

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДОЗАТОРА ДЛЯ ГІДРОПНЕВМАТИЧНОГО ВИСІВНОГО АПАРАТА

Улексін В.О., к.т.н., доцент; Бойко В.Б., ст. викладач

Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет

Приведені результати теоретичних досліджень та практичних робіт по створенню дозатора для однонасінневого висіву насіння за допомогою гідропневматичного висівного апарата.

Актуальність проблеми. Дослідження лабораторної установки гідропневматичного висівного апарата показали, що апарат забезпечує точний висів за командами датчика положення, але подача насіння може здійснюватися лише групами по 1...4 насінини у одну лунку. Це спричиняє неефективне використання дорогого насіння та викликає потребу у наступному проріджуванні сходів. Зміною конструктивних розмірів та режимів роботи не вдається досягти стабільного однонасінневого висіву і виникає необхідність у застосуванні спеціального дозатора – пристрою для поштучного відбору насіння з насінневої ємності і подачу його в зону висіву [1, 2].

Аналіз останніх публікацій. У відомих висівних апаратах відбір насіння для однонасінневого точного висіву здійснюється різноманітними механізмами, що потребує приводу, ускладнює будову та знижує надійність роботи. Будова гідропневматичного апарата з пневматичним вистрілюванням насіння та гідравлічним «зарядженням» ствола дозволяє вирішити проблему однонасінневого висіву без застосування спеціальних механізмів [3].

Мета роботи – теоретичне обґрунтування параметрів та створення макетного зразка дозатора для однонасінневого висіву насіння гідропневматичним висівним апаратом.

Виклад основного матеріалу. Принцип дії гідропневматичного висівного апарата опубліковано раніше [6]. Схема, яка ілюструє роботу дозатора для однонасінневого висіву насіння гідропневматичним висівним апаратом, представлена на рис. 1.

Дозатор включає забірну камеру 1, розташовану у нижній частині корпусу бака 3, до якої насіння поступає за рахунок сил гравітації (падінням). У нижній частині завірної камери встановлено циркуляційний відцентровий насос 9, який сполучено з об'ємом бака всмоктувальним каналом 8 з забірним фільтром 4, який запобігає захопленню насіння. Вихід циркуляційного насоса сполучено з найнижчою точкою завірної камери через спрямовуючу ґратку 11. У середній частині завірної камери виконано вихідний канал, сполучений з пульпопроводом 2. Напроти вихідного каналу розміщено трубчасту вставку-ежектор 10, яка сполучає об'єм завірної камери з всмоктувальним каналом 8. Співосно з вставкою 10 встановлено трубку подачі рідини 5, що сполучається з виходом електрогідравлічного клапана 7, через який здійснюється сполучення з

каналом 6 подачі робочої рідини під тиском з ємності (на рисунку не показана).

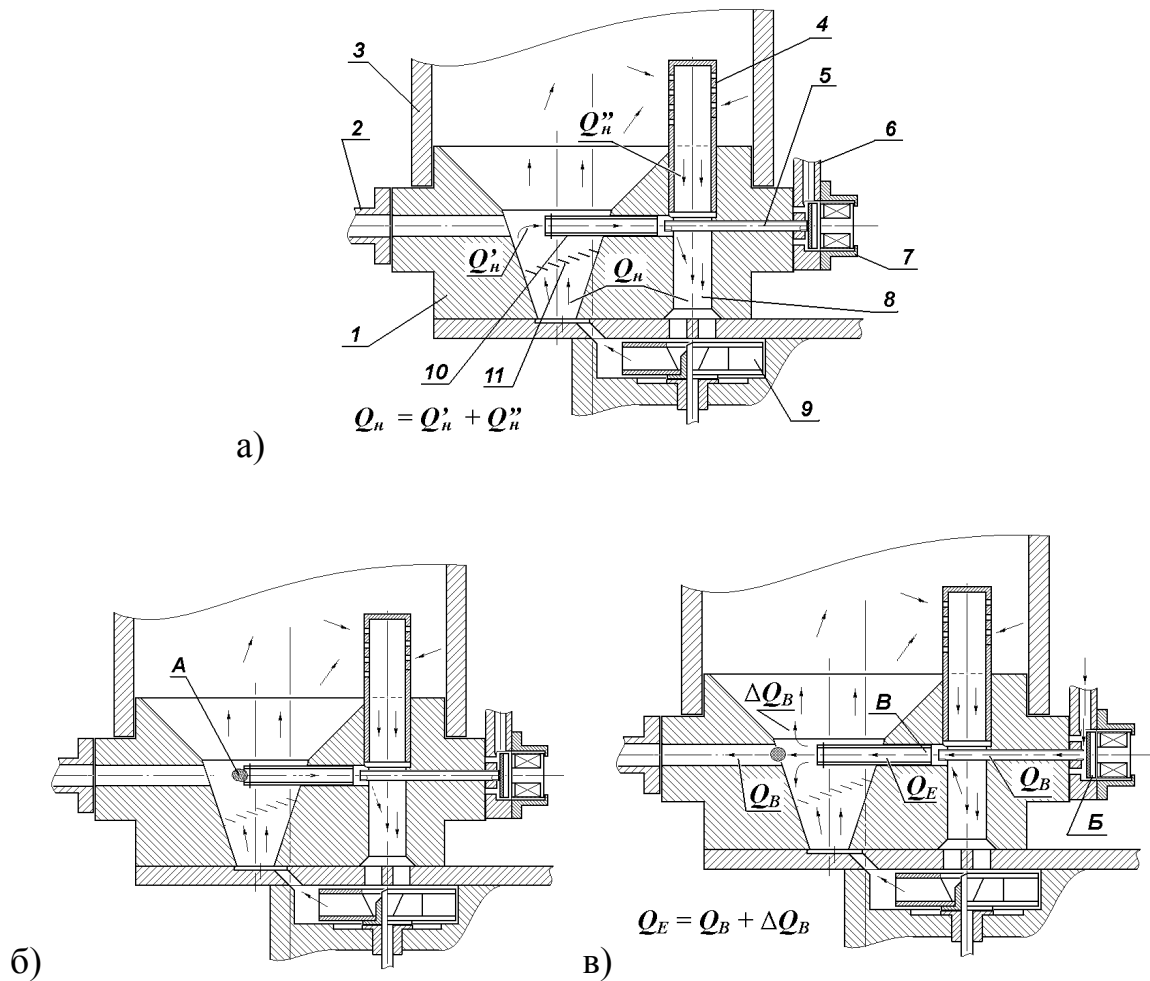


Рис. 1 – Схема дії дозатора для однонасінневого висіву:

a – створення циркуляції рідини; *б* – захоплення насінини; *в* – виштовхування насінини у пульпопровід

Дозатор працює наступним чином. При закритому клапані 7 (рис. 1*a*) насос 9 створює циркуляцію робочої рідини, яка всмоктується з бака 3 через фільтр 4 і подається в забірну камеру 1 з витратою Q_n . Через наявність гідравлічного опору фільтра 4 створюється течія рідини через вставку-ежектор 10 з витратою Q'_n , що зменшує витрату рідини через фільтр Q''_n згідно балансу витрат: $Q_n = Q'_n + Q''_n$.

Течія рідини через вставку-ежектор 10 призводить до захоплення насінини *A* (рис. 1*б*) і утримання її на кінці вставки-ежектора, діаметр якої менший габаритного розміру мінімального перерізу насінини.

Після відкриття електрогідравлічного клапана 7 через камеру *B* (рис. 1*в*) і трубку подачі 5 починає подаватися робоча рідина під тиском з витратою Q_B . Цей потік спрямований з камери всмоктування 8 у забірну камеру 1 і далі – у пульпопровід 2, що і забезпечує виштовхування насінини *A* до пульпопроводу. Розташування кінця трубки подачі 5 і початку *B* вставки-ежектора 10 з зазором викликає підсмоктування рідини з каналу 8 у вставку-

ежектор 10, і через вставку-ежектор рідина тече з витратою Q_E , яка перевищує подачу Q_B : $Q_E = Q_B + \Delta Q_B$.

За умови нерозривності потоку та герметичності бака 3, витрата рідини ΔQ_B «замикається» всередині бака, що запобігає «підсмоктуванню» насіння з забірної камери 1 у пульпопровід 2. Експериментальними випробуваннями ежектора встановлено, що величина цієї витрати при достатній швидкості течії досягає значення подачі рідини через трубку 5:

$$\Delta Q_B \approx Q_B.$$

Дослідження роботи ежектора проводилися за схемою, представленою на рисунку 2. Ежектор поміщався у мірну склянку 1 і на його вхід подавалася вода під тиском. Джерелом води був міський водогін, тиск на вході у трубку подачі 3 контролювався манометром, а регулювання тиску здійснювалось дроселюванням через витратний вентиль (на рисунку не показані). Витрата води через ежектор Q_B визначалася об'ємним способом, а саме шляхом вимірювання часу t_3 заповнення мірного об'єму V_M (рис.2б), коли рівень води підвищувався від нижньої до верхньої межі: $Q_B = V_M/t_3$.

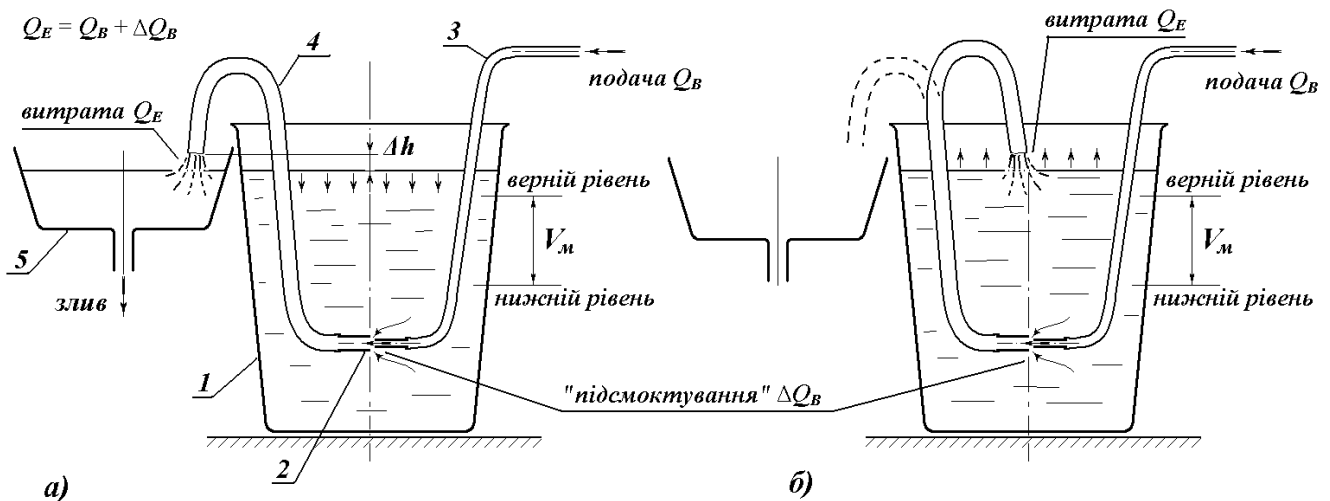


Рис. 2 – Схема дослідження ежектора:

а – злив (спорожнення); б – наповнення мензурки; 1 – мензурка; 2 – ежектор; 3 – трубка подачі; 4 – трубка зливу; 5 – зливна ємність

Витрата підсмоктування рідини ΔQ_B обчислювалась як різниця між витратами Q_E через трубку зливу 4 та витрату Q_B через трубку подачі 3: $\Delta Q_B = Q_E - Q_B$. При цьому витрата води через трубку зливу Q_E визначалася шляхом вимірювання часу t_c спорожнення мірного об'єму V_M (рис.2а), коли рівень води знижувався від верхнього до нижнього значення: $Q_E = V_M/t_c$. Для виключення появи ефекту сифона кінець трубки зливу не повинен знаходитися нижче рівня води у мензурці: $\Delta h \geq 0$.

Відношення витрат Q_E/Q_B дорівнює відношенню часу спорожнення до часу наповнення: $Q_E/Q_B = t_3/t_c$.

Вимірювання витрати через дослідний зразок ежектора діаметром 3,5 мм показало, що, при тиску рідини 0,15...0,25 МПа на вході в трубку подачі діаметром 1,7 мм, відношення Q_E/Q_B досягає значень 1,8...2,2.

Для подальших досліджень було виготовлено експериментальний зразок гідропневматичного висівного апарата з дозатором, випробування якого показали, що необхідна електрична потужність приводу циркуляційного насоса зменшується більше, ніж у два рази у порівнянні з варіантом без дозатора (1,5...2 Вт проти 5...8 Вт), а на стабільність пульпоутворення і роботи дозатора впливають в основному геометричні розміри та взаємне розташування каналів у забірній камері.

Для дослідження впливу форми забірної камери на процес утворення пульпи були проведені досліди, які мають наступне теоретичне обґрунтування.

Насіння в забірній камері висівного апарата повинно підніматися потоком робочої рідини, утворюючи пульпу з заданою концентрацією насіння. Процеси утворення пульпи з різноманітних за властивостями твердих частинок детально розглядаються у теорії гравітаційних методів збагачення корисних копалин [4, 5].

У висівному апараті забірна камера повинна мати форму, яка б сприяла захопленню насіння з бака. Розглянемо вплив форми забірної камери на розподіл швидкості течії робочої рідини (зріджуючого агента) по об'єму камери.

При ламінарному витoku ідеальної рідини зневажливо малої маси з отвору діаметром D у не обмежений стінками затоплений простір над дном бака, рідина повинна розповсюджуватися по сферичній поверхні (рис. 3). При відомій швидкості течії рідини V_0 через вхідний отвір, частинка рідини C , розташована на відстані R від центра отвору, повинна мати швидкість V , нормальну до сферичної поверхні, величиною

$$V = V_0 * (F_0 / F_c) = V_0 * (D/R)^2 / 8 \quad (1)$$

де $F_0 = \pi D^2 / 4$ – площа вхідного отвору;

$F_c = 2\pi R^2$ – площа сферичної поверхні рідини радіусом R .

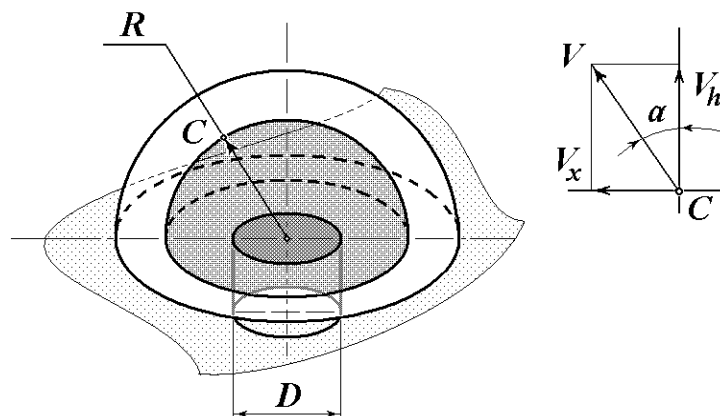


Рис. 3 – Схема ламінарного витoku рідини у затоплений простір через отвір діаметром D

У створенні підйомної сили, яка формує псевдозріджений шар, приймає участь лише вертикальна складова V_h швидкості V . Вертикальна складова V_h швидкості частинки C , розташованої на сферичній поверхні на висоті h над поверхнею дна, може бути знайдена як

$$V_h = V \cdot \cos \alpha = V \cdot (h/R).$$

З урахуванням (1) остаточно можна записати

$$V_h = V_0 \cdot (D^2 h / R^3) / 8.$$

Зважаючи, що у будь-якому випадку $h < R$, можна стверджувати, що зі збільшенням висоти h над дном бака вертикальна складова швидкості потоку рідини зменшується у порівнянні з початковою швидкістю V_0 , причому, максимальне її значення досягається на вертикалі над центром вхідного отвору ($h = R$) і зменшується пропорційно квадрату висоти h^2 . При відхиленні від осі вертикальна складова різко зменшується, практично пропорційно кубу висоти h^3 .

Розглянута форма поверхні витoku нехарактерна для неідеальної рідини. Відомо, що витік рідини у затоплений простір здійснюється у вигляді струменя, параметри якого залежать від в'язкості, початкової швидкості та густини рідини. Приблизний вигляд такого витoku зображено на рис. 4а.

Форма струменя на різних ділянках визначається взаємодією часток рідини, які знаходяться всередині струменя, з частками, розташованими по за межами струменя. На першій ділянці h_1 струмінь стискується і спостерігається «підсмоктування» з навколишнього простору рідини, частки якої захоплюються струменем і залучаються до течії. При цьому кінетична енергія струменя змінюється мало: спостерігається зменшення середньої швидкості часток при одночасному збільшенні їх кількості.

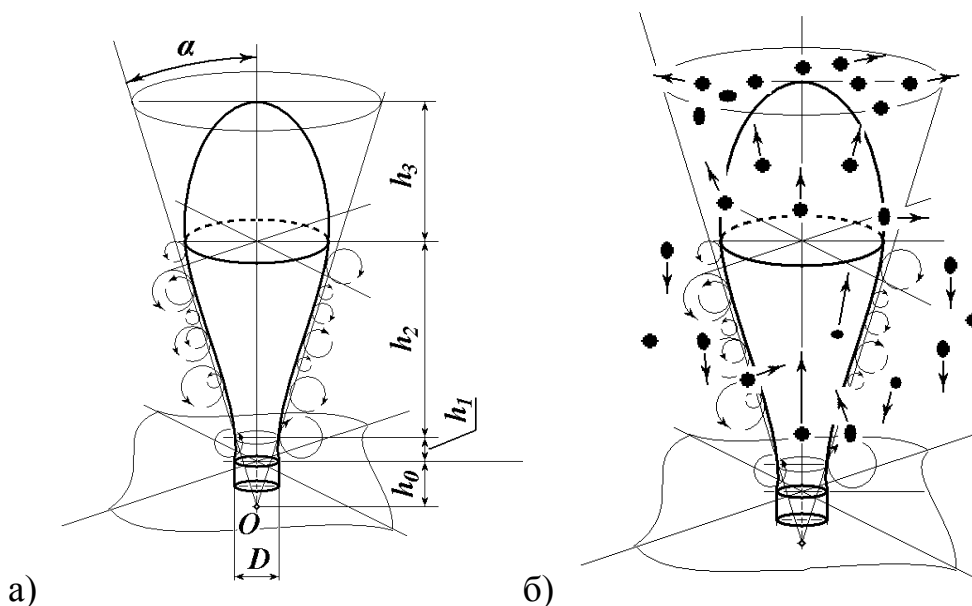


Рис. 4 – Схема витoku рідини у затоплений простір через отвір діаметром D (а) та руху частинок у зоні струменя (б)

На ділянці h_2 частинки рідини гальмуються, втрачають кінетичну енергію, спостерігається подальше «підсмоктування» рідини у струмінь, локальна витрата рідини у потоці збільшується а струмінь розширюється. На поверхні розділу струменя і навколишньої рідини має місце інтенсивне невпорядковане вихроутворення, на що витрачається кінетична енергія струменя. Поверхню струменя на цій ділянці можна розглядати як конічну, з кутом α нахилу твірної конуса до осі, причому вершина конічної поверхні O розташована нижче площини вхідного отвору на відстані h_0 .

На ділянці h_3 контури струменя «розмиваються», струмінь втрачає енергію, режим течії наближається до ламінарного, проте турбулентність не зникає.

Тверді частки (насіння), які знаходяться у рідині, під дією струменя та утворених вихорів здійснюють хаотичний рух (рис. 4б) з переважним переміщенням: безпосередньо у струмені – вгору під дією переважаючих сил гідродинамічного напору, по за межами струменя – рухаються вниз під дією переважаючих сил тяжіння. Це створює циркуляцію твердих часток між рівнями h_2 та h_3 . Концентрація твердих часток збільшується у межах струменя зі збільшенням висоти і за межами рівня h_3 досягає максимального значення при порозності 0,4 [4]. По за межами струменя концентрація твердих часток різко збільшується по мірі віддалення від межі струменя.

Таким чином, об'єм простору, де існує псевдозріджений стан, визначається об'ємом струменя, а концентрація твердих часток у об'ємі псевдозрідженого шару збільшується зі збільшенням висоти.

У експериментальному висівному апараті забірна камера виконана у вигляді конічної поверхні з кутом нахилу твірної конуса до осі α (рис. 5) та діаметром вхідного отвору D , що забезпечує площу перерізу вхідного отвору $F_o = \pi D^2/4$. Потік робочої рідини спрямовується з нижньої звуженої частини і, піднімаючись, розширюється та втрачає швидкість. Якщо кут нахилу твірної конуса забірної камери буде меншим, ніж кут при вершині конуса струменя, що витікає з вхідного отвору, то повинно спостерігатися поступове розширення обмеженого стінками струменя без потрапляння в його об'єм насіння.

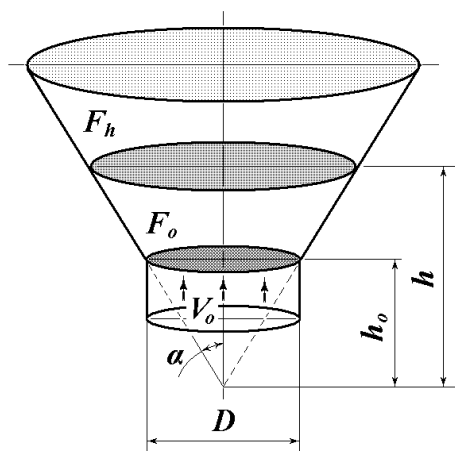


Рис. 5 – Розрахункова схема конічної забірної камери

Площа довільного перерізу на висоті h відносно вершини конічної

поверхні забірної камери визначається як

$$F_h = \pi \cdot (D_h^2) / 4,$$

де D_h – діаметр перерізу на висоті h .

Враховуючи, що $D_h/D = h/h_o$, та $h_o = D/(2 \cdot \operatorname{tg} \alpha)$ – відстань від площини вхідного отвору до вершини конічної поверхні забірної камери, остаточно одержуємо: .

$$F_h = \pi \cdot (2 \cdot h \cdot \operatorname{tg} \alpha)^2 / 4 .$$

Якщо при сталій витраті робочої рідини на вході швидкість потоку дорівнює V_o , то із збільшенням висоти h середня швидкість потоку V_h буде змінюватися за залежністю:

$$V_h = V_o \cdot (F_o/F_h) = V_o \cdot (h_o/h)^2 .$$

Зменшення швидкості потоку рідини призведе до того, що на деякій висоті у потокові з'явиться досить вузька зона псевдозрідження, де швидкість потоку буде перевищувати першу критичну швидкість $\omega_{кр}^I$ та буде меншою другої критичної швидкості $\omega_{кр}^{II}$ і де тверді частки повинні «витати» під дією сил гравітації та сил гідродинамічного напору. Турбулізація потоку рідини всередині струменя призводить до розширення висоти псевдозрідженого шару.

Якщо кут нахилу твірної конуса забірної камери буде більшим, ніж кут при вершині струменя, то витікання рідини з вхідного отвору буде відбуватися як у не обмежений затоплений простір і за рахунок «підсмоктування» рідини у струмись і її циркуляції, насіння буде захоплюватися з найнижчої зони струменя. При цьому не буде спостерігатися чітко означених меж псевдозрідженого шару.

На параметри струменя, зокрема на його напрямок і кут при вершині, можна впливати, змінюючи параметри вхідного отвору. У конструкції макетного зразка дозатора для цього передбачено спрямовуючу ґратку 11 (див. рис. 1), встановлену безпосередньо над вхідним отвором.

Використання запропонованого дозатора усуває необхідність створення рівномірного розподілу насіння по об'єму пульпи в зоні забору: поштучний відбір насіння здійснюється його захопленням з потоку вставкою-ежектором 10. При цьому достатньо створити струмінь об'ємом, співрозмірним з розмірами насіння, що і дозволило зменшити потужність циркуляційного насоса.

Визначення необхідних розмірів забірної камери та її елементів виконаємо відносно характерного розміру – середньостатистичного максимального габаритного розміру насінини, який позначимо D_n .

Для захоплення однієї насінини з потоку у забірній камері співосно з вставкою-ежектором розташовано пульпопровід S (рис. 6) у вигляді трубки з внутрішнім діаметром d_s , більшим у 1,3...1,5 габаритного розміру насінини D_n . Його початок знаходиться у площині кінця вставки-ежектора і має два бічні скоси під кутом 45° до осі, які утворюють забірні отвори-канали для проходження насіння. Захоплення насінини з потоку відбувається за рахунок течії через

вставку-ежектор (рис. 6, 1-2). Після захоплення насінини ця течія практично зникає, насінина закриває як вхід вставки-ежектора, так і отвори-канали, у яких залишається зазор x (рис. 6, 3), менший мінімального габаритного розміру насінини.

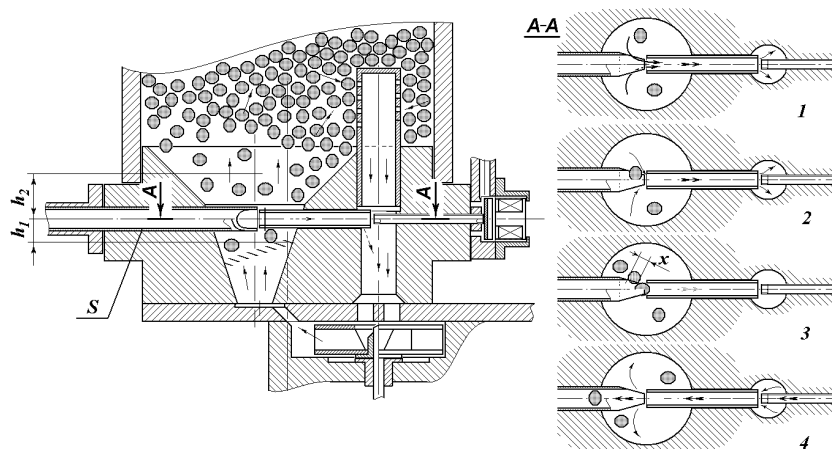


Рис. 6 – Схема забору і подачі насіння

Після подачі рідини під тиском через вставку-ежектор захоплена насінина виштовхується у пульпопровід, а наявність додаткового потоку, створеного ежектором (рис. 6, 4), запобігає захопленню інших насінин.

Для запобігання заклинювання насінин відстань h_1 між ґраткою та віссю вставки-ежектора повинна перевищувати два габаритні розміри насінини D_n . При роботі циркуляційного насоса насіння потоком піднімається над ґраткою і здійснює хаотичний рух. Продуктивність насоса повинна забезпечувати таку інтенсивність потоку, щоб на висоті забірних отворів у потоці знаходилося достатньо насіння, концентрація якого контролюється фотодатчиком, включеним у коло керування приводом насоса. Фотодатчик розташований на висоті $h_2 = 3 \cdot D_n$ над пульпопроводом. Таким чином, висота забірної камери повинна становити $h_1 + h_2 \geq 5 \cdot D_n$.

Діаметр забірної камери у зоні розташування елементів дозатора повинен забезпечувати вільний прохід насіння та його циркуляцію у потоці, і прийнятий рівним $10 \cdot D_n$ (25 мм) конструктивно.

Приведені міркування що до вибору розмірів забірної камери вказують на необхідність застосування дозатора, розрахованого на певний вид насіння. Для забезпечення деякої універсальності висівного апарата, він повинен комплектуватися набором дозаторів. Їх кріплення повинно давати можливість легкого переналаджування висівного апарата на висів різних культур.

Висновки

1. Створення псевдозрідженого шару з рівномірною концентрацією насіння практично неможливе, що визначає необхідність застосування дозатора для однонасінневого відбору насіння з потоку.

2. Поштучна подача насіння у пульпопровід дозволяє обмежити площу перерізу пульпопроводу, при круглому його перетині достатньо встановити діаметр, який би перевищував максимальний габаритний розмір насіння у

1,2...1,3 рази.

3. Для забезпечення універсальності висівного апарата необхідно комплектувати його змінними дозаторами, пристосованими під висів насіння різних культур.

Список використаних джерел

1. Бойко В.Б. Експериментальне визначення рівномірності висіву насіння гідросівалкою / Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Випуск 11 т. 1(65).– Вінниця: ВНАУ, 2012. С. 89...94.
2. Бойко В.Б., Улексин В.А. Гидропневматический высевающий аппарат для координатного земледелия / Интеграция науки и производства – стратегия устойчивого развития АПК России: Материалы Международной научно-практической конференции. Том 2. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2013. С. – 105...108.
3. Бойко В.Б., Улексин В.О. Дозатор для однонасінневого висіву у гідропневматичному висівному апараті. // Механізація та електрифікація сільського господарства. Випуск 98. Т.1. – Глеваха, 2013. С. 442-446
4. Верхотуров М.В. Гравитационные методы обогащения. – М.: МАКС Пресс, 2006. – 352 с.
5. Лященко П.В. Гравитационные методы обогащения. – М.-Л.: ГНТИ нефтяной и горно-топливной литературы, 1940. – 360 с.
6. Спосіб координатного гідропневматичного висіву насіння та пристрій для його реалізації. Патент України UA № 99860 A01C7/04. Бюл. № 19, 2012.

Аннотация

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДОЗАТОРА ДЛЯ ГИДРОПНЕВМАТИЧЕСКОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА

Улексин В.А., Бойко В.Б.

Приведены результаты теоретических исследований и практических работ по созданию дозатора для односеменного высева семян с помощью гидропневматического высевающего аппарата.

Annotation

SUBSTANTIATION OF THE PARAMETERS OF THE DISPENSER FOR HYDRO-PNEUMATIC SOWING MACHINE

V. Uleksin, V. Boyko

The results of theoretical research and practical work on the creation of a metering device for precision seeding with hydro-pneumatic sowing machine.