

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

УДК 631.371:621.31

ПОГОДЖЕНО
Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувача кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій

проф..д.т.н. _____ Каплун В.В. доц..к.т.н. _____ Окушко О.В.
(підпис) (підпис)
« ____ » _____ 2024 р. « ____ » _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **«РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ
ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ПЕРЕДПОСІВНОЇ
ОБРОБКИ НАСІННЯ В ПОЛІ КОРОННОГО РОЗРЯДУ»**

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., ДОЦЕНТ
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

Усенко С.М.
(ПІБ)

Керівник магістерської роботи

К.Т.Н., ДОЦЕНТ
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

Савченко В.В.
(ПІБ)

Виконав

_____ (підпис)

Павлюк П.В.
(ПІБ)

КИЇВ – 2024

РЕФЕРАТ

Магістерська робота: 78 с., 35 рис., 6 табл., 16 джерел

Об'єкт досліджень – комплекс передпосівної обробки насіння в полі коронного розряду.

Мета досліджень – розроблення та дослідження електротехнологічного комплексу передпосівної обробки насіння в полі коронного розряду.

Методи дослідження та апаратура: моделювання, методи математичної статистики та ін.

Обґрунтоване технологічне та електротехнічне обладнання для передпосівної обробки насіння в полі коронного розряду.

Проведене дослідження електродних систем установки для передпосівної обробки насіння зерна у полі коронного розряду.

Розглянуті питання енергозбереження та безпеки праці.

Було проведено розрахунок параметрів електродних систем установки для передпосівної обробки насіння зерна у полі коронного розряду. Вибрано тип передачі від електродвигуна до робочої машини, вибрано редуктор та визначення передаточного відношення. Було проведено попередній вибір електродвигуна за потужністю та частотою обертання. Розраховано навантажувальну діаграму електродвигуна транспортера та визначення потужності електродвигуна за тепловим режимом під час роботи. Розраховано і побудовано механічні характеристики робочої машини. Визначено зведений до вала двигуна моменту інерції привода і його порівняння з гранично допустимим для вибраного електродвигуна. Визначено тривалість пуску електродвигуна. Перевірено вибраний електродвигун за тепловим режимом під час пуску і на перевантажувальну здатність.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 МЕТОДИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ЇХ РЕАЛІЗАЦІЇ.....	7
1.1 Ефективність фізичних методів передпосівної обробки насіння для підвищення врожайності та якості продукції.....	7
1.2 Аналіз методів передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур	7
РОЗДІЛ 2 УСТАНОВКИ ТА ПРИСТРОЇ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОКИ НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР	13
2.1 Установки для передпосівної обробки насіння оптичним методом.....	13
2.2 Установки для передпосівної обробки насіння в магнітному полі	15
2.3 Установки для передпосівної обробки насіння коронним розрядом	18
РОЗДІЛ 3 ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОДНИХ СИСТЕМ ТА ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ЗЕРНА У ПОЛІ КОРОННОГО РОЗРЯДУ	23
3.1 Розрахунок і параметрів електродних систем установки для передпосівної обробки насіння зерна у полі коронного розряду.....	23
3.2 Вибір типу передачі від електродвигуна до робочої машини, вибір редуктора та визначення передаточного відношення	45
3.3 Попередній вибір електродвигуна за потужністю та частотою обертання	46
3.4 Розрахунок навантажувальної діаграми електродвигуна транспортера та визначення потужності електродвигуна за тепловим режимом під час роботи	49
3.5 Розрахунок і побудова механічної характеристики робочої машини	50
3.6 Розрахунок і побудова механічної характеристики електродвигуна за частоти струму f_{\min} та f_{\max}	51
3.7 Визначення зведеного до вала двигуна моменту інерції привода і його порівняння з гранично допустимим для вибраного електродвигуна	56

	5
3.8 Визначення тривалості пуску електродвигуна	56
3.9 Перевірка вибраного електродвигуна за тепловим режимом під час пуску і на перевантажувальну здатність.....	58
РОЗДІЛ 4 ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОМУ КОМПЛЕКСУ ОБРОБКИ НАСІННЯ КОРОННИМ РОЗРЯДОМ.....	59
РОЗДІЛ 5 ВИМОГИ ДО ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ ПЕРЕДПОСІВНІЙ ОБРОБЦІ НАСІННЯ.....	62
4.1 Аналіз небезпек та шкідливих факторів	62
4.2 Вимоги до охорони праці на зернотоках	68
4.3 Заходи безпеки при роботі з бункерами та зерносховищами	70
4.5 Підсумок важливості охорони праці та рекомендації щодо покращення умов праці	73
ВИСНОВОК.....	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	77

ВСТУП

В умовах сучасного агровиробництва ефективність вирощування сільськогосподарських культур значною мірою залежить від якості передпосівної обробки насіння. Один із перспективних напрямів поліпшення цих технологій — використання електричних розрядів, зокрема коронного розряду, для обробки насіння. Коронний розряд є ефективним методом активації фізико-хімічних процесів у насінні, що сприяє підвищенню його енергії проростання, посилення стійкості до хвороб та несприятливих умов навколишнього середовища. Технології, засновані на використанні електричних полів, здатні значно покращити якість обробки насіння без використання хімічних речовин, що робить їх екологічно безпечними і економічно вигідними.

Сучасні електротехнологічні комплекси, що базуються на використанні коронного розряду, вимагають комплексного підходу до їх розробки та дослідження для визначення оптимальних параметрів впливу на різні види насіння. Оскільки на сьогоднішній день відсутні стандартизовані методики та усталені практики використання таких технологій, дослідження в цій галузі є надзвичайно важливими для удосконалення існуючих методів передпосівної обробки.

Метою даної дипломної роботи є розроблення та дослідження електротехнологічного комплексу передпосівної обробки насіння за допомогою коронного розряду. Для досягнення цієї мети в роботі поставлені такі основні завдання: Оцінити вплив коронного розряду на фізико-хімічні властивості насіння. Розробити конструкцію електротехнологічного комплексу для передпосівної обробки насіння. Провести експериментальні дослідження з оцінки ефективності коронного розряду при обробці насіння різних культур.

Результати досліджень опубліковані в праці: Павлюк П.В., Савченко В.В. Передпосівна обробка насіння в полі коронного розряду. Тези доповідей 77- тої науково-практичної конференції студентів «Енергозабезпечення, електротехнології, електротехніка та інтелектуальні управляючі системи в АПК, м. Київ, 25 квітня 2024 р. С. 55.

РОЗДІЛ 1

МЕТОДИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ЇХ РЕАЛІЗАЦІЇ

1.1 Ефективність фізичних методів передпосівної обробки насіння для підвищення врожайності та якості продукції

Передпосівна обробка насіння сільськогосподарських культур спрямована на підвищення схожості, енергії проростання та захист від фітопатогенних інфекцій.

У минулому сторіччі для підвищення врожайності сільськогосподарських культур основним методом було внесення мінеральних і органічних добрив. Однак надмірне використання мінеральних добрив призводить до деградації ґрунту, забруднення довкілля та накопичення нітратів і нітритів у продукції, що знижує її якість.

Виникла потреба у збільшенні врожайності іншими методами, щоб повніше розкрити генетичний і фізіологічний потенціал рослин на основі вже наявного мінерального живлення. Почали досліджувати різні хімічні та фізичні стимулятори росту й розвитку. Для отримання екологічно чистої продукції найбільшу увагу привертають фізичні методи впливу на насіння, бульби, цибулини, проростки або дорослі рослини на різних стадіях їх розвитку.

1.2 Аналіз методів передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур

Розглянемо фізичні методи обробки насіння. У 30-40-х роках минулого століття вивчали вплив ультразвуку на ріст рослин. При обробці ультразвуковими коливаннями насіння занурюють у воду, причому об'єм насіння становить до 30 % від об'єму води, до якої додають мікроелементи. Процес триває 5-10 хвилин. Дослідження показали, що ультразвук стимулює проростання і ріст рослин. Наприклад, оброблене насіння ячменю дає сходи на

2-3 дні раніше, колос стає на 30 % довшим, а кількість зерен збільшується. Урожайність томатів зростає на 15 %, пшениці — на 25 %, гречки — на 30 %.

Після передпосівної обробки порожнє, нежиттєздатне насіння залишається на поверхні рідини, а придатне осідає на дно, що дозволяє легко їх відокремити. Ультразвукова обробка вимагає спеціального генератора, є трудомісткою, а через високу вартість обладнання і складність технології не набула широкого застосування, хоча відома вже давно.

Ультрафіолетове опромінення насіння активує його біологічні властивості й застосовується для знезараження матеріалу, повітря та ґрунту, а також для боротьби з рослинними хворобами, оскільки при цьому утворюється озон. При обробці насіння соняшнику, буряка, ячменю, сої, озимої пшениці, кукурудзи та овочів спостерігали підвищення схожості на 15,7–16 % та зростання врожайності на 11–15 %, а для коренеплодів — на 22 %. Проте ефективність УФ-опромінення залежить від стану насіння, на який впливають численні природні й неконтрольовані фактори під час зберігання й обробки. За певних умов вплив може бути мінімальним або навіть пригнічувати активність рослин.

Дослідження показали, що оптимальна доза опромінення для зернових культур, таких як пшениця, ячмінь і овес, становить 1,0–5,0 кВт•с/м², а для кукурудзи — 1,6–3,0 кВт•с/м².

Комбіновану оптичну обробку насіння проводять за допомогою лампи з ультрафіолетовим і інфрачервоним випромінюванням, розташованої на відстані не менше 25 см від насіння. Доза становить 25–30 мДж/см², що відповідає експозиції 2,5–3 хвилини та температурі 38 °С.

Однією з перешкод до впровадження оптичних методів обробки в сільське господарство є значна нерівномірність опромінення насіння по глибині шару. Висока енергоємність обладнання, недостатнє обґрунтування спектра випромінювання та тривалості дії також обмежують можливість їх використання для передпосівної підготовки.

Останніми роками в рослинництві застосовують оптичні квантові генератори, зокрема гелій-неонові лазери. Польові дослідження на великих

площах зернових культур показали, що лазерна обробка підвищує врожайність на 10–15 %.

Лазерна обробка насіння позитивно вплинула не лише на зернові, а й на технічні культури та багаторічні трави. Дослідження в господарствах Московської області показали, що лазерне опромінення підвищило урожай ранніх помідорів і огірків на 15–27 %, а також збільшило вміст вітамінів, цукрів, білка та інших корисних речовин. Врожайність редиски, гороху, сої, кукурудзи та льону-довгунця також зросла.

Лазерна стимуляція насіння, проведена на установці «Львів-1-Електроніка» з гелій-неоновим лазером ЛГ-75-1 потужністю 25 мВт і тривалістю опромінення 6 мс (червона лінія, хвиля 632,8 нм), показала, що для насіння пшениці, ячменю та вівса оптимальним є 4–6-кратне опромінення, для гороху — 20-кратне, а для овочевих культур — 5–10 разів. Врожайність зросла на 15 % у порівнянні з контролем, вівса сорту Наримський-943 — на 7 %, а у гороху — на 20 %. Для насіння огірка найкращим було 5-кратне опромінення, що призвело до підвищення енергії проростання на 6–8 %. Врожайність томатів зросла залежно від сорту на 13–29 %, також спостерігалось більш раннє (на 5–7 днів) дозрівання та зменшене ураження фітофторозом.

Найбільш розвиненим і технічно досконалим методом є вплив на насіння полем коронного розряду. Дослідження показали, що електробиостимуляція активізує біохімічні процеси, що сприяють кращому росту, розвитку рослин і збільшенню врожайності, особливо у насіння з поганими посівними якістьми. Зазначено, що цей метод негативно впливає на патогенні організми; наприклад, обробка насіння ярого ячменю зменшила зараженість кореневими гнилями вдвічі в деяких випадках. Врожайність зросла на 0,3–5,3 ц/га, з найбільшими показниками при 15 і 30 кВ. Середня врожайність підвищилася на 7,9–9,6 %, а вміст сухої речовини зріс на 1,0–1,1 % та цукру на 1,5–2,0 %. Обробка насіння ячменю підвищує енергію проростання і лабораторну й польову схожість, забезпечуючи приріст врожаю не менше ніж на 12–14 %, причому насіння з низькими посівними якістьми реагує найкраще. Час обробки насіння м'яких і

середніх сортів ярової пшениці складав 1,5–2,5 с, виконувалася вона за 10–12 днів до висіву. Якість обробки залежить від напруженості електричного поля, вологості насіння, матеріалу некоронуючого електрода та кількості шарів насіння на електроді.

Для дослідження впливу електричного поля на посівні якості насіння пшениці сортів Іскра й Весна проводили експеримент. Результати показали, що насіння, оброблене електричним полем протягом трьох років, забезпечило репродукції з покращеними посівними якостями та підвищеною врожайністю в порівнянні з контролем.

Основними факторами впливу електричного поля є напруженість і величина заряду, отриманого зерном. Чим краще зберігається заряд, тим сильніше початкове гальмування, інтенсивніший подальший розвиток рослин, вища виживаність і врожайність, а також більше зернин у колосі і вага 1000 зернин. Негативний заряд насіння має більший ефект, ніж позитивний. У слабких полях та за імпульсного електричного поля, зокрема коронного розряду, негативна зарядка підвищує вміст білка в зерні нового врожаю, тоді як позитивна — знижує.

Передпосівна обробка насіння в електричному полі коронного розряду сприяє зростанню врожайності сільськогосподарських культур. Однак причини цього ефекту та механізм впливу на рослини залишаються недостатньо дослідженими.

Обробка насіння в електричних полях постійного струму високої напруженості, зокрема в полі коронного розряду та електростатичному, позитивно впливає на його посівні якості і подальшу врожайність. Найбільш ефективними режимами є напруга на електродах 20 або 28 кВ при товщині шару насіння 2 або 3 см і повітряному зазорі в 1 см між верхнім електродом і насінням. У цих умовах напруженість електричного поля в зерні становила 3,5 і 2,9 кВ/см, а в повітряному зазорі — 17,5 і 14,3 кВ/см.

Недоліками обробки насіння в полі коронного розряду, що зазвичай використовує дротяні або голчасті електроди з плоским електродом, є

нерівномірність електричного поля. Обробка в електричному полі без зарядки забезпечує помітний ефект, тоді як обробка насіння іонізованим повітрям без електричного поля не дає значних результатів. Дослідження показали, що найефективніша обробка відбувається при одношаровому розміщенні зерна; у разі багатошарової обробки заряджається лише верхній шар, що вимагає використання спеціальних пристроїв для перемішування насіння під час обробки.

Найкращі результати забезпечує обробка насіння в електростатичному полі високої напруженості. Вплив електростатичного поля постійного струму активізує обмін речовин, посилює ферментативну діяльність та прискорює ріст і розвиток рослин, що в подальшому підвищує їх продуктивність.

Визначено, що оптимальний режим для стимуляції росту клітин і накопичення біомаси кормових дріжджів передбачає напруженість електростатичного поля 3 кВ/см та тривалість обробки 1200 секунд.

Виявлено, що при напруженості електричного поля від 4,5 до 6,0 кВ/см спостерігається позитивний ефект. Досліджено також взаємозв'язок між біопотенціалом насіння і часом впливу за різних значень напруженості. Зміни фіксувалися під час експозиції від 10 до 60 хвилин, після чого не спостерігалось нових змін. Залежність біопотенціалу від напруженості має екстремальний характер, з максимумом при 5,0 кВ/см, що відповідає найбільшому впливу на питоме водопоглинання насіння.

Застосовуються також комбіновані методи передпосівної обробки насіння.

Ультразвукове замочування насіння льона-довгунця у воді (частота 110 кГц, тривалість 30 хв) та НВЧ-обробка (частота 2450 МГц, тривалість 30 с) сприяли підвищенню енергії проростання на 22,3 %.

Досліджено вплив передпосівної обробки насіння жита сорту «Харківський – 60» у магнітному полі, полі коронного розряду та комбінованому режимі на процес проростання. Через 24 години після замочування контрольне насіння не дало сходів. Натомість, електрокоронна обробка (напруженість 3

кВ/см) забезпечила 60% схожості, а магнітна обробка (магнітна індукція 2,6–12,5 мТл) – 47–50%. При комбінованій обробці показники були аналогічні магнітній. Через 48 годин контрольне насіння дало 68% сходів, електрокоронна обробка – 86%, а магнітна – 90–92%. Найвищу ефективність продемонструвала комбінована обробка, де схожість сягала 92–95%.

Основним недоліком комбінованих методів обробки є їхня складність, оскільки вимагається використання кількох технологічних процесів та дорогого обладнання.

Дослідження показали, що стимуляція росту та розвитку вищих рослин під дією фізичних факторів варіює від +10 % до +30 % у порівнянні з контрольними рослинами. Це свідчить про неспецифічну біологічну реакцію на слабкі фізичні впливи.

Оскільки всі методи обробки насіння приблизно однаково підвищують врожайність, при виборі методу важливими є економічна ефективність і екологічна чистота. Найбільший інтерес у отриманні «екологічно безпечної» продукції викликають фізичні фактори, що впливають на насіння, бульби, цибулини та дорослі рослини на різних стадіях розвитку. Серед електрофізичних методів передпосівної обробки (гамма-, рентгенівське, ультрафіолетове, видиме оптичне, інфрачервоне, НВЧ, КВЧ, радіочастотне, магнітне та електричне поле) найбільш перспективним є вплив магнітних полів. Це природний фактор, з яким рослини еволюційно взаємодіяли, що в оптимальних дозах дозволяє «розкрити» їхній генетичний та фізіологічний потенціал, підвищуючи врожайність і якість.

РОЗДІЛ 2

УСТАНОВКИ ТА ПРИСТРОЇ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОКИ НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

2.1 Установки для передпосівної обробки насіння оптичним методом

Для оптичної обробки сільськогосподарської продукції створені установки, які використовують інфрачервоні, ультрафіолетові та лазерні джерела опромінювання.

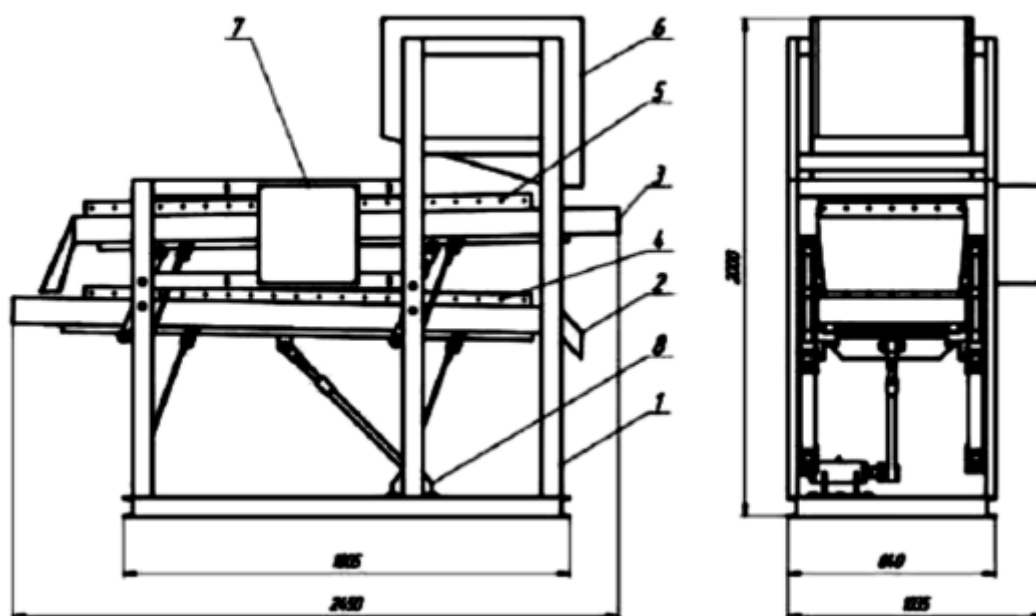


Рис. 2.1 - Установка для знезаражування та активації насіння ультрафіолетовим випромінюванням: 1 – рама; 2 – нижній лоток (вивантаження обробленого зерна); 3 – верхній лоток; 4, 5 – опромінювачі; 6 – завантажувальний бункер; 7 – шафа керування; 8 – електропривод вібратора.

Активатори насіння (рис. 2.3) конвеєрного типу складаються з рами (1), на якій встановлені верхній та нижній вібраційні лотки (2 і 3), бункера (6) для дозованої подачі зерна (насіння) на обробку, двох випромінювачів (4 і 5), привода вібратора (8) та пульта керування (7). Зерно (насіння), що обробляється через регулюючу заслінку завантажувального бункера поступають в верхній

вібралоток (3), по якому воно подається в зону опромінення, де відбувається його обробка короткохвильовим ультрафіолетовим випромінюванням, а потім в нижній вібралоток (4), в якому також проводиться його опромінення.

Внаслідок такої обробки зерно (насіння) підлягає знезараженню та фотоактивації біологічних процесів. Оброблена продукція вивантажується в приймальний лоток або безпосередньо в тару. Активатор укомплектований сучасними енергозберігаючими ультрафіолетовими лампами, які мають підвищений термін служби.

Недоліком даного пристрою є складність конструкції транспортуючого елемента і недостатня рівномірність опромінення насінневого матеріалу.

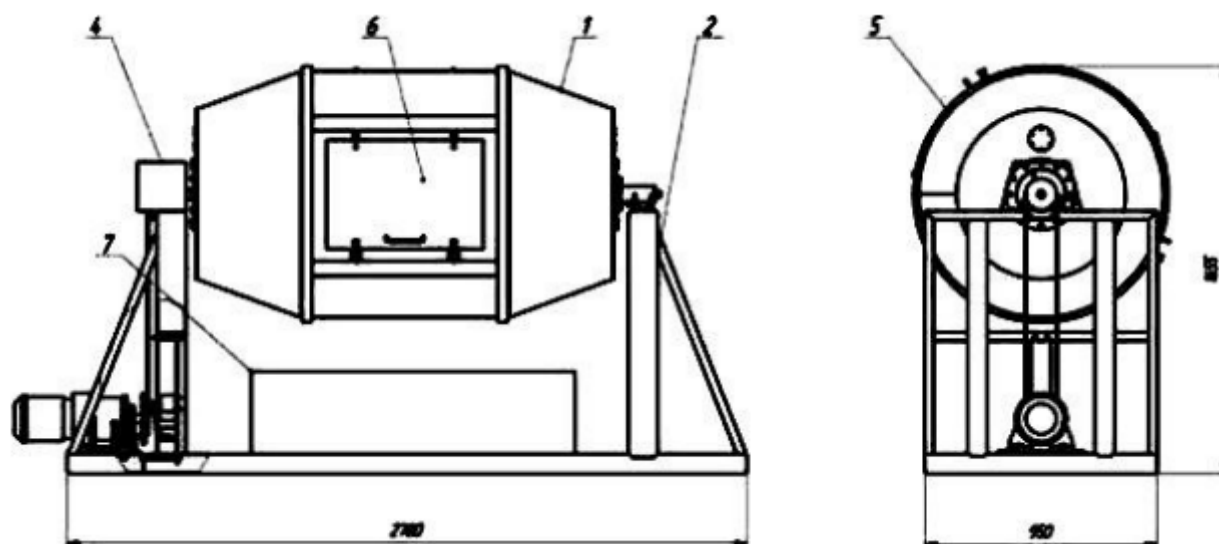


Рис. 2.2 - Барабанний активатор насіння ультрафіолетовим випромінюванням: 1 – камера обробки барабанного типу; 2 – рама; 3 – випромінювачі; 4 – електропривод; 5 – завантажувальний люк; 6 – люк для вивантаження продукції; 7 – лоток.

Барабанні активатори (див. рис. 2.4) складаються з кількох основних компонентів: камери опромінення барабанного типу, рами, пульта управління, електричного приводу, люка для завантаження та вивантаження продукції, лотка

для вивантаження обробленої продукції, а також джерела ультрафіолетового випромінювання.

Габарити та обсяг одноразово оброблюваної продукції визначаються для досягнення максимальної ефективності знезараження. Насіння завантажується через люк у камеру опромінення, де воно підлягає ультрафіолетовому випромінюванню. Ця обробка призводить до фотоактивації біологічних процесів і знезараження насіння.

Оброблену продукцію вивантажують у приймальний лоток через завантажувальний люк. Щоб підвищити ефективність обробки насіння, перед завантаженням їх можна обробити 1,5% водним розчином перекису водню.

2.2 Установки для передпосівної обробки насіння в магнітному полі

Існують спеціальні установки для обробки насіння в магнітному полі, які оснащені трубою з соленоїдом. Коли через цей соленоїд протікає електричний струм, всередині труби утворюється постійне магнітне поле. Труба має вертикальне розташування, а на її верхньому кінці закріплена воронка, через яку насіння потрапляє всередину. Під час руху насіння по трубі, воно зазнає впливу магнітного поля, що й здійснює його обробку.

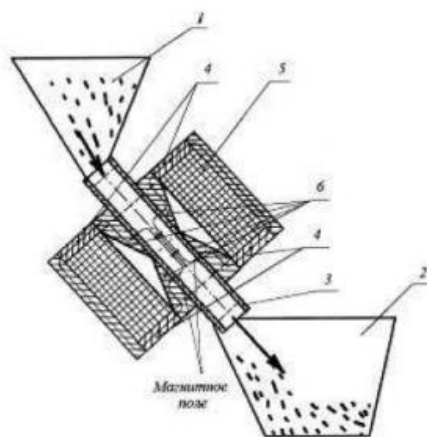


Рис. 2.3 Установка для передпосівної обробки насіння в магнітному полі:

1 – завантажувальний бункер; 2 – приймальний бункер опрацьованого матеріалу; 3 – діаманітна труба; 4 – циліндричний корпус з феромагнітного

матеріалу; 5 – магнітопровід з намагнічуючою котушкою; 6 – центруюча втулка із немагнітного матеріалу

Основними недоліками цього пристрою є нестабільність швидкості переміщення насіння, що, в свою чергу, призводить до варіативності часу обробки. Крім того, нерівномірне розподілення магнітної індукції в робочій камері залежить від радіуса поперечного перерізу, що також впливає на ефективність процесу.

Випускається установка для передпосівної стимулюючої обробки насіння «ЦИКЛОН 7-3у», вагою 8,5 кг та енергоспоживанням до 30 Вт. Її продуктивність становить 10 т/год, з максимальною межею до 20 т/год. Висота установки — 650 мм, діаметр приймальної воронки — 300 мм. Циліндричний корпус з електромагнітною системою має висоту 500 мм і діаметр 180 мм.



Рис. 2.4 Загальний вигляд установка для передпосівної стимулюючої обробки насіння «ЦИКЛОН 7-3у»

Передпосівна обробка цибулі-ріпки в знакозмінному магнітному полі сприяє виведенню цибулин із стану спокою та стимулює зростання біомаси. Це дозволяє значно покращити процес вигонки цибулі на зелену продукцію як в умовах захищеного, так і відкритого ґрунту, забезпечуючи стабільний врожай протягом усього року.

Пристрій для обробки посадкового матеріалу ріпчастої цибулі перед висадкою складається з шести модулів. Кожен модуль (рис. 2.5) включає касету з магнітами 1, коромисло 2, кронштейн 3, стопорний палець 4 та кріпильні болти 5.

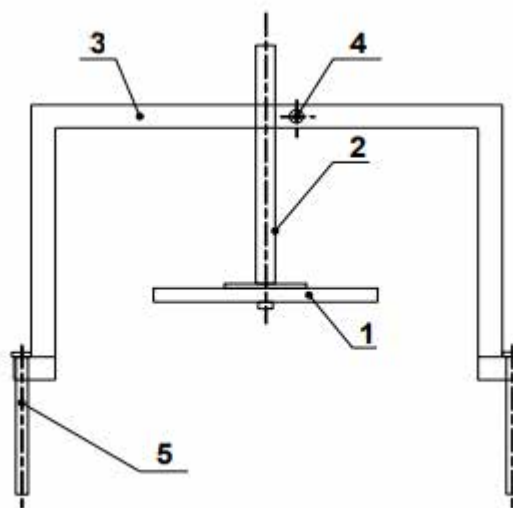


Рис. 2.5 Модуль установки для обробки посівного матеріалу. Вигляд збоку

Модулі встановлюються на завантажувальний транспортер ТЗК-30 з урахуванням правильного чергування полярностей магнітів. Важливо, щоб відстань між магнітами та стрічкою транспортера становила приблизно 100 мм.

Сухі здорові цибулини 1 (рис. 2.7) діаметром від 15 до 50 мм подаються з накопичувача 2 на стрічку транспортера 3, що рухається зі швидкістю 1–1,3 м/с. Цибулини проходять через зону знакозмінного магнітного поля, що забезпечує їх обробку. Продуктивність установки досягає 25 т/рік.

Обробка цибулі в знакозмінному магнітному полі дозволяє отримати врожай вигонки на 3–5 днів раніше порівняно з відсутністю такої обробки. Крім того, збільшується обсяг зеленої продукції, що досягає 4,2 кг/м², порівняно з 3,1 кг/м² без використання магнітного поля.

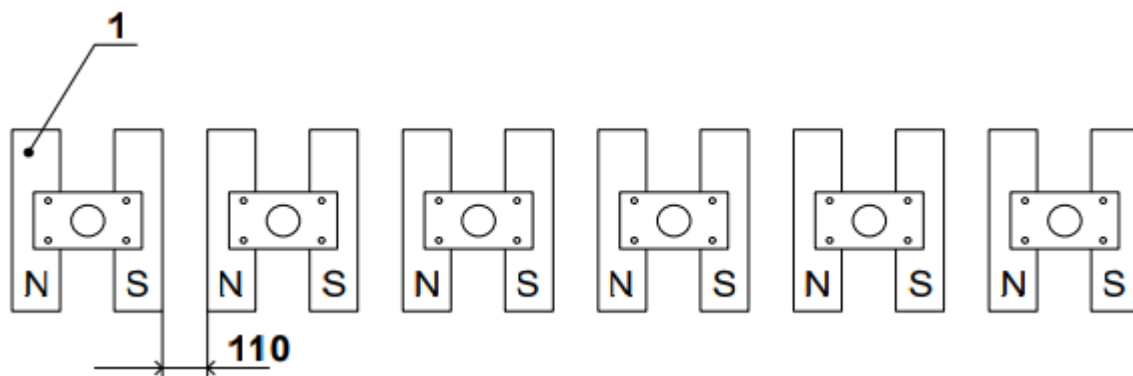


Рис. 2.6 Розміщення модулів для обробки посівного матеріалу

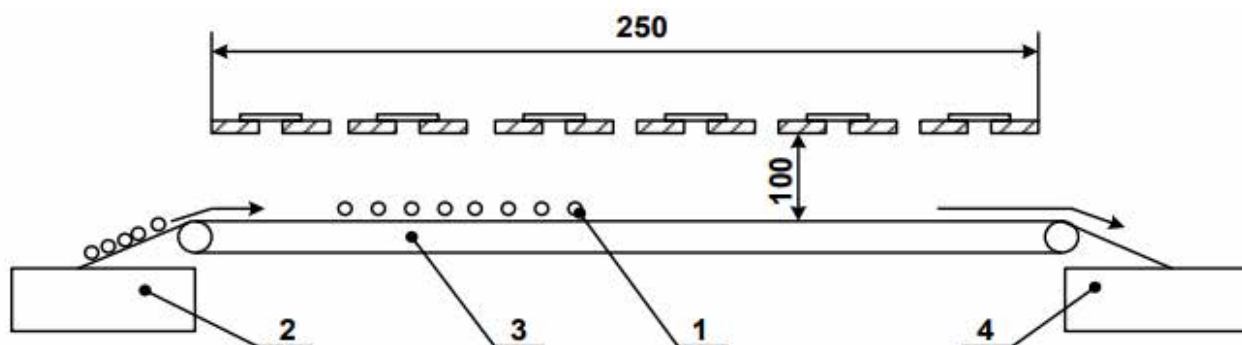


Рисунок 2.7 Пристрій для обробки посівного матеріалу в градієнтному магнітному полі

2.3 Установки для передпосівної обробки насіння коронним розрядом

Сьогодні для обробки зернових мас переважно використовують електротехнологічні установки, що працюють на основі постійної корони. Однак, як показали нові дослідження, цей метод відзначається високими енерговитратами та низькою ефективністю в процесі генерації озону.

Метод плазмохімічного утворення озону за допомогою наносекундних імпульсних електричних розрядів із незавершеним пробоем має значні переваги. Його енергоефективність обумовлена тим, що плазма створюється не постійно, а в короткі моменти часу, які в три-чотири рази менші за інтервал між імпульсами. До того ж, у цьому режимі накопичена енергія спрямовується на нагрівання та прискорення іонізованих електронів, тоді як іони залишаються практично нерухомими. Завдяки цьому електронна температура плазми значно перевищує температуру іонів.

Підвищена енергія електронів при зіткненні з молекулами кисню сприяє ефективному утворенню озону, який безпосередньо проявляє бактерицидну дію в зоні зернової маси. До того ж, застосування високочастотних імпульсних розрядів малої тривалості є безпечнішим для обслуговуючого персоналу в порівнянні з високовольтними установками постійної напруги. На основі цих переваг і з урахуванням особливостей процесу була розроблена технологічна схема лінії для передпосівної та післязбиральної обробки насіння (рис. 2.8).

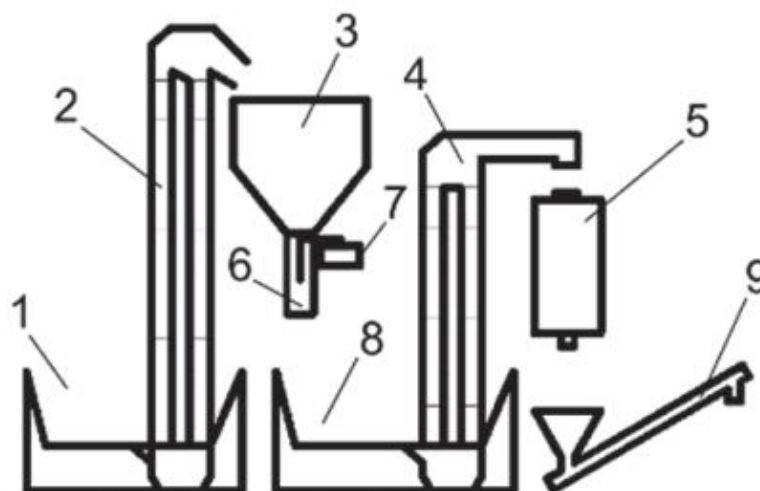


Рис. 2.8 Технологічна схема лінії для передпосівної обробки насіння короною:

1, 3, 8 – бункери для завантаження, 2, 4 – норії, 5 – сушарка або бункер активного вентилявання зерна, 6 – камера для обробки насіння, 7 – генератор імпульсних напруг з системою керування, 9 – вивантажувальний шнек.

Спершу зерно завантажують у бункер 1, звідки воно за допомогою норії піднімається в бункер 3. З бункера 3 зерно надходить у камеру обробки 6 через засувки, керовані сервоприводом. У камері обробки за допомогою генератора імпульсних напруг створюються коронні імпульсні розряди. Після цього оброблене насіння потрапляє в бункер 8, звідки норія 4 транспортує його до шахтної зерносушарки або для зберігання в бункер активного вентилявання. З бункера активного вентилявання зерно подається на транспорт за допомогою шнека 9.

Іонізаційні процеси, які відбуваються в повітряних проміжках зернової суміші, поділяються на неінтенсивні та інтенсивні. Неінтенсивна іонізація є нестабільною, процес може то припинятися, то відновлюватися. Інтенсивні іонізаційні процеси, що виникають при вищій нарузі, характеризуються стійкістю.

Для обробки насіннєвого матеріалу в установці, представленій на рисунку 2, застосовується коронний розряд. Електродна система для створення електричного поля коронного розряду (ЕПКР) у цій установці (рисунок 2.9) складається з екіпотенційних груп електродів, розташованих паралельно на рівній відстані одна від одної та підключених до протилежних виводів джерела високої напруги (ДВН). Регульоване ДВН 1 може працювати як від акумулятора, так і від мережі змінного струму, і об'єднане в єдиний моноблок з робочою камерою установки.

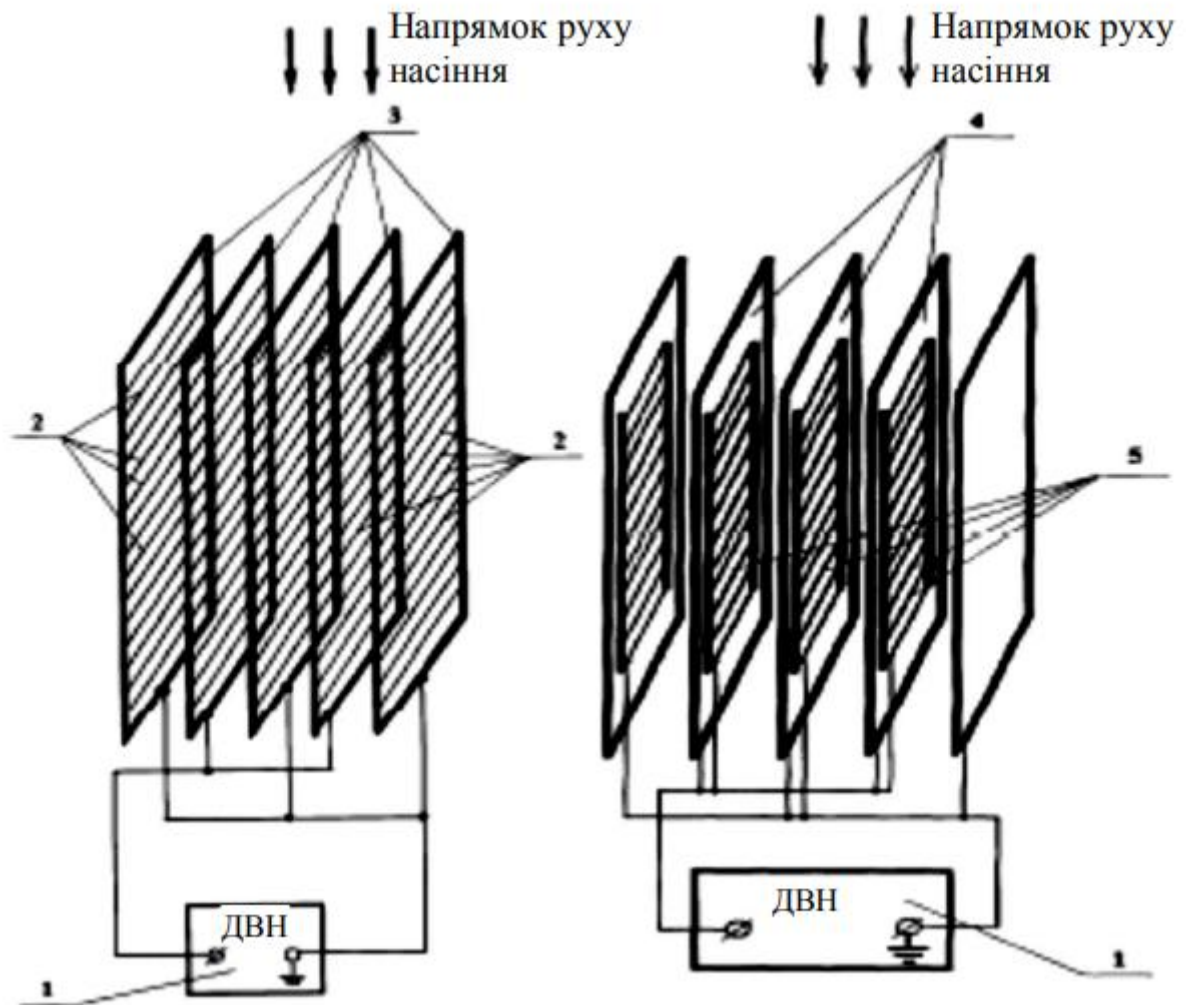


Рис. 2.9 - Електродна система формування ЕПКР і два способи її підключення до джерела високої напруги

Пластини 3 і 4 можуть бути виконані з двостороннього фольгованого склотекстоліта, а струмопровідні смуги 2 і 5 нанесені на них методом виготовлення друкованих плат.

Фізичним фактором, що забезпечує стимулюючу та бактерицидну дію на насіння, є електричне поле коронного розряду. Це електричне поле формується між сусідніми протилежно зарядженими електродами, які можуть бути представлені тонкими дротяними електродами (перший варіант) або струмопровідними смугами двох сусідніх пластин (другий варіант). Завдяки малим поперечним перерізам цих електродів виникають різко неоднорідні електричні поля, що сприяють збудженню коронного розряду.

У цьому пристрої імпульсний вплив електродної системи (ЕПКР) на насіння досягається завдяки просторовим змінам напруженості електричного поля (градієнта), що виникають під час просипання насіння.

Пристрій функціонує таким чином: у робочій камері створюється градієнтне електричне поле, яке забезпечується зовнішнім джерелом напруги і викликає виникнення коронного розряду.

РОЗДІЛ 3

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОДНИХ СИСТЕМ ТА ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ЗЕРНА У ПОЛІ КОРОННОГО РОЗРЯДУ

3.1 Розрахунок і параметрів електродних систем установки для перепосівної обробки насіння зерна у полі коронного розряду

Для дослідження поля коронного розряду в системі електродів типу «голка - площина» використовують модель, де форма голки наближена до гіперболоїда обертання, а поле моделюють як поле точкового заряду, розташованого над провідною поверхнею. Цей підхід є особливо зручним для визначення параметрів електродної системи, оскільки базується на методі дзеркальних відображень. Метод дозволяє моделювати процеси, що відбуваються на плоскій поверхні, якою є площина стрічкового транспортера. Таким чином, поле коронного розряду описується через електростатичне поле точкових зарядів, що знаходяться на кінці коронуючого електрода, а роль провідної поверхні виконує осаджуючий електрод.

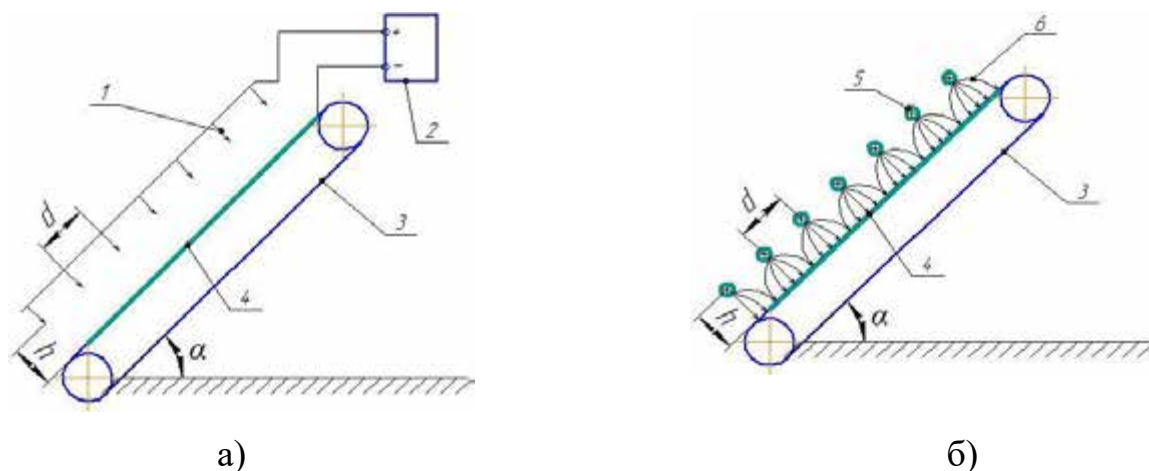


Рис. 3.1 – Схема електродної системи поля коронного розряду стрічкового транспортера (а) та її апроксимація електричним полем точкових зарядів (б)
 1 – коронуючий електрод; 2 – джерело високої напруги; 3 – стрічка конвеєра; 4 – осаджуючий електрод; 5 – точковий заряд; 6 – силові лінії електростатичного

поля; α – кут нахилу стрічкового конвеєра; h – відстань між коронуючим електродом та конвеєрною стрічкою; d – відстань між голками.

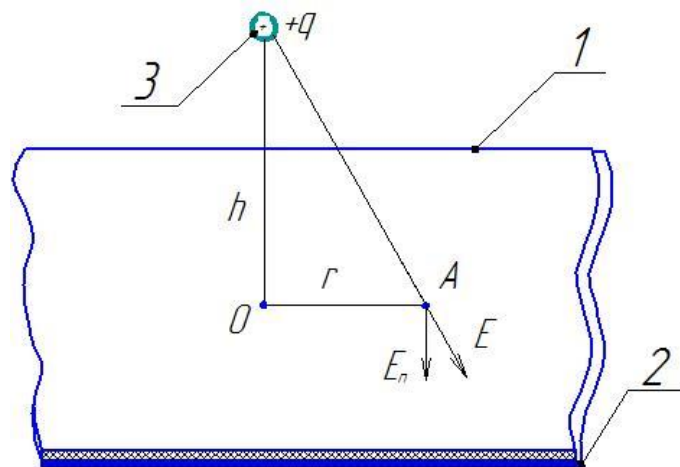


Рис. 3.2 – Напруженість поля точкового заряду на поверхні стрічки конвеєра

1 – стрічка конвеєра; 2 – осаджуючий електрод; 3 – точковий заряд; A – точка на поверхні стрічки конвеєра в якій визначається напруженість; h – відстань між точковим зарядом і стрічкою конвеєра; r – відстань між осьовою лінією та точкою в якій визначаємо напруженість; E – напруженість поля точкового заряду в окремій точці на поверхні стрічки конвеєра; E_n – нормальна складова напруженості поля створюваного точковим зарядом на поверхні стрічки конвеєра.

На рисунку 2 представлено схему для визначення напруженості електростатичного поля, створеного точковим зарядом, що знаходиться над поверхнею стрічкового транспортера. Відповідно до методу дзеркальних відображень, нормальна компонента напруженості електричного поля на поверхні конвеєра обчислюється за формулою.

$$E_n = \frac{q \cdot h}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot (h^2 + r^2)^{\frac{3}{2}}}, \quad (1)$$

де E_n – нормальна складова напруженості електричного поля на поверхні стрічкового конвєєра, В·м⁻¹;

q – точковий заряд, Кл;

h – висота розташування точкового заряду (вістря коронуючого електроду) над поверхнею стрічки, м;

ε_0 – електрична стала, $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф·м⁻¹;

r – відстань від проєкції коронуючого електроду на поверхню стрічки до точки на стрічці, в якій визначається напруженість електричного поля, м.

Енергія взаємодії точкового заряду з наведеними зарядами на провідній поверхні (осаджуючому електроді) визначається за формулою:

$$W_B = \frac{q^2}{8 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot h}, \quad (2)$$

де W_B – енергія взаємодії точкового заряду з наведеними зарядами на провідній поверхні, Дж.

Систему, що складається з точкового заряду і провідної поверхні, можна уявити як конденсатор із зарядом. Відомо, що енергія такого зарядженого конденсатора обчислюється за формулою.

$$W_K = \frac{q \cdot U}{2}, \quad (3)$$

де W_K – енергія зарядженого конденсатора, Дж,

U – напруга джерела живлення, В.

Оскільки формули (2) і (3) описують енергію одного й того самого об'єкта — системи «точковий заряд — провідна поверхня», прирівнявши їхні праві частини, отримаємо

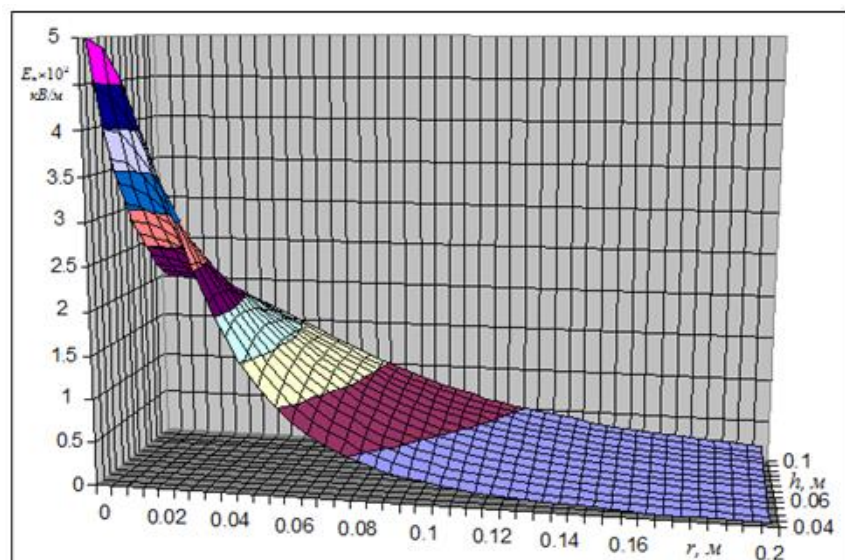
$$q = 4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot h \cdot U. \quad (4)$$

З урахуванням залежності (4), формула для обчислення нормальної компоненти напруженості електричного поля на поверхні стрічкового конвеєра (1) набуде такого вигляду

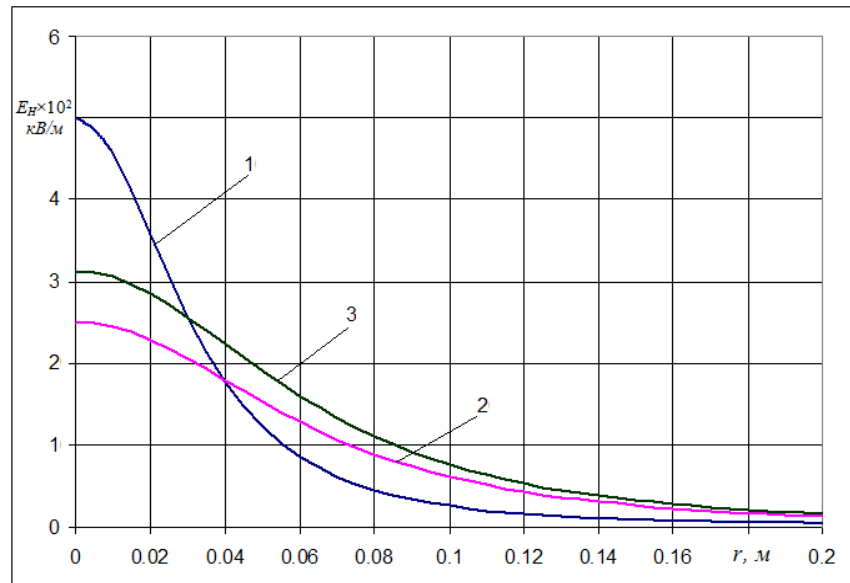
$$E_n = \frac{h^2 \cdot U}{(h^2 + r^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (5)$$

Електрична сила, що діє на зерно насіння в полі коронного розряду на стрічці конвеєра, значною мірою залежить від напруженості електричного поля. Однак електродна система «голка — площина» створює нерівномірний розподіл цієї напруженості, що підтверджується графіками на рисунку 3, побудованими згідно з формулою (5).

Аналіз залежностей на рисунку 3 показує, що нормальна компонента напруженості електричного поля на поверхні стрічкового конвеєра під вістрям коронуючого електрода є симетричною щодо осі, що збігається з перпендикуляром, опущеним з вістря на поверхню. Максимальна напруженість поля спостерігається безпосередньо під коронуючим електродом і зменшується в 2,83 рази на відстані, що дорівнює його висоті над поверхнею стрічки. Тому, щоб утримати насіння на конвеєрі, необхідно визначити оптимальні положення коронуючих електродів — висоту їх розміщення та відстань між ними, — які забезпечать на поверхні стрічки необхідну напруженість електричного поля коронного розряду.



a)



б)

Рис. 3.3 – Розподіл нормальної складової напруженості електричного поля коронного розряду на поверхні стрічкового конвеєра

а) у тривимірній системі координат для $U = 20$ кВ; б) в двохвимірній системі координат; 1 – $U = 20$ кВ, $h = 0,04$ м; 2 – $U = 20$ кВ, $h = 0,08$ м; 3 – $U = 25$ кВ, $h = 0,08$ м.

$$E_{An} = \frac{4 \cdot U \cdot h^2}{\left(h^2 + \frac{d^2}{2}\right)^{\frac{3}{2}}}, \quad (6)$$

$$E_{Bn} = \frac{2 \cdot U \cdot h^2}{\left(h^2 + \frac{d^2}{4}\right)^{\frac{3}{2}}}, \quad (7)$$

де E_{An} , E_{Bn} – нормальна складова напруженості електричного поля, яка створена системою коронуючих електродів в точці А і В відповідно, $\text{В} \cdot \text{м}^{-1}$;

d – відстань між коронуючими електродами, м.

1 – 12 – коронуючі електроди; А, В – розрахункові точки; d – відстань між голками коронуючого електрода

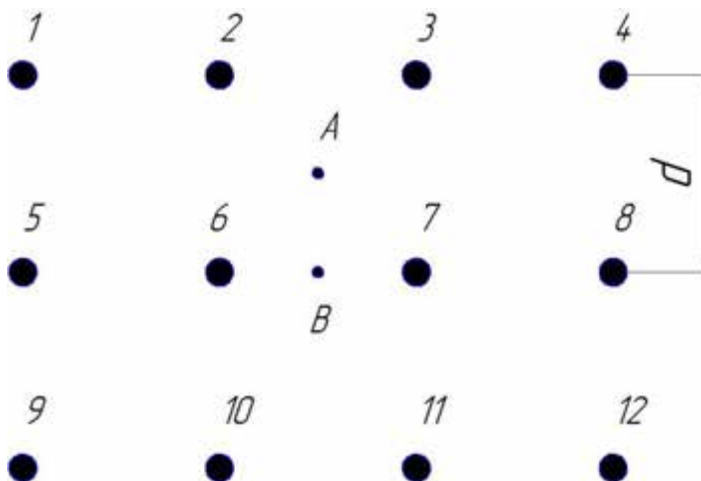


Рис. 3.4 – Схема розташування коронуючих електродів над плоскою поверхнею стрічкового конвеєра

Для оцінки забезпечення розрахункової напруженості електричного поля на поверхні стрічкового транспортера використовують різницю між напруженістю електричного поля, створеною під коронуючим електродом, та в точках А і В. Це значення повинно бути більшим або дорівнювати нулю. Відповідно, з урахуванням формул (6)–(7) отримуємо такі аналітичні залежності.

$$\frac{U}{h} - \frac{4 \cdot U \cdot h^2}{\left(h^2 + \frac{d^2}{2}\right)^{\frac{3}{2}}} \leq 0, \quad (8)$$

$$\frac{U}{h} - \frac{2 \cdot U \cdot h^2}{\left(h^2 + \frac{d^2}{4}\right)^{\frac{3}{2}}} \leq 0. \quad (9)$$

У розрахунках співвідношення між висотою розміщення коронуючих електродів над стрічкою транспортера та відстанню між ними подається у такому вигляді:

$$k = \frac{h}{d}, \quad (10)$$

де відношення висоти розташування вістря коронуючого електроду над поверхнею стрічки транспортера до відстані між ними.

З урахуванням (10) залежності (8) і (9) приймають такий вигляд

$$\frac{U}{h} \cdot \left(1 - \frac{4}{\left(1 + \frac{1}{2 \cdot k^2}\right)^{\frac{3}{2}}}\right) \leq 0, \quad (11)$$

$$\frac{U}{h} \cdot \left(1 - \frac{2}{\left(1 + \frac{1}{4 \cdot k^2}\right)^{\frac{3}{2}}}\right) \leq 0. \quad (12)$$

Нерівність (11) виконується при значенні, більшому за 0,574, а нерівність (12) — при значенні, більшому за 0,653. Таким чином, щоб забезпечити розрахункову напруженість поля коронного розряду на поверхні стрічкового транспортера, створену системою голчатих коронуєчих електродів, співвідношення висоти розташування електродів до відстані між ними має перевищувати 0,653.

Для проведення експериментальних досліджень була виготовлена лабораторна установка відповідно до розробленої схеми, яка представлена на рисунку 3.5. Загальний вигляд цієї установки можна побачити на рисунку 3.6.

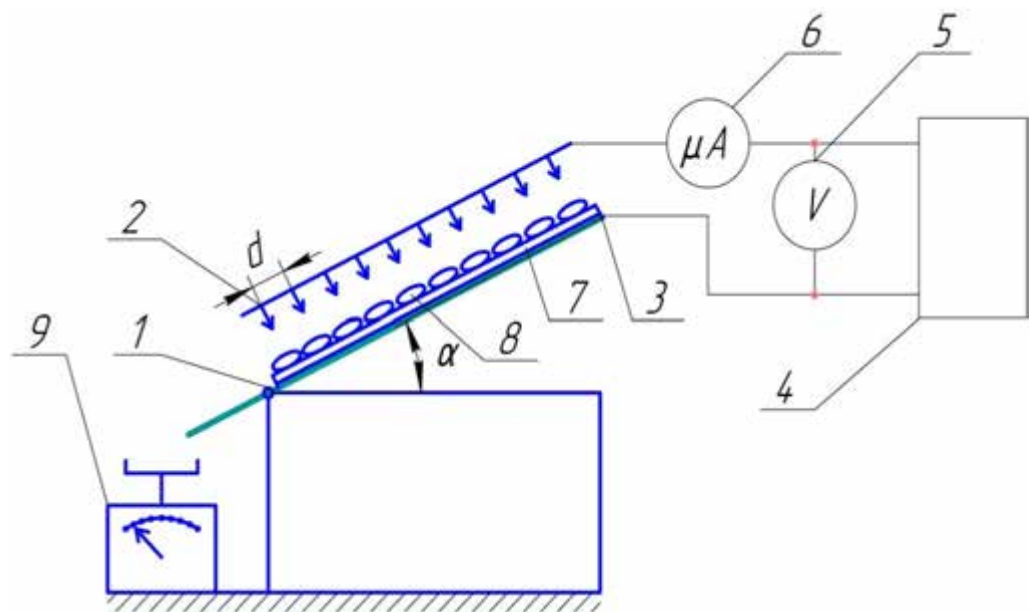


Рис. 3.5 – Схема лабораторної установки для проведення експериментальних досліджень по обґрунтуванню параметрів електродної системи для процесу транспортування насіння в електричному полі

1 – похила площина; 2 – коронуєчі електроди; 3 – осаджуючий електрод;
4 – джерело живлення; 5 – вольтметр; 6 – мікроамперметр; 7 – конвеєрна стрічка;
8 – зернівки насіння; 9 – електронні ваги

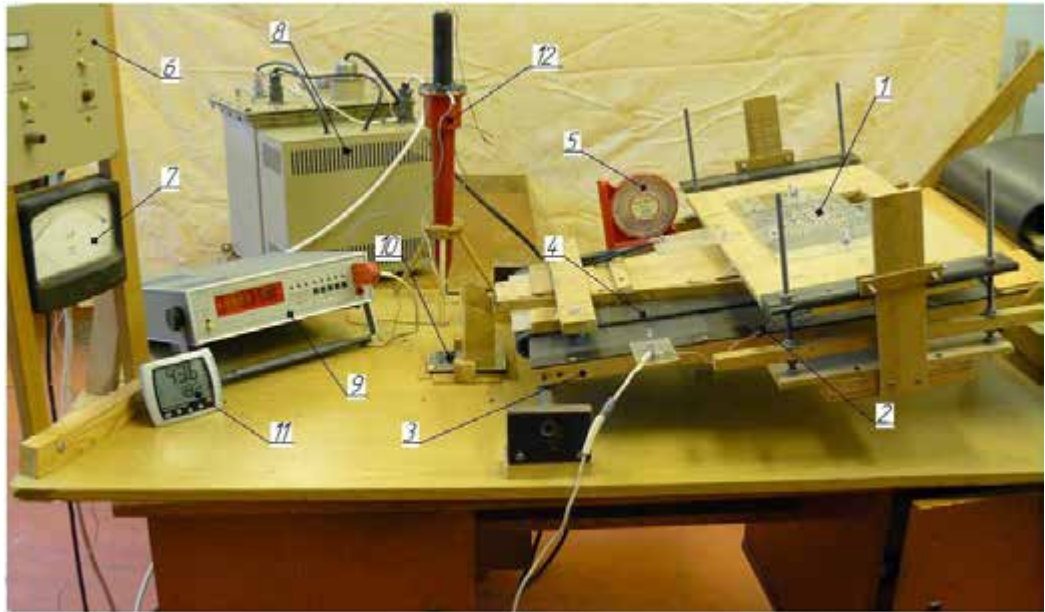


Рисунок 6 – Загальний вигляд лабораторної установки

1 – коронуючий електрод; 2 – осаджуючий електрод; 3 – похила площина; 4 – конвеєрна стрічка; 5 – кутомір; 6 – блок керування джерелом високої напруги; 7 – мікроамперметр М266М; 8 – джерело високої напруги БВ – 30; 9 – вольтметр В7 – 40; 10 – електронні ваги; 11 – гідрометр Testo 608 – Н1; 12 – дільник напруги високовольтний ДВН Тг5.171.101

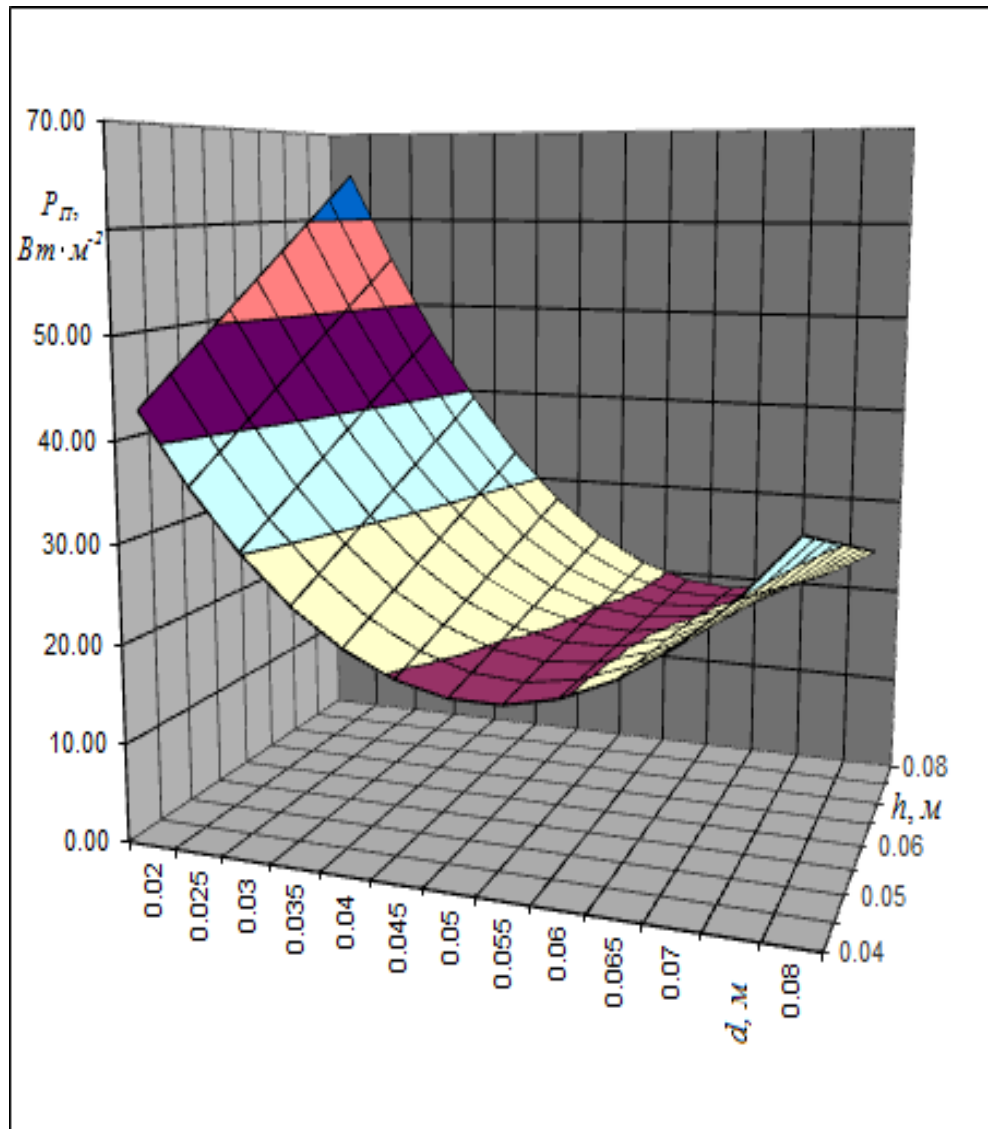
На цій установці, згідно з розробленою методикою, були проведені дослідження за планом двофакторного експерименту для виявлення взаємозв'язку між параметрами електродної системи та її питомою потужністю. В результаті експериментів були отримані залежності питомої електричної потужності системи, необхідної для утримання насіння пшениці та ячменю на транспортерній стрічці, від відстані між коронуючими електродами та висоти їх розміщення (див. рис. 7). Взаємозв'язки між цими параметрами представлені у такому вигляді:

$$P_{п} = 49,65 + 829,8 \cdot h - 1895,65 \cdot d - 13958,3 \cdot d \cdot h + 23314,8 \cdot d^2, \quad (13)$$

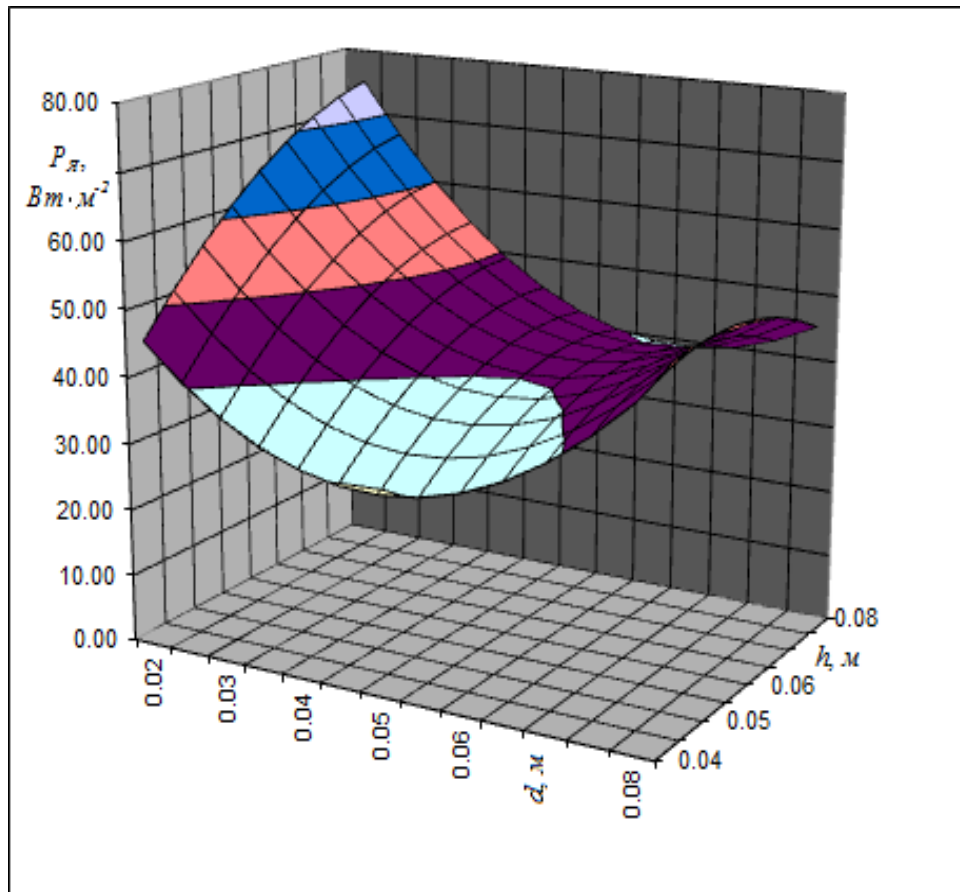
$$P_{я} = -3,85 - 1384,35 \cdot d + 2517,71 \cdot h + 19754,6 \cdot d^2 - 13645,8 \cdot d \cdot h - 12645,8 \cdot h^2, \quad (14)$$

де $P_{п}, P_{я}$ – питома електрична потужність електродної системи для утримання насіння пшениці і ячменю на транспортерній стрічці, Вт·м⁻².

Найменша питома потужність електродної системи, необхідна для утримання насіння пшениці, становить $18,4 \text{ Вт} \cdot \text{м}^2$. Це значення досягається при відстані між коронуючими електродами $0,04 \text{ м}$ і висоті їх розміщення над транспортерною стрічкою $0,055 \text{ м}$. Для насіння ячменю мінімальна питома потужність становить $29,51 \text{ Вт} \cdot \text{м}^2$, за таких же умов — при відстані між електродами $0,04 \text{ м}$ і висоті $0,05 \text{ м}$.



a)



б)

а) на транспортуванні пшениці; б) на транспортуванні ячменю

Рис. 3.6 – Питома потужність електродної системи в залежності від висоти розташування коронуєчих електродів і відстані між ними

Аналitiчну залежність для обчислення напруги джерела живлення електродної системи було отримано шляхом розв'язання системи рівнянь, які відображають баланс сил, що діють на зерна насіння під час їх утримання на стрічці круто похилого конвеєра. Ця система рівнянь має наступний вигляд:

$$F_K + F_3 \geq F_E, \quad (15)$$

$$F_K = \frac{\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot U^2 \cdot a \cdot b \cdot \mu}{h^2 \cdot k_\phi}, \quad (16)$$

$$F_3 = \frac{\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot U^2 \cdot a^2 \cdot b^2 \cdot \mu^2}{4 \cdot h^2 \cdot k_\phi^2 \cdot (b + 2 \cdot \sigma)^2}, \quad (17)$$

$$F_E = \sqrt{\frac{\pi \cdot a \cdot b^2 \cdot \rho \cdot g \cdot \sin \alpha}{6 \cdot k_1} + \frac{k_2^2}{4 \cdot k_1^2}} - \frac{\pi \cdot a \cdot b^2 \cdot \rho \cdot g \cdot \cos \alpha}{6} - \frac{k_2}{2 \cdot k_1}, \quad (18)$$

де F_K – сила, яка виникає в результаті дії електричного поля коронного розряду на заряд зернівки насіння, Н;

F_3 – сила дзеркального відображення, Н;

F_E – сила, яка повинна діяти на зернівки насіння для їх утримання на стрічці конвеєра, Н.

a – довжина великої осі еліпсоїда зернівки насіння, м;

b – довжина малої осі еліпсоїда зернівки насіння, м;

ρ – питома вага насіння, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$;

α – кут нахилу конвеєра до горизонтальної площини, градусів;

k_1 – коефіцієнт лінійної апроксимації залежності динамічного коефіцієнта тертя зернівки насіння по стрічці конвеєра від сили нормального тиску, Н^{-1} ;

k_2 – коефіцієнт лінійної апроксимації залежності динамічного коефіцієнта тертя зернівки насіння по стрічці конвеєра від сили нормального тиску;

ε_0 – електрична стала, $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$, $\text{Ф} \cdot \text{м}^{-1}$;

μ – показник розрядження зернівок насіння;

h – висота розташування коронуючих електродів над конвеєрною стрічкою, м;

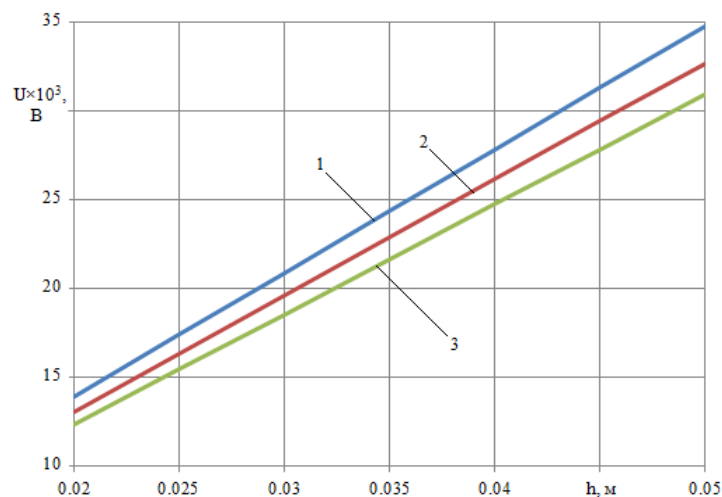
k_ϕ – коефіцієнт форми зернівок насіння;

σ – товщина стрічки конвеєра, м.

У результаті розв'язання системи рівнянь (15) – (18) була отримана аналітична залежність, яка дозволяє визначити необхідну величину напруги джерела живлення електродної системи для утримання зерен насіння на стрічці круто похилого конвеєра.

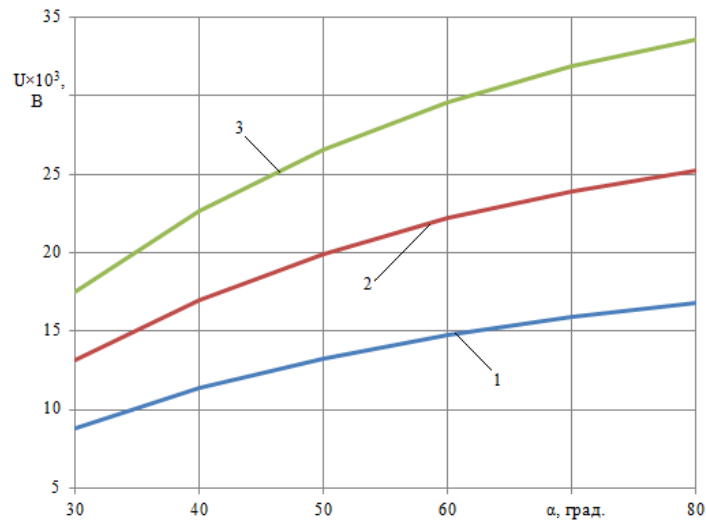
$$U \geq \sqrt{\frac{\left(\sqrt{\frac{\pi \cdot a \cdot b^2 \cdot \rho \cdot g \cdot \sin \alpha}{6 \cdot k_1} + \frac{k_2^2}{4 \cdot k_1^2}} - \frac{\pi \cdot a \cdot b^2 \cdot \rho \cdot g \cdot \cos \alpha}{6} - \frac{k_2}{2 \cdot k_1} \right)}{\frac{\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot a \cdot b \cdot \mu}{h^2 \cdot k_\phi} \cdot \left(1 + \frac{a \cdot b \cdot \mu}{4 \cdot (b + 2 \cdot \sigma)^2 \cdot k_\phi} \right)}} \quad (19)$$

На рисунках 3.7 і 3.8 представлені характерні залежності напруги джерела живлення електродної системи від кута нахилу конвеєра, висоти розташування коронуючих електродів та показника розрядження зерен насіння під час транспортування пшениці. Досліджувані параметри зерен і конвеєрної стрічки включають: $\rho = 750 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$; $a = 0,006 \text{ м}$; $b = 0,03 \text{ м}$; $\alpha = 45^\circ$; $k_1 = 0,02311$; $k_2 = 0,2834$; $\sigma = 0,004 \text{ м}$; $k_\phi = 0,55$. Аналіз цих залежностей показує, що зростання кута нахилу конвеєра та висоти коронуючих електродів призводить до збільшення напруги джерела живлення, необхідної для утримання насіння на стрічці. Ці фактори слід враховувати при проектуванні круто похилих конвеєрів, які забезпечують утримання насіння за допомогою електричної сили поля коронного розряду.



$$1 - \mu = 0,8; 2 - \mu = 0,9; 3 - \mu = 1$$

Рис. 3.7 – Залежність напруги електродної системи від висоти розташування голок коронуючого електрода



1 – $h = 0,02$ м; 2 – $h = 0,03$ м; 3 – $h = 0,04$ м

Рис. 3.8 – Залежність напруги електродної системи від кута нахилу стрічки конвеєра

Виготовлення фрагмента стрічкового конвеєра проводилося з урахуванням оптимальних параметрів електродної системи, отриманих під час теоретичних і експериментальних досліджень. Для цього була використана конвеєрна стрічка довжиною 2 м, шириною 0,5 м і товщиною 0,004 м. Діаметр приводних барабанів становить 0,18 м.

Для регулювання швидкості руху стрічки, яка може коливатися від 0,5 м/с до 3 м/с, застосований частотний перетворювач моделі VFD022E43A.



Рис. 3.9 - Загальний вигляд частотного перетворювача, для регулювання швидкості транспортера

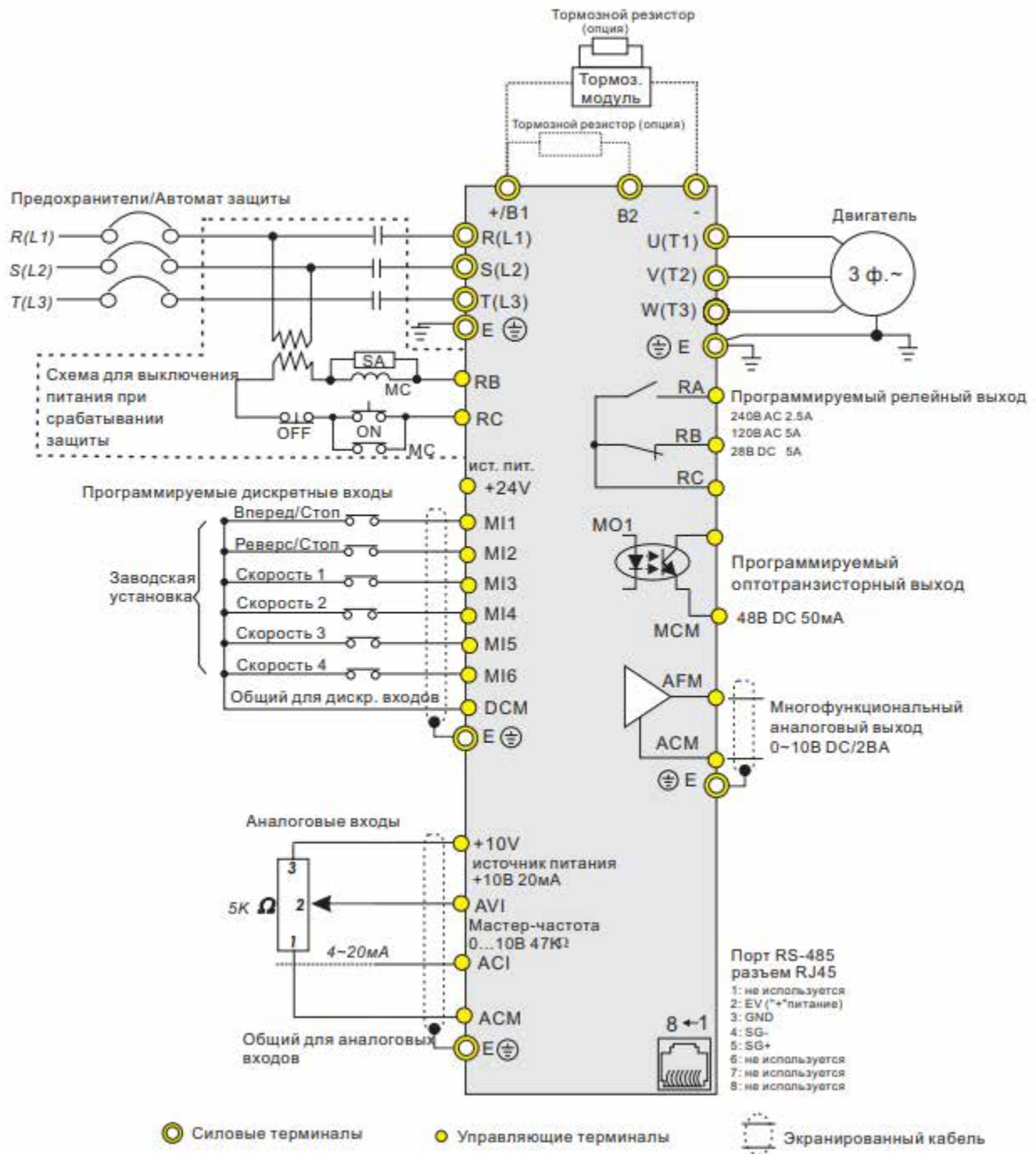


Рис. 3.10 – Схема підключення частотного перетворювача

Основні характеристики частотного перетворювача:

Вихідна частота – 0,1-600 Гц

Характеристики моменту – Автоматична компенсація моменту і ковзання;
пусковий момент: 150% на 3.0 Гц

Перевантажувальна здатність - 150% від номінального тока на протязі 1 хв.

Пропускні частоти – три зони, з діапазоном 0.1 – 400 Гц.

Час розгону/сповільнення – 0,1-600 секунд.

Клас захисту – IP20.

Ступінь забруднення – 2.

Місце для установки – Висота до 1000 м над рівнем моря, всередині приміщення без корозійному, газів, пилю, рідин.

Робоча температура - -10 до +50 градусів за цельсієм, без конденсата і інею.

Температура зберігання – від -20 до +60° С

Загальний вигляд виготовленого фрагмента стрічкового конвеєра можна побачити на рисунку 3.11.



Рис. 3.11 – Загальний вигляд фрагменту крутосхилого стрічкового конвеєра

На основі розробленого конвеєра була створена лабораторна установка, яка дозволяє проводити дослідження та визначати енергетичні показники

процесу транспортування насіння крутосхилим конвеєром. Установа забезпечує утримання зерен насіння на стрічці за допомогою електричної сили поля коронного розряду.

Використовуючи лабораторну установку (див. рис. 3.12), були проведені дослідження, в результаті яких отримані експериментальні залежності питомої продуктивності транспортування насіння пшениці конвеєром від швидкості руху стрічки. Дослідження проводилися при напрузі джерела живлення 30 кВ та куті нахилу 45° (див. рис. 3.12). Виявлено, що найбільша продуктивність конвеєра спостерігається при швидкості стрічки в діапазоні від 0,8 до 0,85 м/с.

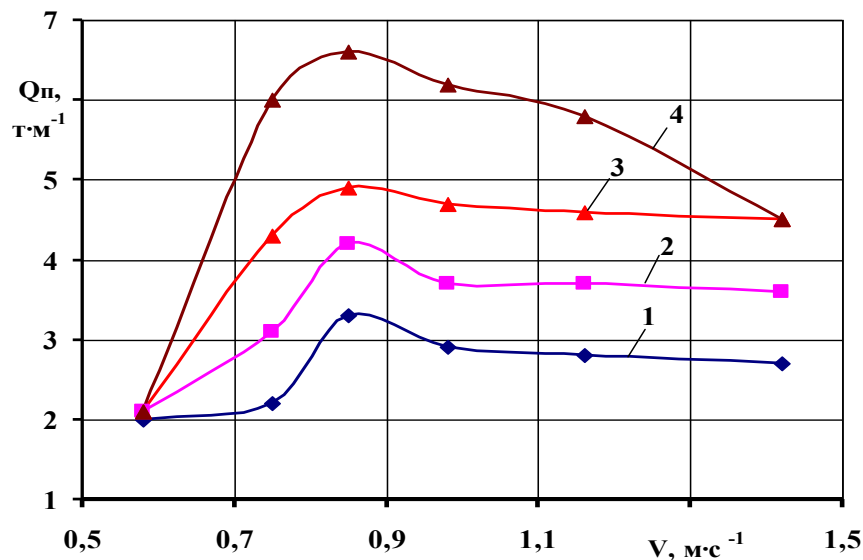


Рис. 3.12 – Загальний вигляд лабораторної установки для визначення енергетичних показників крутосхилого конвеєра з утриманням насіння на стрічці електричною силою поля коронного розряду

1 – система електродів; 2 – регульований електропривід; 3 – джерело живлення електродної системи ДВН-30; 4 – блок керування джерела живлення ДВН-30; 5 – електронний секундомір; 6 – мікроамперметр М266М; 7 – вольтметр

універсальний цифровий В7 – 40; 8 – дільник напруги ДВН Тг5.171.101; 9 – гігрометр Testo 608 – Н1; 10 – електронні ваги; 11 – рама крутосхилого конвеєра; 12 – конвеєрна стрічка; 13 – завантажувальний бункер; 14 – приймальний лоток; 15 – перемикач потоку насіння.

Отримана залежність питомої потужності електродної системи від відстані між вістрями голок коронуючого електроду і стрічкою конвеєра та площею поперечного перерізу виходу насіння з бункера (рис. 3.14). Встановлено, що при змінах площі поперечного перерізу виходу насіння з бункера від $2 \cdot 10^{-5}$ м² до $7 \cdot 10^{-5}$ м² та відстані між вістрями голок коронуючого електроду і стрічкою від $1 \cdot 10^{-5}$ м до $5 \cdot 10^{-5}$ м, питома потужність електродної системи зростає в межах від 3 Вт·м⁻² до 7,5 Вт·м⁻² .



1 – $27 \cdot 10^{-6}$ м²; 2 – $43 \cdot 10^{-6}$ м²; 3 – $56 \cdot 10^{-6}$ м²; 4 – $66 \cdot 10^{-6}$ м²

Рис. 3.13 – Залежності питомої продуктивності конвеєра при транспортуванні насіння в полі коронного розряду від лінійної швидкості стрічки при різних площах поперечного перерізу виходу насіння з бункера

Для крутосхилого конвеєра з висхідною частиною стрічки довжиною 2 м і шириною 0,5 м були отримані розрахункові залежності потужності електроприводу та електродної системи від продуктивності конвеєра під час транспортування насіння пшениці. У процесі розрахунків використовувалися результати експериментальних досліджень, які відображають залежність

питомої потужності електродної системи від відстані між вістрями голок коронуєчого електроду та стрічкою транспортера, а також площі поперечного перерізу виходу насіння з бункера. Додатково було враховано залежність питомої продуктивності конвеєра від лінійної швидкості стрічки при різних площах поперечного перерізу виходу насіння.

Аналіз отриманих залежностей (див. рис. 3.15) свідчить, що потужність електродної системи, необхідна для утримання насіння на стрічці крутосхилого конвеєра, становить приблизно 10 % від потужності електроприводу конвеєра.

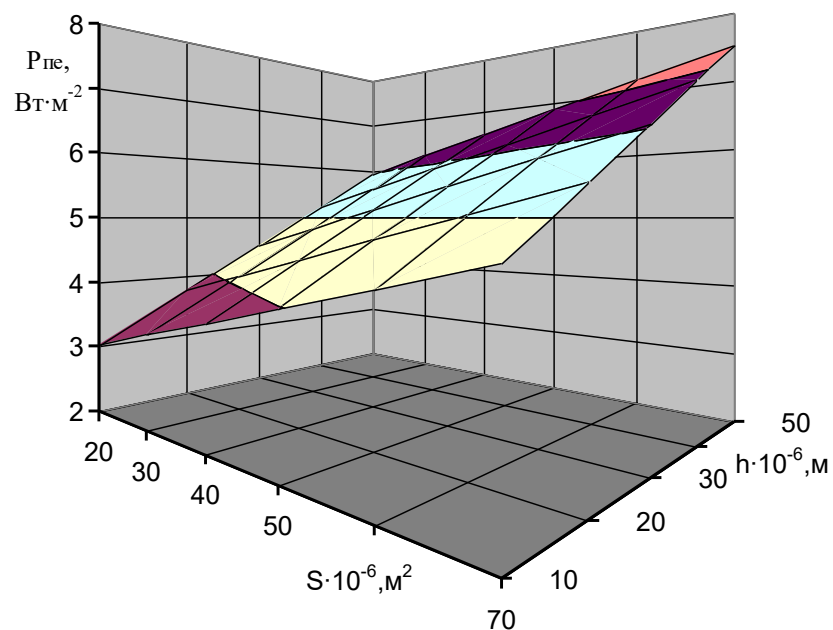


Рис. 3.14 – Залежність питомої потужності електродної системи від відстані між вістрями голок коронуєчого електроду і стрічкою транспортера та площею поперечного перерізу виходу насіння з бункера

$P_{пе}$ – питома потужність електродної системи, $Вт \cdot м^{-2}$; S – площа поперечного перерізу виходу насіння з бункера, $м^2$; h – відстань між вістрями голок коронуєчого електроду і стрічкою.

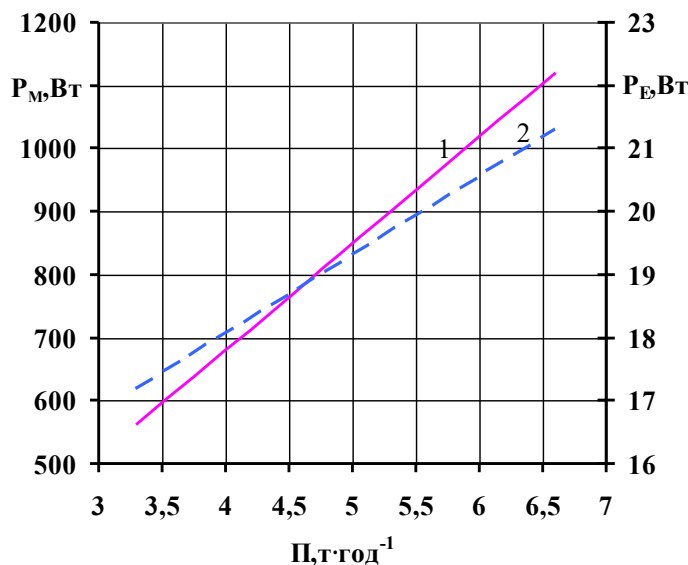


Рис. 3.15 – Залежність потужності електропривода і потужності електродної системи від продуктивності стрічкового крутосхилого конвеєра при транспортуванні насіння пшениці

1 – потужність електроприводу конвеєрної стрічки; 2 – потужність електродної системи яка необхідна для утримання насіння на стрічці конвеєра

Встановлено, що за рахунок зменшення не менше ніж на 10% травмування насіння у процесі його підготовки економічний ефект становитиме 135,3 грн·га⁻¹.

У сучасних системах післязбиральної та передпосівної обробки зернових матеріалів основні принципи очищення та сортування ґрунтуються на фізико-механічних відмінностях зерна, таких як розмір, форма, питома вага, аеродинамічні властивості та стан поверхні. Проте традиційні методи не завжди дозволяють отримати якісне насіння із поліпшеними посівними характеристиками, оскільки не забезпечують однорідності фракцій, не адаптуються до змінних параметрів сировини та не завжди відділяють важковиділювані домішки.

Сьогодні насінневий матеріал готується на високопродуктивних машинах, але це часто призводить до травмування зерна, що негативно впливає на його посівні якості. У складі зернової маси також можуть бути домішки, які мають

схожі фізико-механічні характеристики з основним насінням, що значно ускладнює їх відокремлення й знижує врожайність та чистоту посівів.

Вирішенням цієї проблеми може стати електростатичний сепаратор ЕСН-0,1. Цей пристрій розроблений для очищення та сортування насіння у сильному електричному полі. Головна особливість сепаратора – можливість розподілення насіннєвого матеріалу за допомогою електростатичного поля високої напруги, що дозволяє відділяти насіння за фізико-механічними (питома вага, розміри, стан поверхні) та електричними (діелектрична проникність, електропровідність) властивостями. Завдяки цьому можна досягти високої чистоти фракцій та мінімізувати втрати повноцінного насіння у відходах.

Запропонований спосіб дає можливість розподіляти посівний матеріал за вагою та ефективно видаляти важковиділювані домішки. ЕСН-0,1 складається з джерела високої напруги, бункера для насіння, електрода високої напруги, заземлювального барабана, приймального бункера з лотками, електроприводу та пульта управління. Під час роботи зернова маса подається у зону дії електричного поля, де зернівки, отримуючи заряди, відхиляються в бік протилежно зарядженого електрода. Після виходу із зони дії насіння утворює потік, який розподіляється на дві фракції: крупне насіння з поліпшеними посівними характеристиками потрапляє у першу фракцію, а менш кондиційне, з домішками, – у другу. Такий підхід дозволяє виділяти найякісніше насіння, недоступне для виділення іншими методами.

Параметри процесу регулюються напруженістю електричного поля та положенням розподільної перегородки. Крім того, електричне поле стимулює проростання насіння та частково знезаражує його поверхню.

Сепаратор ЕСН-0,1 можна застосовувати як у сховищах, так і на відкритих майданчиках перед протруюванням насіння. Дослідження показали, що відібране таким методом насіння має на 10-15% вищу енергію проростання та на 5% більшу масу 1000 насінин, що сприяє підвищенню врожайності. Наприклад, урожайність пшениці після обробки насіння на сепараторі зросла на 2,1–10 центнерів з гектара.



Рис. 3.16 - Загальний вигляд електросепаратора ECH-0,1

Основні технічні характеристики електросепаратора:

- продуктивність, кг•год-1 – до 100;
- фракції розподілу насіння – 2: перша фракція з поліпшеними посівними якостями та врожайними властивостями насіння; друга фракція з гіршими показниками насіння;
- відбір насіння у другу фракцію,% – до 30;
- встановлена потужність електрообладнання, Вт – 350;
- напруга мережі живлення, В – $220 \pm 10\%$;
- джерело високої напруги – ДВН-30;
- електрична напруга на електродах, кВ – 25-30
- габаритні розміри, мм: довжина – 930; ширина – 520; висота – 1000;

- маса електросепаратора, кг – 80;
- кількість обслуговуючого персоналу, чол. – 1.

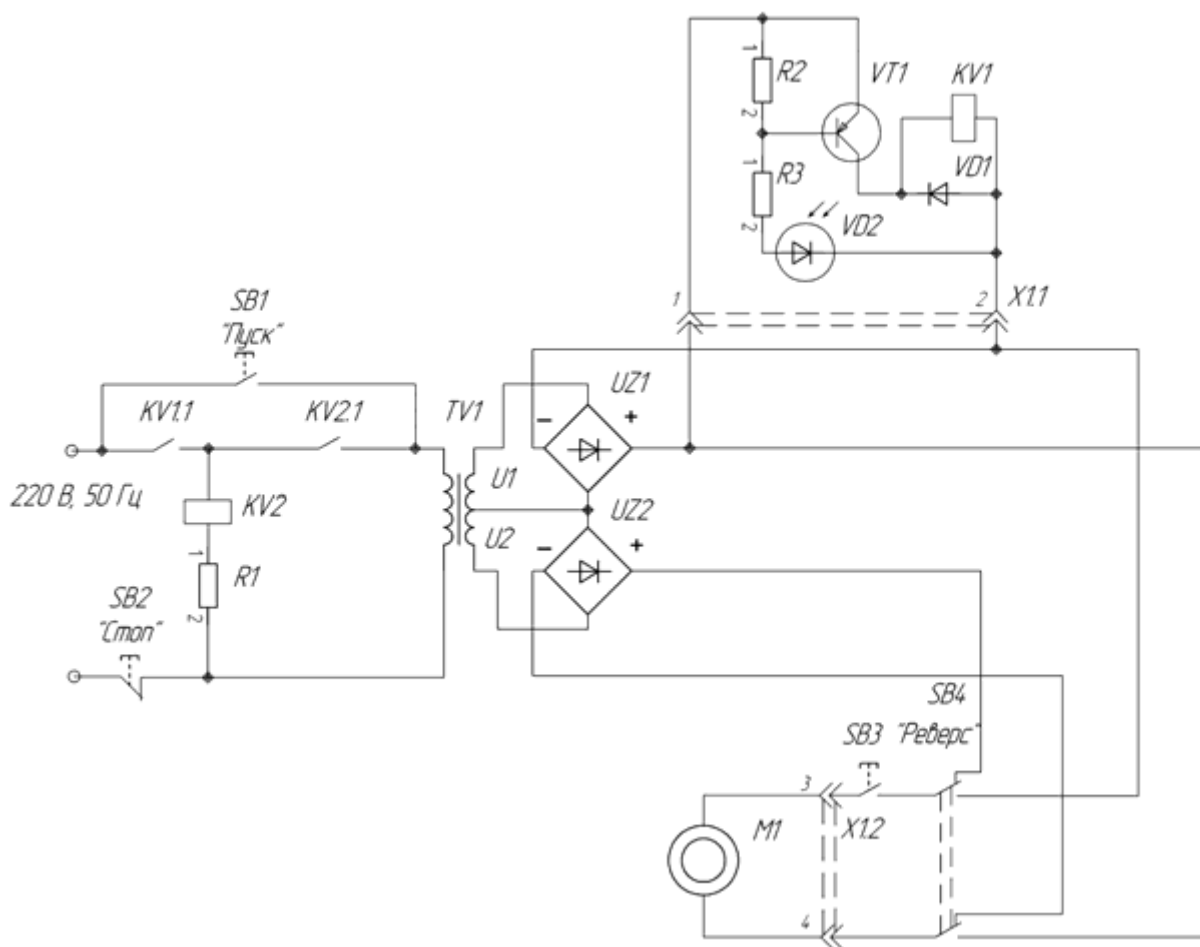


Рис. 3.17 – Принципова електрична схема керування електроприводом похилої площини лабораторної установки

Результати показали, що застосування електросепаратора під час передпосівної підготовки насіння зернових культур в електричному полі призвело до збільшення урожайності сортів озимої пшениці «Традиція» та «Нива» на 8,75–9,1 %, а також сортів озимого ячменю «Буревій», «Достойний» та «Дев'ятий вал» на 2,1–4,1 %. Крім того, маса 1000 насінин озимої пшениці зросла на 4–6,4 %, тоді як для ячменю цей показник зріс на 1,2–1,4%. В електростатичному полі фракційний розподіл насіння озимого ячменю з гібридних популяцій за голозерністю дозволяє відділити близько 76 % голозерного насіння. Встановлено, що передпосівна підготовка насіння ярого

ячменю сортів Південний та Едем забезпечила підвищення: енергії проростання — на 5,6 та 4,5%, кількості рос-лин через місяць після висіву — на 12,8 і 47, висоти рослин — на 3,5 і 20, кількості колосків — на 4,2 і 18 та врожайності — на 31,5 і 24% відповідно.

Сепаратор ЕСН-1 можна використовувати у насінницьких господарствах, де під час очищення та сепарування насінневого матеріалу застосовують поточкові зерноочисні лінії промислового виробництва, до складу яких входять завантажувальні пристрої, машини попереднього очищення, складні зерноочисні машини, а також транспортери, норії і бункери.

У процесі розподілення зернових матеріалів в основну фракцію відбирається до 70% насіння із поліпшеними посівними якостями та врожайними властивостями.

Економічна ефективність від застосування електросепаратора у процесах передпосівної підготовки становить 123,5 грн/га, а термін окупності — 0,9 року.

3.2 Вибір типу передачі від електродвигуна до робочої машини, вибір редуктора та визначення передаточного відношення

Технічні дані установки:

Ширина транспортерної стрічки – 0,5 м;

Довжина транспортера – 2 м;

Швидкість стрічки – 1 м/с;

Густина транспортованого матеріалу – 800 кг/м³;

Обертний момент від електродвигуна до транспортера передається через редуктор. Кутова швидкість транспортера визначається за формулою:

$$\omega_{mp} = \frac{v}{R} = \frac{1}{0.14} = 7.143 \quad (20)$$

де R – радіус барабана (приймаємо R=0.14м).

Для привода транспортерів застосовуються електродвигуни з синхронною частотою обертання 1000 об/хв. Якщо прийняти номінальне ковзання електродвигуна 5% то частота обертання двигуна складе 950 об/хв.

Кутова швидкість двигуна

$$\omega_{\partial в} = \frac{\pi n}{30} = \frac{3.14 \cdot 950}{30} = 99.484 \quad (21)$$

де n – частота обертання, об/хв.

Передаточне відношення редуктора визначають за формулою:

$$i = \frac{\omega_{\partial в}}{\omega_{mp}} = \frac{99.484}{7.143} = 13.928 \quad (22)$$

3.3 Попередній вибір електродвигуна за потужністю та частотою обертання

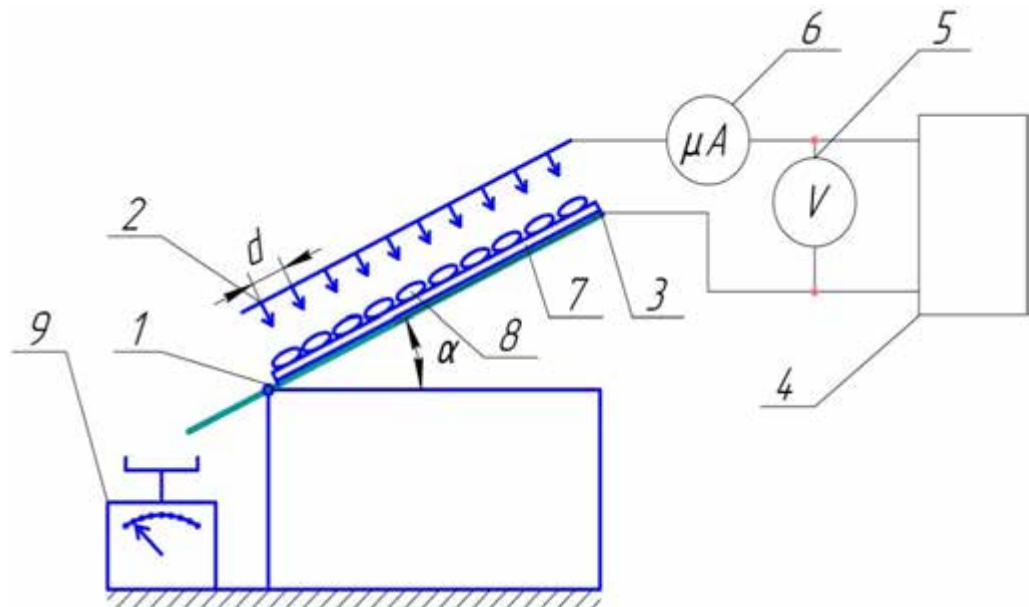


Рис. - 3.18 Геометрична схема транспортера

Опори руху та натягування стрічки визначаємо у відповідних точках схеми транспортера (Мал.1.3.):

$$F_2 = F_1 \varepsilon \quad (23)$$

де ε – коефіцієнт опору на відхиляючому барабані, $\varepsilon = 1,02$.

$$F_3 = F_2 + (q_c + q_{пн}) l k_{п} = F_1 \varepsilon + (q_c + q_{пн}) l k_{п} \quad (24)$$

де q_c – навантаження від 1 погонного метра транспортерної стрічки, кг/м (приймаємо $q_c = 8B$); $q_{пн}$ – погонне навантаження від обертових частин

ролікоопор, кг/м (приймаємо 9,6 кг/м); l – довжина холостої вітки, м (приймаємо 1,25L, де L – довжина транспортера); k_{Π} – коефіцієнт опору ролікоопор, $k_{\Pi}=0,022$.

$$F_4 = F_3 \varepsilon = F_1 \varepsilon^2 + (q_c + q_{\Pi\Pi}) l k_{\Pi} \varepsilon. \quad (25)$$

$$F_5 = F_4 k_1 = F_1 k_1 \varepsilon^2 + (q_c + q_{\Pi\Pi}) l k_{\Pi} k_1 \varepsilon, \quad (26)$$

де k_1 – коефіцієнт збільшення натягування стрічки при огинанні барабану, $k_1=1,05$.

$$F_6 = F_5 + (q_v + q_c + q_{\Pi\text{Ж}}) l k_{\text{Ж}} + F_{\text{зав}} + F_{\text{борт}}, \quad (27)$$

де $k_{\text{Ж}}$ – коефіцієнт опору ролікоопор, $k_{\text{Ж}}=0,025$; q_v – навантаження від транспортованого вантажа, кг/м; $q_{\Pi\text{Ж}}$ – погонне навантаження від жолобчатих ролікоопор, м;

$$q_v = \rho \cdot B \cdot h = 800 \cdot 0.5 \cdot 0.02 = 8 \quad (28)$$

де ρ – питома густина транспортованого матеріалу, кг/м³; B – ширина стрічки, м; h – висота транспортованого матеріалу, м (приймаємо $h=0,02$ м); $F_{\text{зав}}$ – опір завантажувального пристрою, кг; $F_{\text{борт}}$ – опір бортів лотка.

Опір завантажувального пристрою:

$$F_{\text{зав}} = \frac{l_{\text{в}}}{B_{\text{в}}} q_{\text{в}} h_{\text{з}}' + G k_{\text{Ж}} \quad (29)$$

де $l_{\text{в}}$ – довжина завантажувальної воронки, м; $B_{\text{в}}$ – ширина воронки, м (приймаємо $l_{\text{в}}=B_{\text{в}}$); $h_{\text{з}}'$ – коефіцієнт, $h_{\text{з}}'=0,5$; G – сила тиску вантажу на стрічку:

$$G = 0,1 Q \sqrt{h_1}, \quad (30)$$

де Q – продуктивність транспортера, кг/с, h_1 – висота падіння вантажу, м, $h_1=0,1$ м.

Тоді із (7) і (8) отримаємо:

$$F_{\text{зав}} - \frac{l_{\text{в}}}{B_{\text{в}}} q_{\text{в}} h_{\text{з}}' + 0,1 q_{\text{в}} \sqrt{h_1} k_{\text{Ж}} = q_{\text{в}} \left(\frac{l_{\text{в}}}{B_{\text{в}}} h_{\text{з}}' + 0,1 \sqrt{h_1} k_{\text{Ж}} \right). \quad (31)$$

Опір бортів лотка:

$$F_{\text{борт}} = f h^2 \rho n_{\text{б}} l, \quad (32)$$

де f – коефіцієнт тертя об стінки лотка, $f=0,8$; h – висота вантажів біля бортів, м; $n_{\text{б}}$ – коефіцієнт бокового тиску;

$$n_{\sigma} = \frac{1.2 + \nu}{1 + 2f_{\sigma}^2} = \frac{1.2 + 1}{1 + 2 \cdot 0.7^2} = 1.111 \quad (33)$$

де f_{σ} – коефіцієнт внутрішнього тертя, $f_{\sigma}=0,7$.

Тоді

$$F_6 = F_1 k_1 \varepsilon^2 + (q_c + q_{пн}) l k_{п} k_1 \varepsilon + (\rho B h + q_c + q_{пж}) l k_{ж} + \rho B h \left(\frac{l_B h'_3}{B_B} + 0,1 \nu \sqrt{h_1 k_{ж}} \right) + f h^2 \rho n_{\sigma} l \quad (34)$$

Силу F_6 можна визначити за формулою:

$$F_6 = F_1 e^{\mu a} \quad (35)$$

де $e^{\mu a}$ – тяговий фактор, $e^{\mu a}=2,56$.

Тоді із (34) і (35) отримаємо:

$$F_1 = \frac{1}{e^{\mu a} - k_1 \varepsilon^2} (l k_{п} k_1 \varepsilon (q_c + q_{пн}) + l k_{ж} (q_c + q_{пж}) + \rho (B h l k_{ж} + B h \left(\frac{l_B}{B_B} h'_3 + 0,1 \nu \sqrt{h_1 k_{ж}} \right) + f h^2 n_{\sigma} l)) = \frac{1}{2.56 - 1.05 \cdot 1.02^2} \cdot (2.5 \cdot 0.022 \cdot 1.05 \cdot 1.02 \cdot (2.4 + 9.6) + 2.5 \cdot 0.025 \cdot (2.4 + 9.6) + 800 \cdot (0.5 \cdot 0.02 \cdot 2.5 \cdot 0.025 + 0.5 \cdot 0.02 \cdot \left(\frac{1}{1} \cdot 0.5 + 0.1 \cdot 1 \cdot \sqrt{0.1} \cdot 0.025 \right) + 0.8 \cdot 0.02^2 \cdot 1.111 \cdot 2.5) = 4.458 \quad (36)$$

Тягове зусилля на приводному барабані

$$F_c = F_6 - F_1 = F_1 (e^{\mu a} - 1) \quad (37)$$

Тоді з урахуванням (14) отримаємо

$$F_c = \frac{e^{\mu a} - 1}{e^{\mu a} - k_1 \varepsilon^2} (l k_{п} k_1 \varepsilon (q_c + q_{пн}) + l k_{ж} (q_c + q_{пж}) + \rho (B h l k_{ж} + B h \left(\frac{l_B}{B_B} h'_3 + 0,1 \nu \sqrt{h_1 k_{ж}} \right) + f h^2 n_{\sigma} l)) = \frac{2.56 - 1}{2.56 - 1.05 \cdot 1.02^2} \cdot (2.5 \cdot 0.022 \cdot 1.05 \cdot 1.02 \cdot (4 + 9.6) + 2.5 \cdot 0.025 \cdot (4 + 9.6) + 800 \cdot (0.5 \cdot 0.02 \cdot 2.5 \cdot 0.025 + 0.5 \cdot 0.02 \cdot \left(\frac{1}{1} \cdot 0.5 + 0.1 \cdot 1 \cdot \sqrt{0.1} \cdot 0.025 \right) + 0.8 \cdot 0.02^2 \cdot 1.111 \cdot 2.5) = 7.103 \quad (38)$$

Потужність електродвигуна для привода транспортера визначають за формуло

$$P = \frac{K_3 F_c v}{102 \eta_n} = \frac{1.25 \cdot 7.103 \cdot 1}{102 \cdot 0.87} = 0.103 \quad (39)$$

де K_3 – коефіцієнт запасу, $K_3=1,25$; η_n – ККД передачі, $\eta_n=0,87$

3.4 Розрахунок навантажувальної діаграми електродвигуна транспортера та визначення потужності електродвигуна за тепловим режимом під час роботи

При роботі навантаження на електродвигуні транспортера змінюється від $P_1 = 0.8 \cdot P = 0.8 \cdot 0.103 = 0.082 \text{кВт}$ до $P_2 = 1.2 \cdot P = 1.2 \cdot 0.082 = 0.123 \text{кВт}$

Вибираємо двигун АІР 0,18 кВт 1000 ОБ/ХВ – АІР 63 А6

Таблиця 3.1-3.2

Технічні характеристики двигуна

Тип	P, кВт	n, об/хв	КПД, %	cosφ	In, А	In/In	Mm/Mn	Mп/Mн	Маса, кг
АІР63А6	0,18	860	55,5	0,64	0,80	4,1	2,0	1,9	6,4

Характеристика	Значення
Потужність 0,18 кВт	0,18 кВт
Частота обертання поля статора	1000 об/хв
Швидкість обертання валу	860 об/хв
Тип	Асинхронний
Напруга живлення Трифазне	Трифазне, 220/380 вольт
Монтажне виконання	Лапи/фланець/комбіноване
Номінальний струм	0,8 А
ККД	55,5%
Співвідношення моментів струму	1,9
Співвідношення моменту сили Mmax/Mn	2,0
Відношення струму In/In	4,1
Момент інерції	0,0008 кг·м ²
Діаметр валу	14 мм
Вага	6,4 кг
Передній/задній підшипник	6202 ZZ-C3/6202 ZZ-C3
Рівень шуму	до 51 дБ

Будуємо навантажувальну діаграму електродвигуна

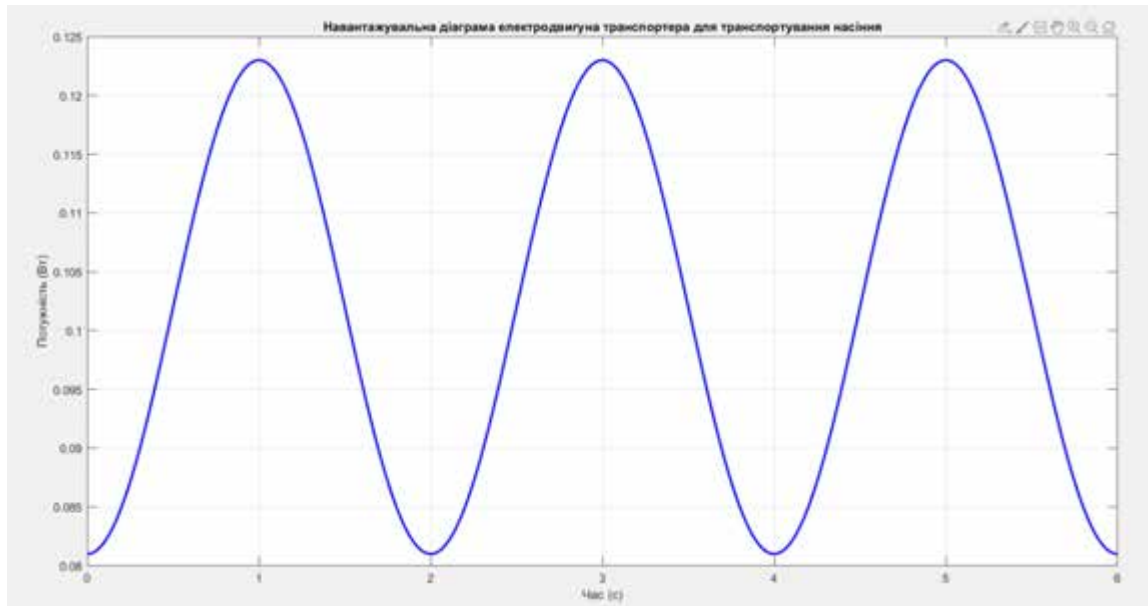


Рис. 3.19 - Навантажувальна діаграма електродвигуна транспортера при транспортуванні насіння

За навантажувальною діаграмою визначаємо еквівалентну потужність:

$$P_e = \sqrt{\frac{P_1^2 + P_1 P_2 + P_2^2}{3}} = \sqrt{\frac{0,082^2 + 0,082 \cdot 0,123 + 0,123^2}{3}} = 0,104 \text{ кВт} \quad (40)$$

Двигун перевіряємо за умовою:

$$P_{нд} \geq P_e \rightarrow 0,18 \geq 0,104 \quad (41)$$

Двигун відповідає вимогам тому робимо висновок що двигун вибрано вірно.

3.5 Розрахунок і побудова механічної характеристики робочої машини

Зведений момент статичних опорів транспортера визначається за формулою:

$$M_c = \frac{F_c g v}{\eta \omega_d} = 0,913 \quad (42)$$

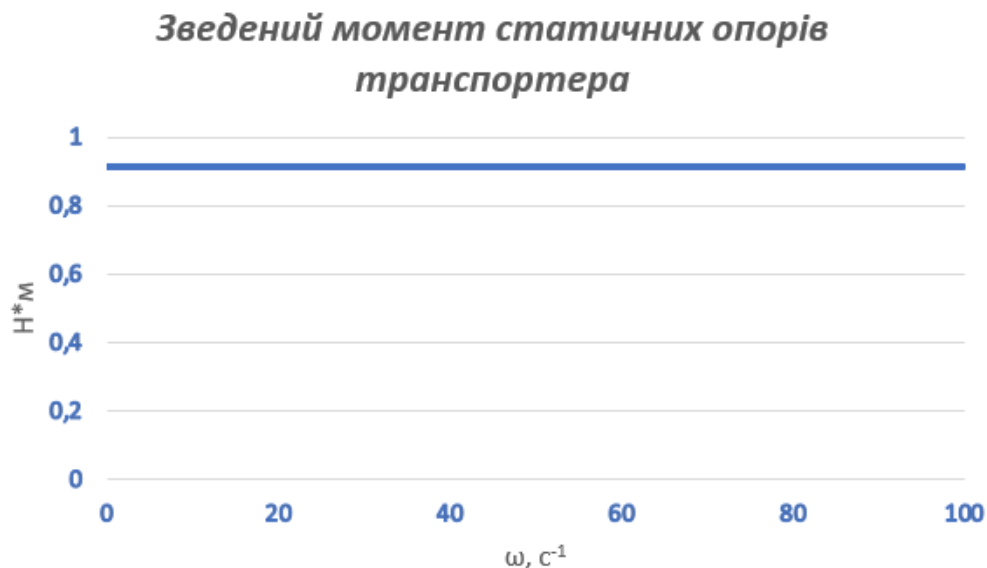


Рис. 3.20 – Зведений момент статичних опорів транспортера

3.6 Розрахунок і побудова механічної характеристики електродвигуна за частоти струму f_{\min} та f_{\max}

Для розрахунку механічної характеристики асинхронного двигуна за каталоговими даними при номінальній частоті (50 Гц) використовуємо спрощену формулу Клосса.

$$M = \frac{2 \cdot M_{\max}}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s}} \quad (43)$$

де M_{\max} - максимальний момент двигуна, Н·м. Визначається як

$$M_{\max} = M_n \cdot \mu_k = 1,999 \cdot 2 = 3,998 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (44)$$

де $\mu_k = 2$ - кратність максимального моменту, наведеного в каталогах,

$$M_n = \frac{9550 \cdot P_n}{n_n} = \frac{9550 \cdot 0,18}{860} = 1,999 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (45)$$

де s_k – критичне ковзання.

Критичне ковзання визначають за формулою:

$$s_k = \frac{s_n \cdot [\mu_k + \sqrt{\mu_k^2 + 2 \cdot s_n (\mu_k - 1)} - 1]}{1 - 2 \cdot s_n (\mu_k - 1)} = \frac{0,14 \cdot [2 + \sqrt{2^2 + 2 \cdot 0,14 \cdot (2 - 1)} - 1]}{1 - 2 \cdot 0,14 \cdot (2 - 1)} = 0,741 \quad (46)$$

Номінальне ковзання визначають за формулою:

$$s_H = \frac{n_c - n_H}{n_c} = \frac{1000 - 860}{1000} = 0.14 \quad (47)$$

де:

n_c – синхронна частота обертання 1000 об/хв.

n_H – синхронна частота обертання 860 об/хв.

Розрахунок природної механічної характеристики проводять при ковзаннях:

Таблиця 3.3

Значення номінального ковзання

$S_{1..13}$	0,025	0,05	0,075	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$M_{1..13}$	0,269	0,537	0,801	1,06	2,011	2,781	3,342	3,707	3,91	3,991	3,986	3,923	3,825

Кутову швидкість двигуна на природній характеристиці визначають за виразом:

$$\omega = \omega_c(1 - s) \quad (48)$$

де ω_c – синхронна кутова швидкість:

$$\omega_c = \frac{2\pi f_n}{p} \quad (49)$$

де p – кількість пар полюсів - 3, $f_n = 50$ Гц

Проводимо розрахунки при наступних умовах:

$f_n = 50$ Гц - частота;

$p = 3$ - кількість полюсів;

Синхронна кутова швидкість

$$\omega_c = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_n}{p} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 50}{3} = 104.72 \quad (50)$$

Кутова швидкість при штучних швидкостях

$$\omega = \omega_c(1-s) \quad (51)$$

Таблиця 3.4

Значення кутової швидкості

S _{1...13}	0,025	0,05	0,075	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\omega_{1...13}$	102,102	99,484	96,866	94,248	83,776	73,304	62,832	52,36	41,888	31,416	20,944	10,472	0

Кратність максимального моменту при частотах, відмінних від номінальної:

$$\mu_{kf} = \mu_{k50} \frac{k_U^2}{k_f^2} \quad (52)$$

де μ_{k50} - кратність максимального моменту при номінальній частоті (50 Гц);

k_U – коефіцієнт зміни напруги ($k_U = \frac{U}{U_n}$);

k_f – коефіцієнт зміни частоти ($k_f = \frac{f}{f_n}$).

Для транспортера закон зміни напруги при зміні частоти струму $\frac{U}{f} = const$.

Тоді:

$$\mu_{kf} = \mu_{k50} \quad (53)$$

Критичні ковзання s_{kf} при частотах, відмінних від номінальної, визначають за формулою:

$$s_{kf} = \frac{s_{k50}}{k_f} \quad (54)$$

де s_{k50} – критичне ковзання при частоті 50 Гц.

Кутову швидкість двигуна на штучних характеристиках визначають за виразом:

$$\omega_f = \omega_{cf}(1-s_f) \quad (55)$$

де ω_{cf} – синхронна кутова швидкість при частоті струму f :

$$\omega_{cf} = \frac{2\pi f}{p} \quad (56)$$

Проводимо розрахунок при частоті $f_n = 20 \text{ Гц}$, тоді:

Коефіцієнт зміни частоти

$$k_{f \max} = \frac{f}{f_n} = \frac{20}{50} = 0,4 \quad (57)$$

Критичне ковзання при частоті 20 Гц

$$s_{f \max} = \frac{s_k}{k_{f \max}} = \frac{0,741}{0,14} = 1,853 \quad (58)$$

Відповідно:

Синхронна кутова швидкість;

$$\omega_c = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_n}{p} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 20}{3} = 41,888 \quad (59)$$

Таблиця 3.5

Значення критичного ковзання, синхронної кутової швидкості і моменту

$S_{1...13}$	0,025	0,05	0,075	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$M_{1...13}$	0,108	0,216	0,323	0,43	0,853	1,262	1,649	2,011	2,344	2,644	2,91	3,143	3,342
$\omega_{1...13}$	40,841	39,794	38,746	37,699	33,51	29,322	25,133	20,944	16,755	12,566	8,378	4,189	0

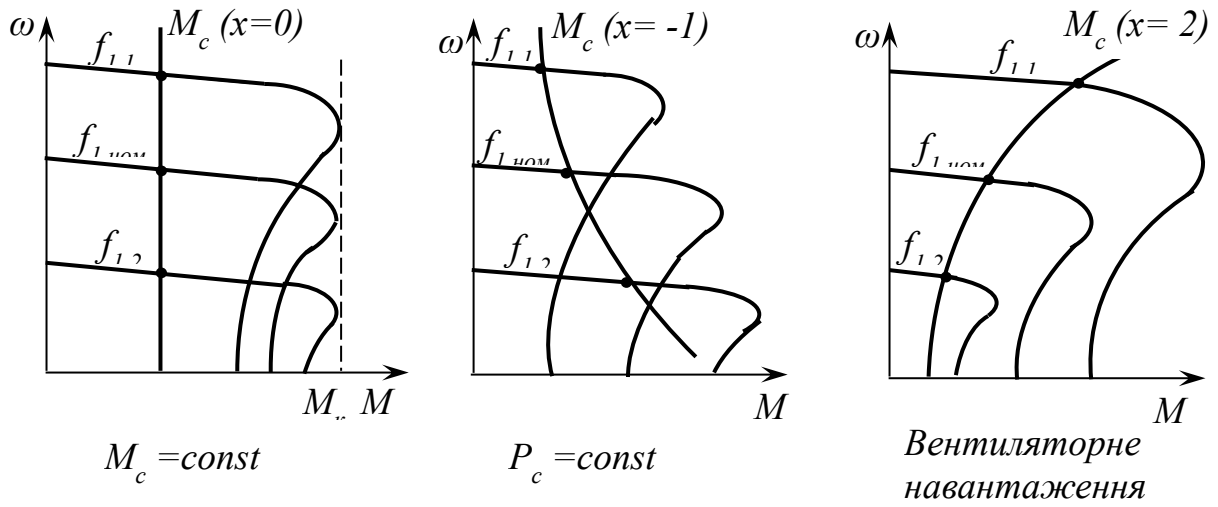


Рисунок 3.21 – Базові відображення штучних характеристик двигуна

Будуємо механічні характеристики при частотах $f_n = 50 \text{ Гц}$ та $f_{\min} = 20 \text{ Гц}$:

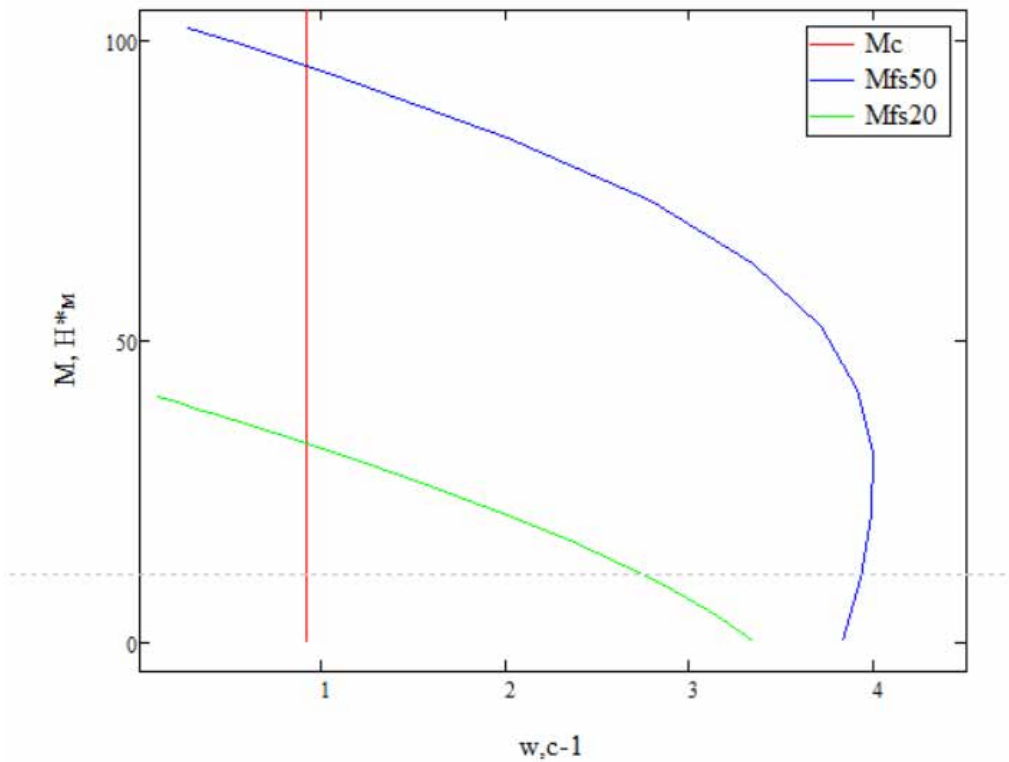


Рис. 3.22 – Механічна характеристика двигуна

3.7 Визначення зведеного до вала двигуна моменту інерції привода і його порівняння з гранично допустимим для вибраного електродвигуна

Зведений до вала двигуна завантаженого транспортера визначають за формулою:

$$J_{зв} = J_p + J_x + \frac{v^2}{\omega_d^2} \rho V h l = 8 \cdot 10^{-4} + 3.5 \cdot 10^{-4} + \frac{1^2}{90.059^2} \cdot 800 \cdot 0.5 \cdot 0.02 \cdot 2.5 = 3.616 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (60)$$

де J_p – момент інерції ротора електродвигуна, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

J_{xx} – зведений момент інерції транспортера на холостому ході, $J_{xx} = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$;

ρ – питома густина транспортованого матеріалу, $\text{кг}/\text{м}^3$;

V – ширина стрічки, м; h – висота транспортованого матеріалу, м (приймаємо $h=0,02$ м);

l – довжина транспортера; ω_d – номінальна кутова швидкість електродвигуна, с^{-1} , .

Гранично допустимий момент інерції для вибраного електродвигуна визначають за формулою:

$$J_{гр.доп} = K K_m P_n^v p^\gamma = 0.045 \cdot 0.4 \cdot 0.18^1 \cdot 3^2 = 0.029 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (61)$$

де K , K_m – коефіцієнти, $K=0,045$; $K_m=0,4$; P_n – номінальна потужність двигуна, кВт; p – число пар полюсів; v , γ – показники степеню, $v=1$; $\gamma=2$.

3.8 Визначення тривалості пуску електродвигуна

Тривалість пуску двигуна визначають графоаналітичним методом.

1. В першому квадранті будують механічну характеристику двигуна і робочої машини і знаходять динамічний момент: $M_J = M_d - M_c$.
2. Вісь швидкостей ділять на декілька ділянок $\Delta\omega_i$.
3. Для кожної ділянки $\Delta\omega_i$ знаходять середнє значення динамічного моменту $M_{J\text{ ср } i}$.
4. Визначають приріст часу:

$$\Delta t_i = \frac{J \Delta \omega_i}{M_{J_{cp i}}} \quad (62)$$

5. Час пуску визначають за формулою:

$$t_{\text{пуск}} = \sum_{i=1}^n \Delta t_i \quad (63)$$

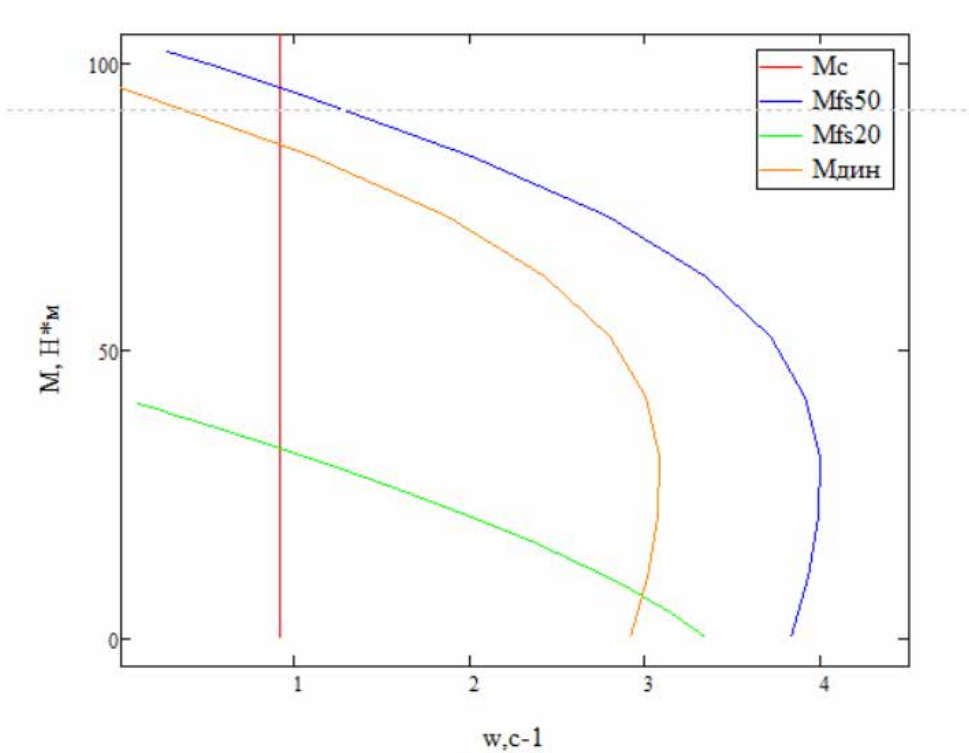


Рис. 3.23 - Визначення часу пуску двигуна графо-аналітичним методом

Таблиця 3.6

Вихідні значення

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\Delta \omega_i$	11	11	11	11	11	11	11	11	11
$M_{J_{cp i}}$	3.22	3.3	3.36	3.27	3.1	2.7	2.23	1.4	0.5

Відповідно час пуску буде:

$$t_{\text{пуск}} = \frac{3.616 \cdot 10^{-3} \cdot 11}{3.22} + \frac{3.616 \cdot 10^{-3} \cdot 11}{3.3} + \frac{3.616 \cdot 10^{-3} \cdot 11}{3.36} + \frac{3.616 \cdot 10^{-3} \cdot 11}{3.27} + \frac{3.616 \cdot 10^{-3} \cdot 11}{3.1} + \frac{3.616 \cdot 10^{-3} \cdot 11}{2.7} + \frac{3.616 \cdot 10^{-3} \cdot 11}{2.23} + \frac{3.616 \cdot 10^{-3} \cdot 11}{1.4} + \frac{3.616 \cdot 10^{-3} \cdot 11}{0.5} = 0.202 \text{ с.} \quad (64)$$

3.9 Перевірка вибраного електродвигуна за тепловим режимом під час пуску і на перевантажувальну здатність

Перевірку вибраного електродвигуна за тепловим режимом під час пуску виконують за умовою:

$$\tau_{\text{дон}} \geq v_t \cdot t_{\text{пуск}} \quad (65)$$

де $\tau_{\text{дон}} = 80^\circ\text{C}$; v_t – швидкість нагрівання двигуна ($v_t = 8^\circ\text{C}/\text{с}$), $t_{\text{пуск}}$ – час пуску. Відповідно $80 \geq 8 \cdot 0.202 = 1.616$

Перевірку електродвигуна на перевантажувальну здатність виконують за умовою:

$$M_{\text{max гр}} = 80 \leq \mu_k \cdot M_n \cdot 0.9 \cdot 0.95^2 = 2 \cdot 1.999 \cdot 0.9 \cdot 0.95^2 = 3.247 \quad (66)$$

Умова виконується.

де $M_{\text{max гр}}$ – максимальний момент за навантажувальною діаграмою:

$$M_{\text{max гр}} = \frac{P_2}{\omega_H} = \frac{0.123}{90.059} = 13.66 \cdot 10^{-4} \quad (67)$$

РОЗДІЛ 4

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОМУ КОМПЛЕКСУ ОБРОБКИ НАСІННЯ КОРОННИМ РОЗРЯДОМ

Заходи, що відносяться до раціонального використання електроенергії:

- Автоматизація керування виробничими процесами і вуличним освітленням;
- Вдосконалення технологічних ліній;
- Компенсація реактивної потужності;
- Обмеження холостого ходу машин та електродвигунів;
- Організація функціональної технологічної експлуатації електроустановки;
- Технологічний контроль завантаження електродвигунів та їх заміна на меншу потужність при завантаженні двигуна менше 70 %.

Для електродвигунів змінного струму $\cos \varphi$ є важливим енергетичним показником, який залежить від навантаження на валу двигуна і показує, яка частина повної електричної потужності, що надходить з мережі, перетворюється на активну потужність. Характер зміни цієї залежності показано на рис. 4.1, б. За відсутності навантаження ($P_m = 0$) двигун споживає незначну активну потужність, яка практично дорівнює постійним втратам, і значну реактивну потужність, яка витрачається в основному на створення магнітного поля двигуна. В цьому випадку $\cos \varphi$ має невелике значення.

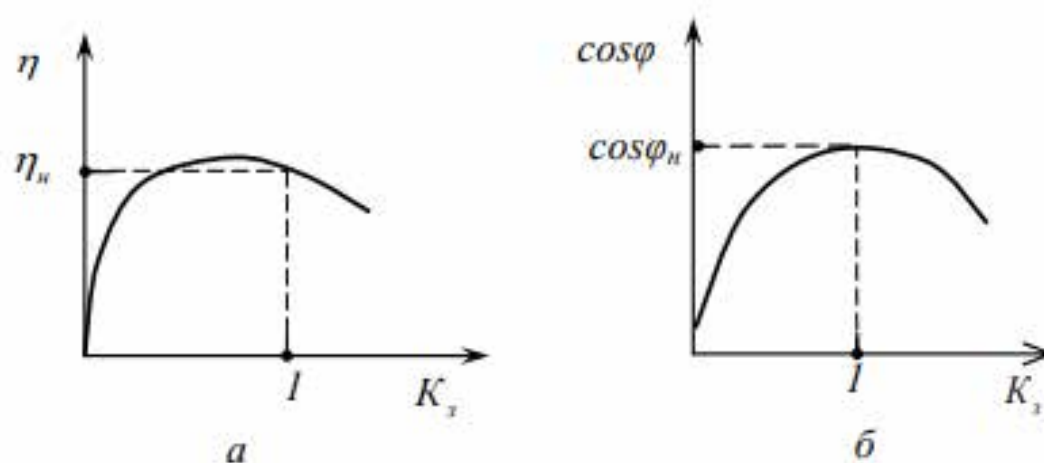


Рис. 4.1. Залежності ККД (а) і $\cos\varphi$ (б) від завантаження двигуна

При збільшенні навантаження споживання реактивної потужності змінюється мало і тоді підвищується $\cos\varphi$. Подальше збільшення навантаження призводить до росту споживання реактивної потужності за рахунок магнітних потоків розсіювання, що призводить до зменшення $\cos\varphi$.

З цього випливає, що для кращого використання електроенергії, зведення до мінімуму її втрат, досягнення максимального значення ККД двигуна в усталених режимах електроприводів, кутова швидкість яких не регулюється, необхідно забезпечити номінальне завантаження та обмежити тривалість холостого ходу двигуна.

За наявності малозавантажених двигунів доцільно провести їх заміну на двигуни менших габаритів, потужність яких відповідає реальній потужності навантаження.

Розрахунки показують, що коли середнє навантаження двигуна складає менше 45 % його номінальної потужності, то заміна цього двигуна менш потужним завжди доцільна. При завантаженні двигунів більше 70 % номінальної потужності їх заміна недоцільна. Коли двигуни завантажені в межах 45–70 % доцільність їх заміни повинна бути визначена додатковими розрахунками.

Реактивна потужність, споживана асинхронним двигуном, пропорційна боковій поверхні ротора і величині повітряного зазору. Тому чим менший зазор

і бокова поверхня ротора, тим вищий $\cos\varphi$. У потужних двигунах зазор відносно менший, ніж в малопотужних, тому вони мають вищий $\cos\varphi$. У високошвидкісних двигунах внаслідок зменшення числа полюсів бокова поверхня менша, ніж у тихохідних, відповідно ці двигуни мають вищий $\cos\varphi$.

На значення $\cos\varphi$ впливають коливання напруги. При повному завантаженні двигуна зниження напруги викличе зниження $\cos\varphi$, а при неповному – його підвищення $\cos\varphi$.

Для підвищення коефіцієнта потужності електропривода змінного струму вживають такі заходи: заміна малозавантажених електродвигунів двигунами меншої потужності; обмеження холостого ходу двигуна шляхом упорядкування технологічного процесу робочої машини; заміна асинхронних двигунів синхронними, коли це економічно виправдано; використання компенсуючих конденсаторів.

РОЗДІЛ 5

ВИМОГИ ДО ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ ПЕРЕДПОСІВНІЙ ОБРОБЦІ НАСІННЯ

Основна задача безпеки праці - максимальне усунення несприятливих виробничих факторів, створення здорових, безпечних і комфортабельних умов на робочих місцях, підвищення продуктивності праці, зниження професійних хвороб і виробничого травматизму, підвищення працездатності людей, максимальний розвиток їх творчих здібностей.

Важлива роль відводиться організації праці і виробництва, організації робочих місць, вивченню безпечних прийомів праці, профорієнтації і профвідбору, контролю за умовами праці і станом здоров'я працюючих, зміцненню трудової і виробничої дисципліни, широкій участі робітників і службовців в створенні здорових і безпечних умов праці.

Передпосівна обробка насіння є важливим етапом підготовки до посіву, який включає в себе такі операції, як очищення, сортування, протруювання та зберігання насіння. Ці процеси виконуються на зернотоках, у бункерах та складах для зберігання насінневого матеріалу. При виконанні цих робіт існує ризик виникнення травм, нещасних випадків та професійних захворювань через особливості технологічного процесу, використання хімічних речовин, підвищену запиленість, механічні травми, а також небезпеки, пов'язані з роботою обладнання.

Основна мета охорони праці при передпосівній обробці насіння полягає у забезпеченні безпечних умов праці для персоналу, зниженні ризиків виникнення нещасних випадків і попередженні професійних захворювань.

4.1 Аналіз небезпек та шкідливих факторів

Запиленість при обробці насіння

Запиленість є одним із основних шкідливих факторів при передпосівній обробці насіння, особливо на етапах очищення, сортування, сушіння та протруювання. Пил, що утворюється під час цих процесів, може містити дрібні частинки ґрунту, насіння та хімічні речовини, що використовуються для

протруювання. Це становить значну небезпеку для здоров'я працівників, адже тривалий контакт із пилом може призводити до захворювань органів дихання, таких як бронхіт, пневмоконіоз та алергічні реакції.

Вплив запиленості на здоров'я працівників

Дрібні частинки пилу легко проникають в організм, осідаючи у дихальних шляхах і легенях. При постійному вдиханні пилу у працівників підвищується ризик:

Бронхітів та риніту, спричинених подразненням слизових оболонок.

Пневмоконіозу, особливо за умов тривалого контакту з високою концентрацією пилу.

Алергічних реакцій, які можуть проявлятися у вигляді кашлю, свербіння очей та висипів на шкірі.

Силікозу та інших легеневих захворювань, якщо пил містить мінеральні частинки.

Заходи зниження запиленості

Для зниження рівня запиленості на робочих місцях необхідно впроваджувати такі заходи:

Системи вентиляції та аспірації. Встановлення систем місцевої вентиляції та аспірації дозволяє відводити пилові потоки безпосередньо від місця його утворення, зменшуючи концентрацію пилу у повітрі.

Зволоження робочих зон. Використання зволоження може зменшити кількість пилу, адже зволожені частинки не так легко піднімаються у повітря.

Розподіл робіт і обмеження перебування в запилених зонах. Ротація працівників та обмеження часу їхнього перебування в зоні підвищеної запиленості дозволяють знизити індивідуальне навантаження на організм.

Засоби індивідуального захисту. Для захисту від пилу працівники повинні використовувати респіратори, що забезпечують ефективну фільтрацію повітря, а також захисні окуляри та рукавички.

Контроль за станом повітря на робочих місцях

Регулярний моніторинг концентрації пилу в повітрі є важливою складовою охорони праці. Це дозволяє оцінити ефективність заходів контролю запиленості та вчасно виявити перевищення допустимих норм. Керівництво підприємства має забезпечити контроль якості повітря та виконання вимог щодо запиленості згідно з чинними санітарними нормами.

Хімічне навантаження та токсична речовини

Під час передпосівної обробки насіння часто використовуються хімічні речовини, такі як протруйники, які забезпечують захист насінневого матеріалу від шкідників, хвороб та інших негативних факторів. Однак ці хімічні речовини містять токсичні компоненти, що становлять серйозну загрозу для здоров'я працівників, якщо не дотримуватися належних заходів безпеки. Контакт з токсичними речовинами може призвести до отруєнь, подразнень шкіри, ураження слизових оболонок, а також до хронічних захворювань при тривалому впливі.

Вплив хімічних навантажень на здоров'я працівників

Під час обробки насіння протруйниками та іншими хімікатами можливий вплив токсичних речовин через:

Дихальні шляхи, особливо при роботі у закритих приміщеннях без вентиляції.

Контакт зі шкірою під час маніпуляцій з хімічними речовинами, що може призводити до дерматитів, алергічних реакцій та опіків.

Випари та пил від протруйників, які можуть спричиняти подразнення слизових оболонок очей, носа, горла та легенів.

При тривалому впливі токсичні речовини можуть накопичуватись в організмі, викликаючи отруєння та хронічні захворювання, зокрема печінки, нирок, нервової та дихальної систем.

Заходи безпеки при роботі з токсичними речовинами

Для захисту працівників від впливу токсичних речовин при передпосівній обробці насіння необхідно дотримуватись таких заходів:

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ). Працівники повинні бути забезпечені:

Протигазами або респіраторами, що ефективно захищають від вдихання шкідливих парів та пилу.

Захисними рукавичками, щоб уникнути контакту хімічних речовин зі шкірою.

Захисними окулярами та спеціальним одягом, що запобігає ураженню очей та шкіри.

Вентиляція та витяжні системи. Приміщення, в яких проводиться протруювання, повинні бути обладнані ефективними системами вентиляції та витяжними установками, які забезпечують виведення токсичних випарів та пилу. Це особливо важливо в закритих приміщеннях або цехах.

Спеціальні приміщення для протруювання насіння. Щоб уникнути впливу токсичних речовин на персонал та забруднення робочих місць, обробка насіння повинна проводитись у спеціально обладнаних приміщеннях з доступом тільки для навченої обслуговуючої команди.

Ротація працівників. Постійне перебування одного працівника в зоні хімічного навантаження може призвести до накопичення токсинів в організмі. Ротація дозволяє зменшити індивідуальний вплив хімічних речовин на кожного працівника.

Організаційні заходи для зниження впливу токсичних речовин

Навчання та інструктаж працівників. Всі працівники, що мають контакт з хімічними речовинами, повинні проходити регулярне навчання з охорони праці, включаючи правила безпечної роботи з протруйниками та іншими токсичними речовинами.

Медичний огляд. Працівники повинні проходити обов'язковий медичний огляд перед початком роботи і регулярні профілактичні огляди під час роботи, щоб своєчасно виявляти можливі ускладнення зі здоров'ям.

Складування та транспортування хімічних речовин. Хімікати повинні зберігатися у спеціально відведених приміщеннях із відповідними позначками та

дотриманням правил безпеки. Транспортування також повинно проводитись у закритій тарі для уникнення випадкового розливу або витоків токсичних речовин.

Контроль за рівнем токсичних речовин у повітрі

Для забезпечення безпечних умов праці важливо здійснювати постійний моніторинг концентрації токсичних речовин у повітрі, особливо у приміщеннях, де відбувається обробка насіння. Це дозволяє вчасно виявити перевищення допустимих норм і вжити відповідних заходів, наприклад, посилення вентиляції або заміну фільтрів.

Профілактика професійних захворювань

Поєднання технічних, організаційних і медичних заходів дозволяє знизити ризик захворювань серед працівників, які виконують передпосівну обробку насіння. Дотримання правил безпеки, використання ЗІЗ, навчання та контроль стану здоров'я працівників сприяють збереженню їхнього здоров'я і підвищують безпеку праці на виробництві.

Механічні травми

Під час передпосівної обробки насіння існує значний ризик механічних травм та обвалу насіння, особливо при роботі з різними транспортними і сортувальними системами, завантаженні і вивантаженні насіння у бункерах та сховищах. Робота на цих етапах обробки передбачає взаємодію з великогабаритним і рухомим обладнанням, а також високу мобільність насипного матеріалу, що підвищує ймовірність отримання травм працівниками.

Небезпеки та ризики

До основних механічних небезпек при обробці насіння належать:

Травми від рухомих частин обладнання, таких як транспортери, шнекові установки, сепаратори та інше обладнання, що використовується для очищення, сортування та протруювання насіння.

Ризик затягування або защемлення працівників частинами конвеєрів та іншими рухомими деталями обладнання.

Падіння насипів насіння у бункерах під час завантаження або вивантаження, що може призвести до травм, обмеження руху або навіть задушення, якщо працівник опиниться під насипом.

Обвал насіння зі стелажів або силосів при неправильному зберіганні або порушенні правил завантаження/вивантаження, що становить загрозу для здоров'я і життя працівників.

Заходи безпеки для зниження ризику механічних травм

Для забезпечення безпеки працівників на виробничих ділянках під час передпосівної обробки насіння необхідно впроваджувати комплекс заходів:

1. Організаційні заходи

Обмеження доступу до зон роботи обладнання. Важливо, щоб доступ до обладнання мали тільки навчені та проінструктовані працівники, які знають правила роботи та заходи безпеки.

Регулярне навчання персоналу з правил безпечної експлуатації обладнання та дій при аварійних ситуаціях.

Чітке зонування ділянок для завантаження та зберігання насіння із визначеними безпечними маршрутами переміщення, що знижує ризик випадкових зіткнень та механічних травм.

2. Використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ)

Захисні рукавички, щоб запобігти порізам і саднам під час роботи з насінням і обладнанням.

Захисне взуття з посиленими носками, яке захищає ноги від травм у разі падіння важких предметів або насіння.

Спеціальні костюми та шоломи для захисту від механічних травм у зоні завантаження і розвантаження насіння.

3. Технічні заходи

Встановлення захисних кожухів і огорож на рухомих частинах обладнання. Це знижує ймовірність травмування працівників, обмежуючи їхній прямий контакт з небезпечними зонами.

Система аварійного вимкнення. Усі виробничі лінії та обладнання повинні бути обладнані кнопками аварійного вимкнення, що дозволяють негайно зупинити обладнання у випадку аварійної ситуації.

Регулярний технічний огляд та обслуговування обладнання. Зношені або несправні деталі обладнання можуть спричинити аварії та травми, тому важливо вчасно проводити огляди і ремонти.

4. Інструктажі та контроль за дотриманням правил безпеки

Регулярні інструктажі з охорони праці з акцентом на запобігання механічним травмам та дотримання правил безпечної експлуатації обладнання.

Контроль з боку керівництва за дотриманням техніки безпеки. Керівники підрозділів повинні контролювати використання ЗІЗ та дотримання працівниками вимог безпеки.

4.2 Вимоги до охорони праці на зернотоках

Зернотоки є важливими об'єктами для обробки та тимчасового зберігання зерна, де проводяться такі операції, як очищення, сортування, сушіння та завантаження. Робота на зернотоках пов'язана з різними ризиками для здоров'я та безпеки працівників, тому важливо дотримуватись вимог охорони праці для забезпечення безпечних умов роботи.

Основні ризики на зернотоках

До основних ризиків, що виникають під час роботи на зернотоках, належать:

Запиленість повітря, яка може спричинити захворювання органів дихання та алергічні реакції.

Токсичні речовини в складі пестицидів та інших хімічних засобів для обробки зерна.

Механічні травми при роботі з рухомими частинами обладнання, зокрема транспортерами, шнеками та іншими механізмами.

Висока температура та ризик загоряння, особливо у зонах сушіння зерна.

Можливість обвалу зернових мас, що загрожує травмами та навіть задушенням працівників.

Вимоги до охорони праці на зернотоках

1. Вимоги до організації робочих місць

Зонування території зернотоку з визначенням небезпечних зон, таких як ділянки з обладнанням для завантаження, сушіння та зберігання зерна.

Огородження небезпечних ділянок та встановлення попереджувальних знаків, щоб запобігти випадковому доступу працівників до небезпечних зон.

Забезпечення належного освітлення, особливо в місцях з підвищеним рівнем небезпеки.

2. Вимоги до вентиляції та боротьби із запиленістю

Встановлення системи вентиляції та аспірації для зменшення концентрації пилу у повітрі на робочих місцях. Важливо, щоб система вентиляції була справною та регулярно обслуговувалась.

Зволоження повітря або застосування інших методів зниження запиленості у приміщеннях, де проводиться обробка зерна.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) для працівників, такі як респіратори або захисні маски, щоб запобігти вдиханню пилу.

3. Вимоги до зберігання та використання хімічних речовин

Спеціальні приміщення для зберігання хімічних речовин з доступом лише для уповноваженого персоналу. Усі контейнери з хімічними речовинами повинні бути чітко промарковані.

Забезпечення засобами індивідуального захисту (рукавички, окуляри, протигази) для працівників, які працюють з хімічними речовинами.

Проведення інструктажів з безпечного використання хімічних засобів та дотримання норм і правил їх застосування.

4. Вимоги до обладнання та його експлуатації

Регулярне технічне обслуговування обладнання для запобігання аваріям та поломкам. Обладнання повинно проходити періодичні перевірки на справність.

Встановлення захисних огорожень на рухомих частинах обладнання (шнеки, транспортери тощо) для зниження ризику механічних травм.

Кнопки аварійного вимкнення мають бути доступними в усіх зонах, де працює обладнання, щоб у разі потреби швидко зупинити його роботу.

5. Вимоги до пожежної безпеки

Системи пожежної сигналізації та первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники, пожежні рукави) повинні бути доступними на зернотоках, особливо в зонах з високою температурою (сушильні зони).

Регулярний контроль стану електрообладнання та проводки для запобігання коротким замиканням і загорянням.

Навчання працівників правилам пожежної безпеки та проведення інструктажів щодо дій у разі виникнення пожежі.

6. Організація медичного контролю та навчання працівників

Регулярний медичний огляд працівників для своєчасного виявлення професійних захворювань, зокрема дихальних, пов'язаних з впливом пилу.

Проведення регулярних інструктажів та навчань з охорони праці, включаючи правила роботи на зернотоках, заходи з пожежної безпеки та безпечного використання хімічних речовин.

Навчання першої допомоги при отриманні травм або отруєнні, щоб працівники могли надати допомогу один одному у разі нещасного випадку.

7. Контроль за дотриманням вимог охорони праці

Відповідальність керівництва за контроль виконання всіх вимог з охорони праці на зернотоках, регулярний огляд обладнання та перевірку відповідності умов праці нормативам.

Проведення внутрішнього аудиту охорони праці для оцінки ефективності заходів та виявлення можливих недоліків у системі безпеки.

4.3 Заходи безпеки при роботі з бункерами та зерносховищами

Робота з бункерами насіння та зерносховищами пов'язана з ризиками, такими як падіння, обвал насипу зерна, отруєння токсичними речовинами,

механічні травми та пожежі. Щоб мінімізувати ці ризики, важливо дотримуватись певних заходів безпеки.

Основні заходи безпеки при роботі з бункерами насіння та зерносховищами

1. Підготовка до роботи

Обмежений доступ до зон роботи бункерів та зерносховищ для сторонніх осіб та забезпечення доступу тільки для навченого персоналу.

Навчання та інструктаж працівників з питань безпеки праці та правильного використання обладнання для роботи з насипним зерном.

Перевірка справності обладнання та системи вентиляції перед початком роботи, щоб уникнути механічних травм або скупчення токсичних випарів.

2. Організація робочих місць

Огородження небезпечних зон навколо бункерів і зерносховищ для запобігання випадковим падінням.

Маркування небезпечних ділянок попереджувальними знаками, особливо поблизу отворів бункерів, конвеєрів та інших зон із підвищеною небезпекою.

Освітлення робочих зон, особливо в місцях з обмеженим доступом або поганою видимістю, щоб працівники могли вільно переміщатися.

3. Використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ)

Спеціальний захисний одяг, включаючи рукавички, шоломи, захисні окуляри, взуття з посиленими носками.

Респіратори або протигази для захисту від пилу, випарів пестицидів та інших токсичних речовин, які можуть накопичуватись у повітрі зерносховищ.

Страхувальні системи для захисту від падіння з висоти, особливо при виконанні робіт у високих бункерах або на висотних конструкціях.

4. Заходи безпеки під час завантаження та вивантаження зерна

Заборона перебування працівників усередині бункера під час завантаження або вивантаження, щоб уникнути засипання зерном, яке може спричинити удушення.

Контроль за рівнем насипу зерна в бункерах, щоб уникнути утворення порожнин або провалів у насипі, які можуть стати причиною обвалу.

Застосування спеціальних інструментів та обладнання для вивантаження, щоб мінімізувати ручні операції з зерном і знизити ризик травм.

5. Вентиляція та контроль якості повітря

Системи примусової вентиляції для забезпечення циркуляції повітря та запобігання накопиченню пилу та токсичних випарів у закритих зерноскладах.

Моніторинг рівня кисню та вмісту шкідливих речовин у повітрі перед входом у закриті приміщення зерносклада, особливо якщо використовувались хімічні засоби для обробки зерна.

Регулярний огляд вентиляційного обладнання, щоб забезпечити його ефективну роботу.

6. Пожежна безпека

Системи пожежогасіння (автоматичні або ручні) та первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники, пожежні рукави), особливо поблизу бункерів і в приміщеннях, де зберігається зерно.

Контроль за станом електрообладнання та проводки, щоб уникнути коротких замикань і можливих загорянь.

Заборона куріння та використання відкритого вогню поблизу зерносклада і бункерів.

7. Екстрені заходи та інструкції

Проведення інструктажів з надання першої допомоги та дій у разі нещасного випадку, щоб працівники могли оперативно допомогти один одному.

Наявність засобів зв'язку для виклику допомоги у разі аварійної ситуації або нещасного випадку.

Система аварійного сигналу, що дозволяє оперативно повідомляти працівників про загрозу, наприклад, у випадку пожежі або обвалу насипу зерна.

8. Організація медичного контролю

Регулярні медичні огляди працівників, які працюють з насипним зерном, щоб своєчасно виявляти можливі професійні захворювання, спричинені тривалим впливом пилу або хімічних речовин.

Проведення попередніх медичних оглядів для виявлення працівників з протипоказаннями до роботи у зерносховищах і бункерах.

4.5 Підсумок важливості охорони праці та рекомендації щодо покращення умов праці

Охорона праці є ключовою складовою організації безпечної та ефективної роботи в аграрній галузі, особливо під час передпосівної обробки насіння та обслуговування бункерів і зерносховищ. Ризики на таких ділянках включають запиленість, хімічне навантаження, механічні травми, можливість обвалу насипу зерна та пожежну небезпеку. Ігнорування вимог охорони праці може призвести до серйозних наслідків: травмування або загибелі працівників, зниження продуктивності, збільшення витрат на компенсації та ремонти обладнання, а також збитків через перерви у виробництві.

Дотримання заходів безпеки дозволяє створити комфортні та безпечні умови праці, зберегти здоров'я працівників та підвищити ефективність виробничого процесу. Безпечні умови сприяють зменшенню ризиків аварій і нещасних випадків, що, в свою чергу, позитивно впливає на якість роботи персоналу і знижує витрати підприємства.

Рекомендації щодо покращення умов праці

1. Впровадження сучасних технологій:

Встановлення новітніх систем вентиляції та аспірації для зменшення запиленості.

Використання автоматизованого обладнання для зменшення ручної праці та зниження ризику травм.

Встановлення сенсорних систем для моніторингу якості повітря та автоматичного оповіщення про загрозу накопичення пилу чи токсичних речовин.

2. Покращення навчання працівників:

Регулярні інструктажі та практичні заняття з охорони праці, включаючи відпрацювання дій у надзвичайних ситуаціях.

Проведення спеціалізованих тренінгів з використання засобів індивідуального захисту та роботи з обладнанням.

Ознайомлення з потенційними небезпеками на робочому місці та навичками надання першої допомоги.

3. Підвищення рівня контролю за дотриманням правил безпеки:

Введення постійного внутрішнього аудиту охорони праці для оцінки виконання заходів безпеки та виявлення можливих порушень.

Залучення керівництва до активного контролю за станом охорони праці на всіх рівнях виробництва.

4. Покращення умов праці:

Створення зон відпочинку для працівників з належною вентиляцією та зручними умовами.

Зменшення впливу високих температур у зонах сушіння шляхом покращення системи вентиляції та кондиціонування повітря.

Забезпечення доступу до питної води і засобів особистої гігієни.

5. Оптимізація використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ):

Забезпечення працівників якісними та зручними ЗІЗ, які ефективно захищають від пилу, хімічних речовин, механічних травм.

Регулярний контроль за використанням ЗІЗ та наявністю всіх необхідних засобів на робочому місці.

6. Профілактика професійних захворювань та медичний контроль:

Проведення регулярних медичних оглядів для своєчасного виявлення та профілактики захворювань, пов'язаних з умовами праці.

Введення програм оздоровлення для працівників, які працюють у шкідливих умовах, та створення мотиваційних програм для підтримки здорового способу життя.

Забезпечення належного рівня охорони праці та поліпшення умов праці є важливим фактором збереження життя і здоров'я працівників, а також

підвищення продуктивності та якості виконуваних робіт. Виконання наведених рекомендацій сприятиме мінімізації ризиків, забезпечить стабільний розвиток підприємства та дозволить уникнути фінансових витрат, пов'язаних із нещасними випадками або порушенням вимог охорони праці.

ВИСНОВОК

У дипломній роботі було здійснено комплексний аналіз сучасних методів та технологій передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур, зокрема фізичних методів, таких як обробка коронними розрядами, оптичними методами та в магнітному полі. Виявлено, що використання таких технологій значно підвищує врожайність та якість продукції, завдяки стимулюванню проростання насіння та покращенню його фізичних характеристик.

Вивчено конструктивні особливості установок та пристроїв, які реалізують ці методи обробки, зокрема установки для передпосівної обробки насіння коронним розрядом, оптичним методом та в магнітному полі. Звернуто увагу на параметри і режими роботи електродних систем установки для обробки насіння в полі коронного розряду, що дозволяє оптимізувати робочі процеси і досягти більш високих показників ефективності.

Особлива увага приділена аспектам охорони праці при використанні цих установок, зокрема аналізу небезпек і шкідливих факторів, що можуть виникати при обробці насіння, та розробці заходів для забезпечення безпеки на робочих місцях. Рекомендації щодо покращення умов праці на зернотоках, в бункерах та зерносховищах дозволяють значно знизити ризики та підвищити ефективність робочого процесу.

Таким чином, проведене дослідження демонструє важливість впровадження сучасних методів передпосівної обробки насіння для підвищення продуктивності сільськогосподарських культур, зниження витрат та покращення умов праці в аграрному секторі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Козирський В. В. Електропостачання агропромислового комплексу: підруч. / В. В. Козирський, В. В. Каплун, С. М. Волошин. – К. : Аграрна освіта, 2011. – 448 с.
2. Гончар В.Ф., Тищенко Л.П. Електрообладнання і автоматизація сільськогосподарських агрегатів і установок. – К.: Вища школа, 1989. – 186 с.
3. Довідник сільського електрика. За ред. В.С. Олійника. - 3-є вид., перероб. і доп. - К.: Урожай, 1989. - 264 с.
4. Дипломне проектування енергетичних та електротехнічних систем в агропромисловому комплексі : навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів / Іноземцев Г. Б., Козирський В. В., Лут М.Т., Радько І.П., Синявський О.Ю. – 2-е вид., перероб. і доп. – К., 2014. – 526 с.
5. Марченко О.С. Довідник по монтажу і налагодженню електрообладнання в сільському господарстві. - К.: Урожай, 1994. - 245 с.
6. Основи електропривода / [Лавріненко Ю.М., Савченко П.І., Синявський О.Ю. та ін.]; за ред. Ю.М. Лавріненка. – К.: Ліра-К, 2016. – 524 с.
7. Резніченко Т.П., Козирський В.В. Методичні вказівки та завдання до курсового проекту по електропостачанню сільського господарства. – К.: Видавництво УСГА, 1992. – 78 с.
8. Червінський Л. С. Електричне освітлення та опромінення : посіб. //Л. С. Червінський, Л. О. Сторожук. – К. : Вид-во ТОВ «Аграр Медіа Груп»,2011. – 214 с.
9. І.І. Мартиненко, В.П. Лисенко, В.С. Лукач. Проектування систем електрифікації та автоматизації сільського господарства. - К.: Вища школа, 1999, - 202 с.
10. Кігель А. Г. Приведення техніко-економічних показників електричних мереж до розрахункових умов / А. Г. Кігель // Науковий вісник Національного гірничого університету. - 2014. - № 5. - С. 63-69. (Scopus)

11. Лут М.Т., Мірошник О.В., Трунова І.М. Основи технічної експлуатації енергетичного обладнання АПК.: Підручник для студентів ВНЗ. – Харків: Факт, 2008. – 438 с.

12. Правила користування електричною енергією. Затверджено постановою НКРЕ 31.07.96 N 28 у редакції постанови НКРЕ від 17.10.2005 N 910. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 18 листопада 2005 р. за N 1399/11679

13. Правила користування електричною енергією для населення. – К.: ДП „НТУКЦ” АЕЕ, 2002. – 34

14. Правила користування тепловою енергією. Затверджено наказом Міненерго України та Держбуду України від 28.10.99 N 307/262. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 30 листопада 1999 р. за N 825/4118

15. Електропривод і автоматизація: навчальний посібник / [Синявський О.Ю., Савченко П.І., Савченко В.В. та ін.]; за ред. О.Ю. Синявського. – К.: Аграр Медіа Груп, 2015. – 604 с

16. Шибанін, В., Кошкін, Д. і Захаров, Д. (2020) «Технологічна лінія передпосівної обробки насіння зернових в полі високочастотного коронного розряду», Науковий журнал «Інженерія природокористування», (2(6), с. 38-43. доступний у: <http://enm.khntusg.com.ua/index.php/enm/article/view/110>.