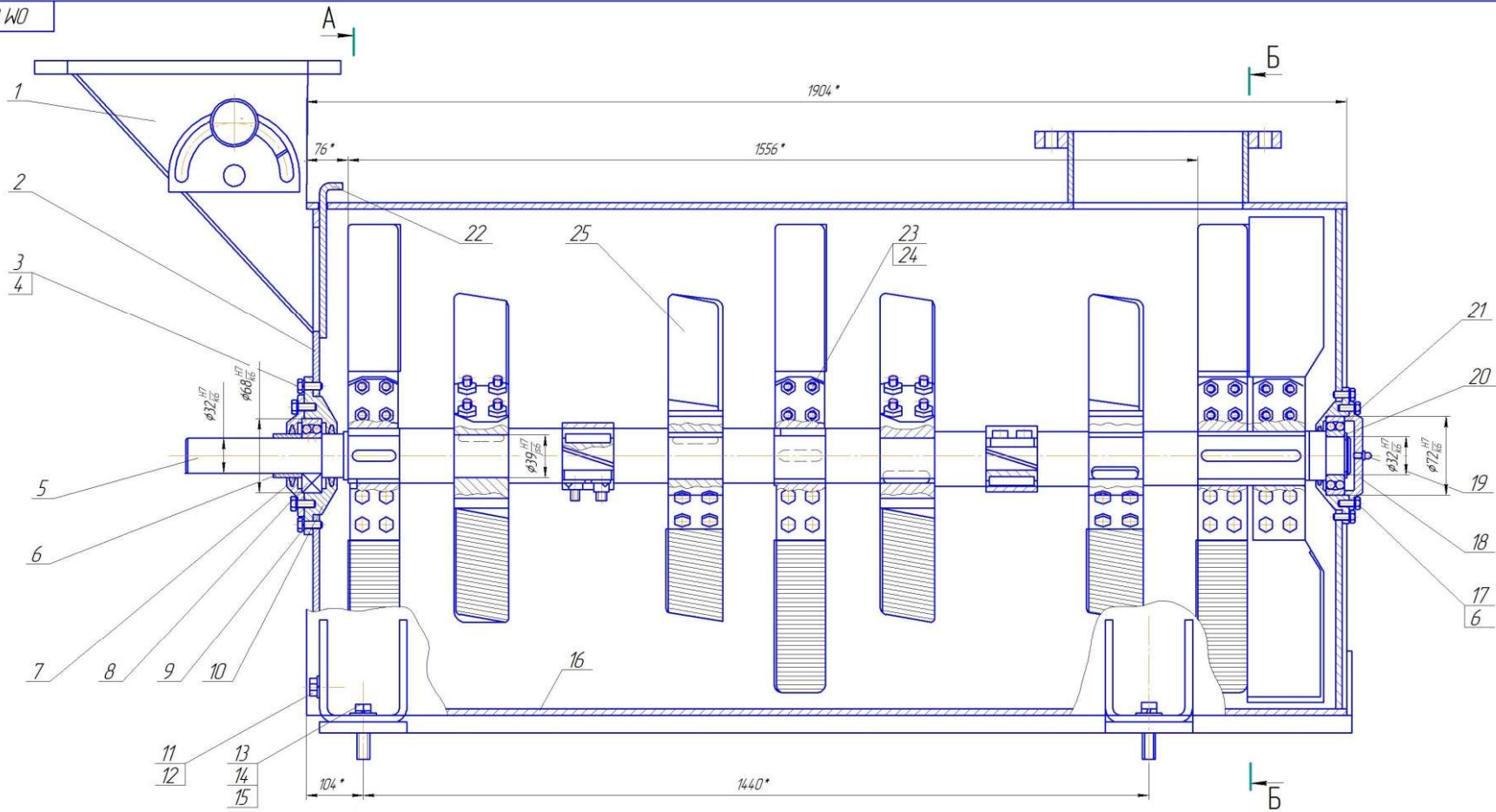
--- Легкі домішки, пил, дріб

1. Бункер;  
2. Корпус;

3. Обдиральний ротор; 6. Привод.

4. Приєднувальне вікно;  
5. Вивантажувальне вікно;

|                                    |          |         |  |
|------------------------------------|----------|---------|--|
| 0M 00.000 C1                       |          |         |  |
| Лист                               | Маска    | Укритий |  |
| Модель                             | Виробник | Модель  |  |
| Прод.                              | Виробник | Модель  |  |
| Контр.                             | Виробник | Модель  |  |
| Модель                             | Виробник | Модель  |  |
| Модель                             | Виробник | Модель  |  |
| Схема обдиральної машини Р6-БГО-6М |          |         |  |
| -                                  |          |         |  |
| ар. ГМІСМ-20М-19                   |          |         |  |
| Копіювати                          |          |         |  |

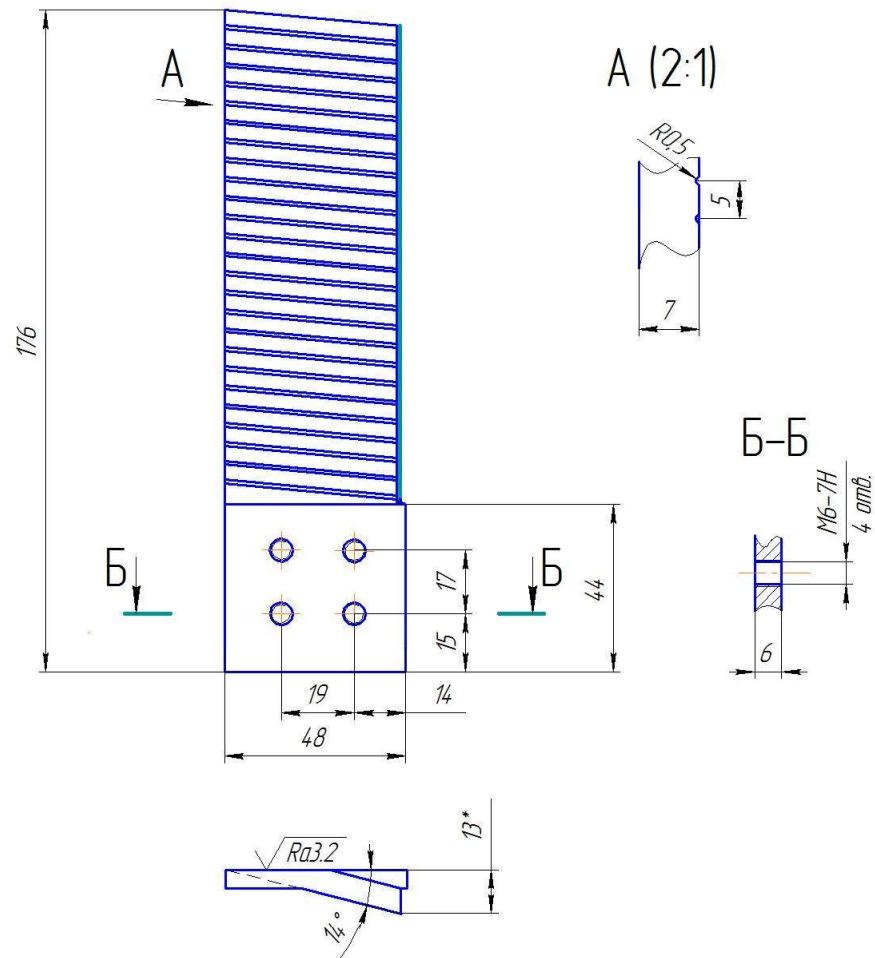


1. \*Разміри для відвідок.
2. Після збирання вал барабану повинен обертатись вільно.

|                      |  |  |  |                   |  |  |
|----------------------|--|--|--|-------------------|--|--|
| ОМ 00.012 СБ         |  |  |  | Лист 126          |  |  |
| Барабан відвідальний |  |  |  | Лист 12           |  |  |
| ЦНТУ                 |  |  |  | Зар. ГМІСМ-20М-19 |  |  |
| Копіювати            |  |  |  | Формат А1         |  |  |

Формат А3

|               |              |               |              |         |               |
|---------------|--------------|---------------|--------------|---------|---------------|
| Інв. № аркуша | Взам. инв. № | Інв. № аркуша | Підп. і дата | Стор. № | Перв. примен. |
|               |              |               |              |         |               |



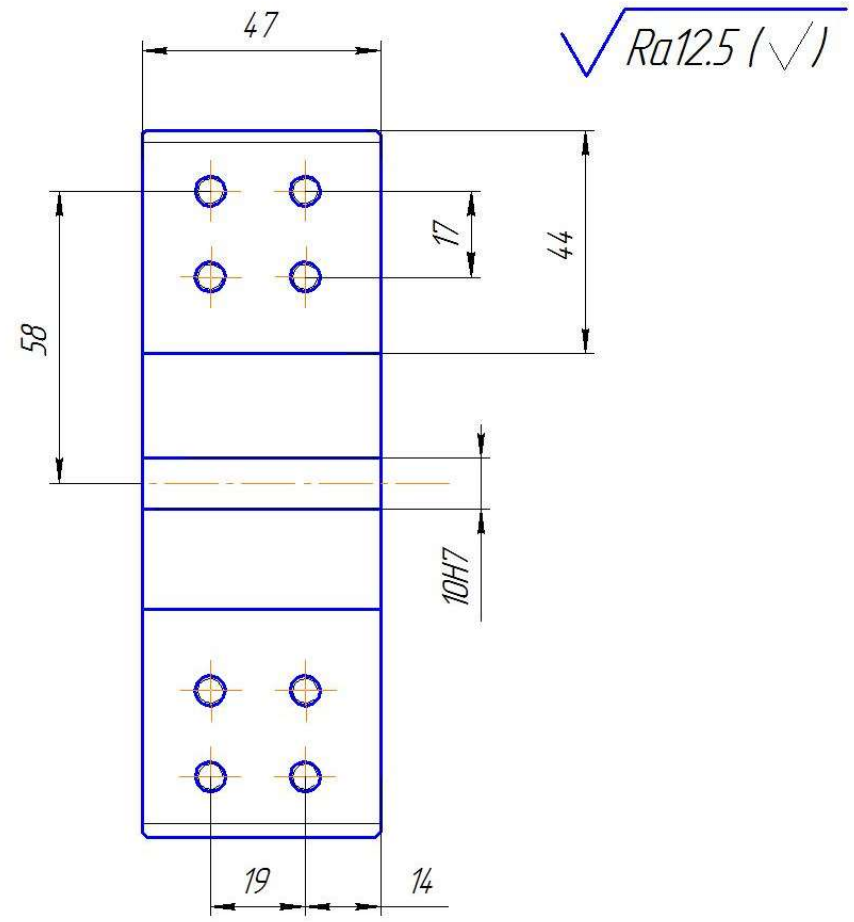
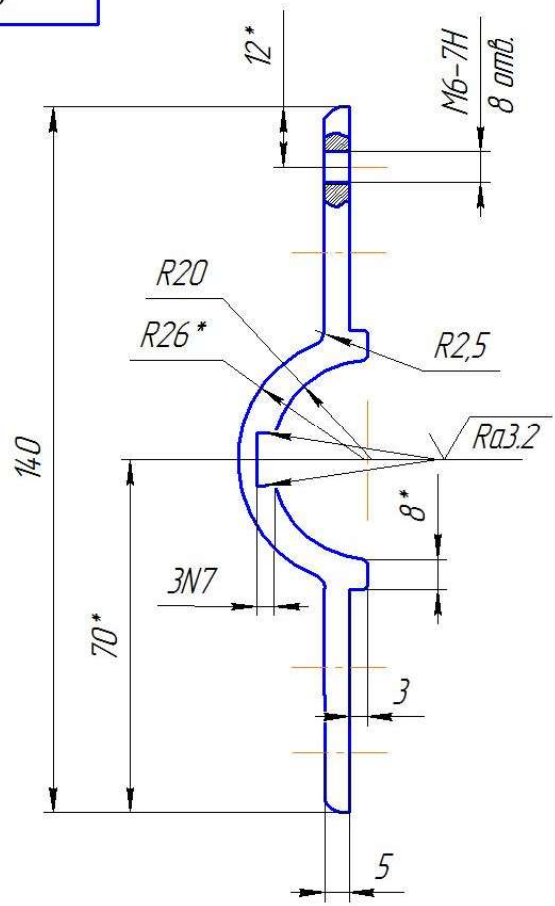
- 1 Неказані граничні відхилення розмірів: Н14, h14, ± IT14/2.  
 2 \*Розмір для довідок.  
 3 Неказані радіуси закруглень R=0,5 мм.

|               |                |       |      |               |                |       |      |               |                |       |      |
|---------------|----------------|-------|------|---------------|----------------|-------|------|---------------|----------------|-------|------|
| Інв. № аркуша |                |       |      | Інв. № аркуша |                |       |      | Інв. № аркуша |                |       |      |
| Лист          | № док.         | Підп. | Дата | Лист          | № док.         | Підп. | Дата | Лист          | № док.         | Підп. | Дата |
| Разр.         | Брауценко      |       |      | Разр.         | Брауценко      |       |      | Разр.         | Брауценко      |       |      |
| Проб.         | Петренко       |       |      | Проб.         | Петренко       |       |      | Проб.         | Петренко       |       |      |
| І.контр.      |                |       |      | І.контр.      |                |       |      | І.контр.      |                |       |      |
| Н.контр.      | Васильківський |       |      | Н.контр.      | Васильківський |       |      | Н.контр.      | Васильківський |       |      |
| Утв.          | Сидоренко      |       |      | Утв.          | Сидоренко      |       |      | Утв.          | Сидоренко      |       |      |

|               |                |       |      |               |                |       |      |               |                |       |      |
|---------------|----------------|-------|------|---------------|----------------|-------|------|---------------|----------------|-------|------|
| Інв. № аркуша |                |       |      | Інв. № аркуша |                |       |      | Інв. № аркуша |                |       |      |
| Лист          | № док.         | Підп. | Дата | Лист          | № док.         | Підп. | Дата | Лист          | № док.         | Підп. | Дата |
| Разр.         | Брауценко      |       |      | Разр.         | Брауценко      |       |      | Разр.         | Брауценко      |       |      |
| Проб.         | Петренко       |       |      | Проб.         | Петренко       |       |      | Проб.         | Петренко       |       |      |
| І.контр.      |                |       |      | І.контр.      |                |       |      | І.контр.      |                |       |      |
| Н.контр.      | Васильківський |       |      | Н.контр.      | Васильківський |       |      | Н.контр.      | Васильківський |       |      |
| Утв.          | Сидоренко      |       |      | Утв.          | Сидоренко      |       |      | Утв.          | Сидоренко      |       |      |

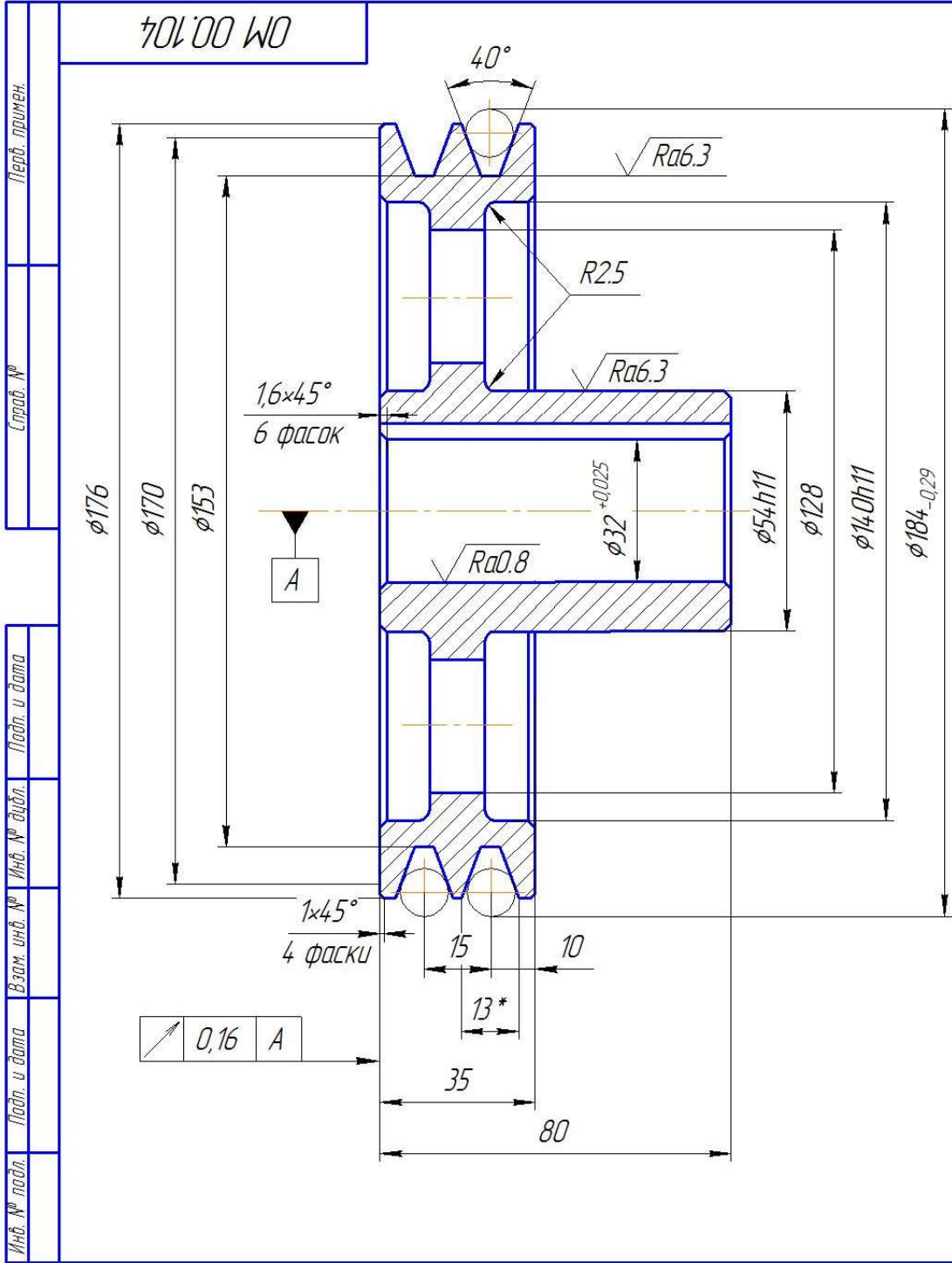
|               |        |              |              |              |              |              |
|---------------|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Перв. примен. | Стр. № | Подп. и дата | Инв. № докл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № посл. |
|               |        |              |              |              |              |              |

00.128 OM



- \* Розмір для довідок
- Невказані граничні розміри: отворів - H14, валів - h4, інших -  $\frac{IT14}{2}$
- Невказані радіуси закруглень до 1,6 мм

|                           |                |        |       |      |           |
|---------------------------|----------------|--------|-------|------|-----------|
| 00.128 OM                 |                |        |       |      |           |
| Изм.                      | Лист           | № док. | Подп. | Дата |           |
| Разраб.                   | Брайченко      |        |       |      |           |
| Проб.                     | Петренко       |        |       |      |           |
| Т. контр.                 |                |        |       |      |           |
| Н. контр.                 | Васильковський |        |       |      |           |
| Утв.                      | Свіреня        |        |       |      |           |
| Маточина                  |                |        |       |      | Лит. 3,2  |
| Штаба 50x8 ДСТУ 4747:2007 |                |        |       |      | Лист 1    |
| Ст.3 ГОСТ 535 - 78        |                |        |       |      | Листов 1  |
| Копіював                  |                |        |       |      | Формат А3 |



Інв. №  
 Підп. і дата  
 Взам. інв. №  
 Інв. № дубл.  
 Підп. і дата  
 Стр. №  
 Перв. примен.

701.00 WO

$\sqrt{Ra12.5 (\sqrt{1})}$

1. \*Размір для довідок

2. Невказані граничні розміри: отворів - H14, валів - h14, інших -  $\frac{IT14}{2}$

3. Невказані радіуси закруглень до R1

|             |                |       |      |                                                            |        |         |
|-------------|----------------|-------|------|------------------------------------------------------------|--------|---------|
|             |                |       |      | OM 00.104                                                  |        |         |
| Изм. / лист | № док-м.       | Подп. | Дата | <div style="font-size: 2em; font-weight: bold;">Шків</div> |        |         |
| Разраб.     | Брайченко      |       |      |                                                            |        |         |
| Проб.       | Петренко       |       |      |                                                            |        |         |
| Т. контр.   |                |       |      |                                                            |        |         |
| Н. контр.   | Васильковський |       |      | СЧ 15 ГОСТ 14 12-85                                        |        |         |
| Утв.        | Свіреня        |       |      |                                                            |        |         |
|             |                |       |      | Лист                                                       | Масса  | Масштаб |
|             |                |       |      | 1                                                          | 3,4    | 1:1     |
|             |                |       |      | Лист                                                       | Листов | 1       |
|             |                |       |      | ЦНТУ,<br>зр. ГМ(СМ)-20М-1,9                                |        |         |
|             |                |       |      | Формат А3                                                  |        |         |