

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

02.08 – МР.2066 «С» 2021.12.08 021 ПЗ

Ковальчук Назар Петрович

2022

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

УДК 631.171:621.311

ПОГОДЖЕНО

Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження

проф., д.т.н.

вчене звання, науковий ступінь

/КАПЛУН В.В./

підпис

”_____” _____ 2022 р.
число місяць рік

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій

доц., к.т.н.

вчене звання, науковий ступінь

/ОКУШКО О.В./

підпис

”_____” _____ 2022 р.
число місяць рік

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОЇ
СИСТЕМИ ОЧИСТКИ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ»

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Освітня програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(назва)
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

к.т.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Савченко В.В.

(ПІБ)

Керівник магістерської роботи

к.т.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Усенко С.М.

(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Ковальчук Н.П.

(ПІБ)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій

К.Т.Н., доцент /ОКУШКО О.В./
науковий ступінь, вчене звання підпис ПІБ
" " 2022 року
число місяць рік

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Ковальчуку Назару Петровичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітня програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Розроблення та дослідження електротехнологічної системи очистки соняшникової олії»

затверджена наказом ректора НУБіП України від "08" 12 2021 р. № 2066 "С"

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2022.11.01

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської роботи:

а) Результати науково-дослідницької роботи кафедри ЕЕЕ.

б) Публікації співробітників кафедри ЕЕЕ.

в) Результати навчально-дослідницької практики.

г) Система ПЗР і ТО електрообладнання сільськогосподарських підприємств.

д) Нормативні документи: ПУЕ, ПТЕЕС та ПБЕЕС, ДСТУ, ДБН тощо.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

а) Аналітична частина. Стан експлуатації електротехнічного обладнання.

б) Технологічна частина. Експлуатація енергетичного обладнання.

в) Електротехнічна частина.

г) Розробка питань електропостачання та енергозбереження.

д) Дослідницька частина. Розробка та дослідження електротехнологічної системи очистки соняшникової олії.

е) Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Перелік графічного матеріалу (за потреби)

Дата видачі завдання "04" лютого 2022 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Усенко С.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

Ковальчук Н.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали студента)

НУБІП І УКРАЇНИ

НУБІП України

Реферат

Магістерська робота: 89 с., 8 рис., 6 табл., 25 джерел.

Головною метою дослідження є обґрунтування технології флотаційної очистки олії на основі використання ультразвуку, що дозволить покращити ефективність переробки.

Для рішення продовольчої проблеми поряд зі збільшенням обсягів виробництва, перспективне застосування заходів для поліпшення використання і переробки виробленої продукції.

В даний час існує тенденція наближення підприємств, що переробляють сільськогосподарську продукцію до місць її виробництва. До таких підприємств відносяться консервні і олійно-екстракційні заводи, підприємства по переробці молока та інші.

Об'єкт і предмет дослідження:

- Процеси в системі "технологічна рідина-ультразвукові поля-технічні засоби".
- Закономірності впливу ультразвукових коливань в електротехнічних комплексах обробки на ступінь очистки олії.

Метод дослідження:

При розгляданні задач поставлених у роботі знайшли застосування методи аналізу і оптимізації електрофізичних процесів. Для встановлення статичних і динамічних закономірностей дії ультразвукових коливань на ступінь очистки олії використані відомі математичні і фізичні методи.

Теоретична цінність та прикладна значущість досліджень

Недоліком такої технології є тривалість процесу відстоювання, що пов'язано з малими розмірами частинок суспензії і наявністю в олії розчинного повітря, яке перешкоджає осадженню частинок. Для усунення вказаного

недоліку в технологічному процесі передбачена установка у відстійнику додаткового технологічного устаткування у вигляді джерела ультразвукових

Нколювань - магніострикційного перетворювача. Завдяки цьому з олії інтенсивно виділяється повітря у вигляді дрібних бульбашок. Піднімаючись вгору бульбашки виносять на поверхню зваж, а олія відводиться через нижній патрубок відповідно для подальших технологічних процесів.

Положення винесені на захист

Н ● Результати аналізу методів та технологія очищення соняшnikової олії.

● Розробка електротехнологічної системи очистки соняшnikової олії, що включає:

Н - розрахунок потужності магніострикційного перетворювача;
- вибір конструкції та розрахунок параметрів магніострикційного перетворювача ;

- розрахунок концентратору;

- вибір ультразвукового генератору та опис роботи

Н принципової схеми.

Застосування електрофізичних методів для удосконалювання й інтенсифікації різних способів очищення представляється доцільним тому що ці задовольняють вказаним вимогам: економічні, екологічно чисті, легко піддаються автоматизації.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень,
термінів.

ВСТУП

**РОЗДІЛ 1. Аналіз методів електричного очищення та сепарації
слабопровідних суспензій .**

**1.1. Аналіз сучасних методів очищення і сепарації рідин та
тенденції їх розвитку.**

1.2. Дослідження методів очищення та сепарації рідин.

1.3. Очищення рідини флотаційними методами.

**1.4. Ультразвукова інтенсифікація процесом очистки рідин
напірною флотацією.**

РОЗДІЛ 2. Технологія очистки олії.

2.1. Технологічні операції з очистки олії

2.2. Опис прийнятої технології очистки олії

**РОЗДІЛ 3. Розробка електротехнологічної системи очистки
соняшникової олії.**

**3.1. Розрахунок потужності магнітострикційного
перетворювача.**

**3.2. Вибір конструкції та розрахунок параметрів
магнітострикційного перетворювача.**

3.3. Розрахунок концентратора.

**3.4. Вибір ультразвукового генератора та опис роботи
принципової схеми.**

3.5. Розрахунок електропривода насоса.

**РОЗДІЛ 4. Організація монтажу, налагодження і технічної
експлуатації електрообладнання.**

**4.1. Послідовність виконання і взаємозв'язок робіт по монтажу,
налагодженню і експлуатації електрообладнання**

4.2. Організація обліку і раціонального використання електроенергії.

РОЗДІЛ 5. Охорона праці.

5.1 Загальні положення

5.2. Технічна безпека.

5.3. Перелік основних нормативних документів.

5.4. Визначення класів виробничих зон і категорії приміщень.

5.5. Визначення потенційно небезпечних частин електроустановок.

5.6. Заходи щодо забезпечення належних умов праці персоналу.

5.7. Визначення потенційно небезпечних частин електроустановок.

5.8. Розрахунок потреби та вибір захисних засобів.

5.9. Заземлення та основні заходи безпеки.

5.10. Блискавозахист будівель і споруд.

5.11. Система протипожежного захисту.

5.12. Виробнича санітарія.

5.13. Охорона довкілля

РОЗДІЛ 6. Розрахунок техніко-економічних показників.

Висновки.

Список використаної літератури.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ОС - очищення та сепарація

А - Ампер;

В - Вольт;

Вт - Ват;

гр. - група;

грн. - гривень;

ел. двигун - електродвигун;

ККД - коефіцієнт корисної дії;

КЛ - кабельна лінія;

КТП - комплектна трансформаторна підстанція;

ЛЕП - лінії електропередач;

м. - метр;

м. - місто;

НКП - низьковольтний комплектний пристрій;

ПР - поточний ремонт;

р. - рік;

рис. - рисунок;

с. - секунда;

САК - система автоматичного керування;

табл. - таблиця;

ТО - технічне обслуговування;

ТП - трансформаторна підстанція;

у.о. - умовна одиниця;

ФГ - фермерське господарство;

ШІМ - широтно-імпульсний модулятор;

Я - ящик.

ВСТУП

У багатьох технологіях, як при виробництві сільськогосподарської продукції так і при її переробці використовуються різні методи очищення рідини.

Сюди відноситься очищення стічних вод у тваринництві, очищення моторних олій і технологічних рідин, рослинних олій, переробка молока.

Операція очищення найчастіше визначає якісні показники готового продукту та економічні показники виробництва. Тому удосконалювання технологічних прийомів і методів очищення є складною й актуальною проблемою, що має ряд аспектів.

Технологічні аспекти полягають у переході переробних підприємств до нових способів і систем очищення, заснованих на останніх досягненнях науки і техніки.

Економічні аспекти полягають у розробці таких способів і систем, що дозволяють істотно знизити витрати на виробництво, скоротити втрати сировини, підвищити продуктивність. Розробка нових машин і технологій повинна задовольняти естетичним нормам, забезпечувати екологічну чистоту процесу, піддаватися автоматизації.

Об'єкт і предмет дослідження:

- Процеси в системі "технологічна рідина-ультразвукові поля-технічні засоби".
- Закономірності впливу ультразвукових коливань в електротехнічних комплексах обробки на ступінь очистки соняшникової олії.

Метод дослідження:

При розгляданні задач поставлених у роботі знайшли застосування методи аналізу і оптимізації електрофізичних процесів. Для встановлення статичних і динамічних закономірностей дії ультразвукових коливань на ступінь очистки соняшникової олії використані відомі математичні і фізичні методи.

Теоретична цінність та прикладна значущість досліджень

Недоліком такої технології є тривалість процесу відстоювання, що пов'язано з малими розмірами частинок суспензії і наявністю в олії розчинного повітря, яке перешкоджає осадженню частинок.

Для усунення вказаного недоліку в технологічному процесі передбачена установка у відстійнику додаткового технологічного устаткування у вигляді джерела ультразвукових

коливань - магнітострикційного перетворювача. Завдяки цьому з олії інтенсивно виділяється повітря у вигляді дрібних бульбашок. Піднімаючись вгору бульбашки виносять на поверхню зваж, а сік відводиться через нижній патрубок відповідно для подальших технологічних процесів.

Застосування електрофізичних методів для удосконалення й інтенсифікації різних способів очищення представляється доцільним тому що задовольняють вказаним вимогам: економічні, екологічно чисті, легко піддаються автоматизації.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 1

НАУБІП УКРАЇНИ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ТА СЕПАРАЦІЇ СЛАБОПРОВІДНИХ СУСПЕНЗІЙ

1.1. Аналіз сучасних методів очищення і сепарації рідин та тенденції їх розвитку

Проблема очищення рідин складна у зв'язку з тим, що, як у промисловому, так і у сільськогосподарському виробництві існує велике різноманіття рідин з індивідуальними властивостями, які впливають на процес їх очищення. Зокрема в технологіях агропромислового комплексу цей процес зустрінається в тваринництві при утилізації стоків, при переробці молока, в технологічних процесах переробки фруктів, ягід, винограду, буряку, ефіроолійних культур, в технологіях відновлення технічних рідин. На теперішній час розроблено і впроваджено у виробництво велику кількість методів механічного, хімічного, фізичного, фізико-хімічного та біохімічного очищення рідин.

Різноманітність властивостей продуктів та технологічних вимог до їх очищення сприяло створенню великого числа апаратів для видалення домішок з рідин. До них належать різноманітні фільтри, гідроциклони, центрифуги, відстійники та інші апарати.

Незважаючи на велику чисельність конструктивних рішень апаратів очищення, в принципі їх роботи закладено не так багато фізичних явищ. Всі вони можуть бути розділені на дві групи. До першої групи відносяться всі способи очищення в пористих середовищах, до другої способи очищення електротехнологіями.

Відповідно до цього всі засоби очищення також можна розділити на дві основні групи. До першої групи засобів очищення належать гідравлічні фільтри: різні щільні, сітчасті, паперові, картонні, тканинні, фетрові, металокерамічні, фільтри з різних волокнистих і зернистих пресованих матеріалів та пластмас, а

також гідродинамічні фільтри. До другої групи засобів очищення належать силові, які забезпечують очищення рідин за рахунок використання силових полів: гравітаційного, відцентрового, магнітного, електричного і ультразвукового. З іншого боку методи і засоби ОС можна класифікувати за способом впливу на дисперсну систему (рис. 1.1).

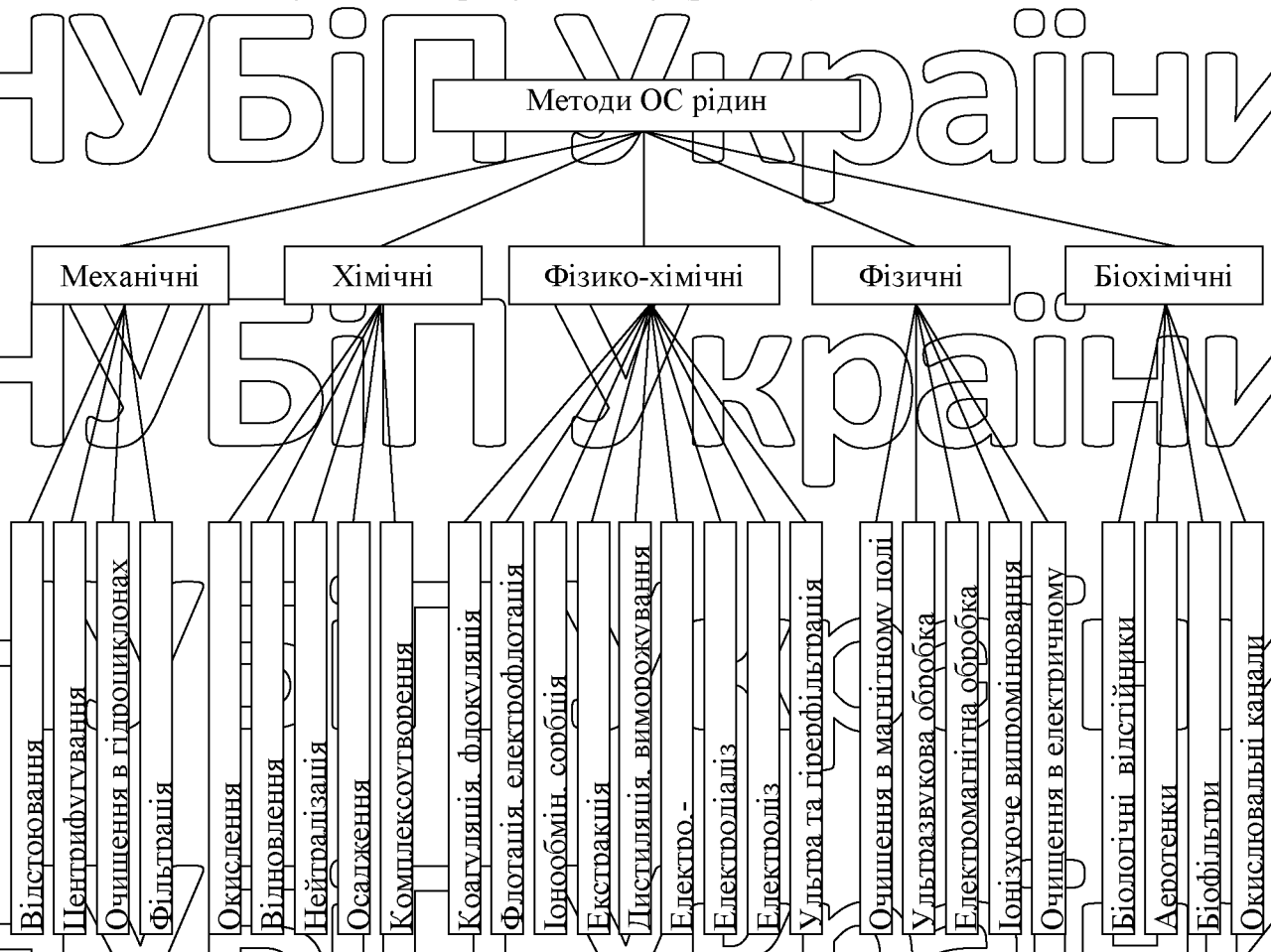


Рис. 1.1. Класифікація методів очищення рідин

Основними характеристиками пристроїв ОС рідин є:

- 1) CO - кількість домішок, що утримуються, або вилучаються з рідини у співвідношенні до вихідної кількості;
- 2) KP - кількість домішок, що розділюються та утримуються, або вилучаються з рідини у співвідношенні до вихідної кількості;
- 3) **продуктивність** - витрата рідини через очищувач або сепаратор при забезпеченні потрібного CO або KP ;

4) тонкість очищення або сепарації - мінімальний розмір частинок, що повністю вилучаються з рідини;
питомі витрати енергії - витрати енергії на очищення або сепарацію одиниці об'єму рідини при заданому СО.

Показники ОС залежать від багатьох факторів, основні з яких: фізико-хімічні властивості ДФ і ДС; температура, продуктивність та ін.

Розглянемо особливості основних методів очищення рідин.

Найпростішим методом очищення рідин є відстоювання. В цьому методі використовується гравітаційна сила. Розроблено декілька типів відстійників (вертикальні, горизонтальні, радіальні, багатоярусні та інші). Такі апарати використовуються для очищення широкого спектру рідин, до яких не ставляться жорсткі вимоги тонкості очищення: стічних вод, грубого очищення виноматеріалів, олій та інших продуктів.

При центрифугуванні та очищенні в гідроциклонах використовують відцентрову силу, що діє на зважену частинку при закручуванні потоку рідини. Порівняно з відстоюванням в гідроциклонах отримують механічні сили на порядок, а в центрифугах на декілька порядків вище, що дає змогу видаляти тонкодисперсні частинки. Центрифуги використовують в технологіях очищення олив, виноматеріалів, рослинних олій, паливо-мастильних матеріалів сепарації молока та інших продуктів. Недоліком цього методу є великі затрати енергії на організацію кругового руху рідини разом з ротором центрифуги.

Очищення рідин фільтрацією засноване на утриманні зважених частинок пористими перегородками з різноманітних матеріалів. Основними недоліками методу є потреба в заміні або відновленні фільтрувальних елементів та потреба в забезпеченні великого тиску на фільтрі. Цей метод знайшов широке застосування в паливних та мастильних системах двигунів внутрішнього згорання, в технологічних процесах виготовлення олив, виноматеріалів, олій, при очищенні стічних вод, підготовці питної води та ін.

Коагуляція і флокуляція частіше всього використовуються при

відстоюванні для інтенсифікації процесу. Недоліком методу є вплив реагентів на рідину. Метод використовується для очищення питної води, при освітленні олив, очищенні стічних вод та ін.

Флоатаційне очищення рідин засноване на виносі бульбашками газу зважених частинок на поверхню рідини. Відповідно до методів отримання бульбашок газу існують наступні способи флоатаційного ОС рідини:

- флоатація бульбашками, що утворюються шляхом механічного дроблення повітря або іншого газу;

- флоатація бульбашками, що утворюються з перенасиченого розчину повітря в рідині (вакуумна або напірна);

- електрофлоатація.

Видалення пінного шару з поверхні рідини потребує додаткових пристроїв, що ускладнює такі системи очистки. Крім того, процес утворення комплексів бульбашка-зважена частинка залежить від фізико-хімічних властивостей цих компонентів і в багатьох випадках взагалі не можливий. Флоатація застосовується в технологіях виробництва олив, при очищенні стічних вод, при збагаченні корисних копалин.

Очищення рідин за допомогою сорбції та іонообміну в більшості випадків направлена на очищення стічних вод та питної води для видалення розчинених сполук. Для очищення рідин від розчинених сполук також використовують метод екстракції за допомогою екстрагента, в якому розчинність речовини, що видаляється більша ніж в рідині.

Очищення дистиляцією та виморожуванням застосовується для дисперсних систем та рідких сумішей в яких речовини мають різні температури кипіння або кристалізації. Ці методи енергоємні (питомі витрати енергії, зокрема на випаровування води складають $2,72 \cdot 10^6$ Дж/кг) і використовуються в специфічних хімічних та харчових технологіях, наприклад, отримання спиртів, ефірів, видалення воску з рослинних олій, парафіну з нафтопродуктів.

Метод електрокоагуляції полягає у отриманні коагулянтів - гідроксидів

металів при їх анодному розчиненні. Він застосовується для очищення води від колоїдних та дрібнодисперсних домішок. Область його застосування обмежена рідинами, в яких процеси електролізу на електродах допускаються технологічними умовами.

Електродіаліз та мембранний електроліз застосовують для очищення та опріснення води за допомогою електромембран. Область його застосування розповсюджується як на промисловість, медицину так і на сільське господарство: опріснення поливної води, видалення солі з сироватки при переробці молока, видаленні з води нітратів, нітритів та інших речовин.

В електролізних установках очищення води здійснюється за рахунок декількох наступних процесів: окислення на аноді, електрокоагуляції, електрофорезу колоїдних частинок, електрофлотації. Ефективність процесу залежить від складу рідини та властивостей.

Ультра - та гіперфільтрація належать до мембранних технологій і полягають в молекулярному розділенні розчинів під вищим тиском. Нитомі витрати енергії на процес менші ніж при випаровуванні, але теж залишаються і складають величину порядку 10^4 Дж/кг.

Для очищення води, зокрема стічної, знайшли застосування біологічні методи, що ґрунтуються на безперервному культивуванні мікроорганізмів, які використовують органічні та деякі неорганічні сполуки як субстрат для харчування. До технічних засобів, що здійснюють біологічний метод очищення належать біологічні відстійники, аеротенки, біофільтри та окислювальні канали.

В технологічних процесах багатьох галузей народного господарства знайшли застосування фізичні методи очищення рідин. В цих пристроях використовується силова дія полів. магнітного, ультразвукового, електромагнітного, електричного та іонізуючого випромінювання.

Магнітна обробка застосовується для рідин з домішками у вигляді феромагнітних частинок різних розмірів. Використовуються магнітні фільтри, відстійники та гідроциклони. Недоліком цього методу є вибірковість дії

магнітного поля на частинки з певною магнітною проникністю.

При електромагнітній обробці використовують як силову дію електромагнітного поля на зважені частинки, так і теплову, що приводить до порушення стійкості деяких дисперсних систем. Метод не знайшов широкого застосування, але може бути перспективним для очищення певних рідин.

Іонізуюче випромінювання може використовуватися як фактор, що інтенсифікує коагуляцію, відстоювання та електрохімічні процеси і таким чином впливати на процес очищення.

Методи електричного очищення рідин ґрунтуються на осадженні зважених частинок на електродах під дією сил електричного поля. Безпосереднє використання електричного поля не тільки робить можливим проведення глибокого очищення рідини при високій продуктивності устаткування, але і забезпечує енерговигідність процесу, простоту конструкцій апаратів, дозволяє механізувати і автоматизувати його роботу. Крім того, електрична обробка може впливати на протікання масообміну, зокрема інтенсифікувати випаровування летючих речовин.

Проте цей метод застосовують вибірково. Наприклад, метод не знайшов розповсюдження в процесах переробки рідких продуктів сільськогосподарського виробництва. Основна причина полягає в тому, що більшість цих рідин - електроліти. В електричному полі в таких рідинах виникають електрохімічні реакції, що змінюють хімічний склад продукту і часто погіршують його якість.

Поляризаційні явища, викликані електричним полем в електролітах, не дозволяють подавати велику напругу на електроди і тим самим обмежують продуктивність процесу. Як правило, напруженість поля в таких випадках не перевищує 104 В/м. В цьому відношенні електричне очищення неполярних рідин є перспективним. Їх діелектричні властивості дозволяють подавати високу напругу на електроди і не побоюватися хімічних змін, що виникають під дією поля. Електрохімічні реакції в неполярних рідинах практично не відбуваються.

В технологічних процесах переробки продукції сільського господарства до таких рідин належать рослинні олії, тваринні жири, їх розчини, місцели, синтетичні і натуральні рідкі запашні речовини та інші продукти. Застосування електричного очищення перспективне і для ефірних олій та нафтопродуктів.

Глибоке очищення продуктів в електричному полі повинне дати значний економічний ефект внаслідок підвищення якості продукції і підвищення її стійкості при зберіганні.

1.2. Дослідження методів очищення та сепарації рідин

Електричне ОС рідин належить до методів розділення дисперсних систем. В області ОС дисперсних систем в повітряному середовищі значні результати досягнуті в очищенні димових газів, розділенні сипких матеріалів та при збагаченні корисних копалин. Досвід розробки електричних очищувачів рідин, таких як палива та інші нафтопродукти, збагачено збірником Національного авіаційного університету (м. Київ) під керівництвом Г. А. Нікітіна.

Теоретичні та експериментальні дослідження в напрямку ОС рідин в електричному полі, що проводились в останні роки в Інституті прикладної фізики Академії наук Молдови М. К. Бологою та І. І. Беридом, в Чувашській державній сільськогосподарській академії – М. А. Поповим, Азово-Чорноморській державній агроінженерній академії – М. М. Українцевим, показали можливість очищення рослинних олій в постійному електричному полі та полі коронного розряду.

В теперішній час продовжується розробка та розвиток електричних методів розділення суспензій в електричному полі, в яких використовуються електричні сили, що приводять до направленого руху дисперсні частинки рідини та формуванню їх на електродах. До таких методів можна віднести електрофорез, діелектрофорез, електрокоагуляцію, електроконвективне очищення, ОС в неоднорідному електричному полі

НУБІП України

Аналіз електрофоретичного методу. Явище електрофорезу полягає у направленому переміщенні частинок ДФ під дією електричного поля. При накладенні на дисперсну систему зовнішньої різниці потенціалів відбувається розрив подвійного електричного шару по площині ковзання, внаслідок чого частинка отримує певний заряд і переміщується до відповідного електроду.

НУБІП України

В класичній теорії електрофорезу, що розроблена Геймгольцем, Смолюховським, Гюккелем, швидкість руху частинок при електрофорезі визначається формулою:

$$\vec{v}_e = \frac{\xi \cdot \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \vec{E}}{6 \cdot \pi \cdot \eta}, \quad (1.1)$$

де \vec{v}_e - швидкість руху частинки, м/с;

ξ - електрокінетичний потенціал, В;

ϵ_r - відносна ДП;

ϵ_0 - ДП вакууму, Ф/м;

\vec{E} - напруженість електричного поля, В/м;

η - динамічна в'язкість рідини, Па·с.

НУБІП України

Величина електрокінетичного потенціалу визначає швидкість електрофоретичного руху частинок і залежить від багатьох факторів: фізико-

хімічних властивостей ДС та ДФ; концентрації ДФ; температури; рН та інших чинників. Вклад деяких з цих факторів було враховано при подальшому розвитку

НУБІП України

теорії електрофорезу. Так Д. Генрі врахував вплив на швидкість частинки різниці в електропровідностях рідини та частинки, Д. Овербек та Ф. Бус визначили

релаксаційне гальмування частинок, що зумовнюється намаганням системи подвійного електричного шару поновити симетрію, порушену електричним

НУБІП України

полем при зміщенні частинки відносно її іонної оболонки. С.С. Духін розробив дифузійно-електричну теорію електрофорезу, що значно поширило уявлення про

електрофоретичний рух.

Значні проблеми виникають при розгляді процесу осадження електрофоретичних частинок на електроди. Для розв'язання цієї задачі в рівняння ОС рідини вводять коефіцієнт вірогідності осадження частинок на електроди, який залежить від концентрації суспензії. Цей коефіцієнт

визначається експериментально. Також не визначено вплив на електрофоретичний рух електроконвективних потоків, що виникають в рідині під дією електричного поля.

Ще більш складнощі має електрофоретична теорія при спробах описати процес ОС діелектричних рідин. Неполлярні рідини не дисоціюють на аніони і катіони, тому наявність дифузного шару іонів і електрокінетичного потенціалу у частинок, зважених в подібних рідинах, представляється маловірогідним.

Порушення термодинамічної рівноваги на межі розділу частинка - діелектрична рідина приводить до адсорбції молекул на поверхні частинок. У неполярних рідинах це можуть бути молекули домішок. Процесу адсорбції молекул на межі розділу фаз протистоїть процес температурної десорбції їх, тому молекули утворюють деяку подібність дифузного шару, в якому відбувається перехід молекул з рідини на поверхню адсорбції і назад.

Адсорбція полярних молекул створює так званий діелектричний потенціал у частинок. Його виникнення зумовлене наявністю у адсорбованих молекул дипольного моменту. Оскільки всі елементи, що складають структуру діелектричного потенціалу електронейтральні, в зовнішньому електричному полі не відбувається зрушення оболонки молекул, що виявляє заряд частинок. Така структура здатна лише утворити в полі макродиполі, які не можуть забезпечити електрофоретичного руху частинок.

Виходячи з цього, ряд дослідників вважає, що тверді частинки в рідких діелектриках і напівпровідниках не мають електричного потенціалу і індивідуальні до зовнішнього електричного поля. На користь цього говорять і такі експериментальні спостереження, як реєстрація осадження частинок в

деяких рідинах на обидва електроди. Утворення потенціалу різного знаку на повернуті частинки з одного і того ж матеріалу погано укладається в картину загально фізичних уявлень, пов'язаних з виникненням подвійного електричного шару.

Таким чином, процес електрофоретичного ОС рідини в класичній теорії можна описати тільки знаючи електрокінетичний потенціал дисперсної системи і вплив на нього різних чинників. Тому цей метод може використовуватися для ОС обмеженої кількості рідин. Явище електрофорезу може впливати на направлений рух частинок в дисперсних системах, де частинка має достатньо вищий електрокінетичний потенціал, а електричне поле не змінює свого напрямку, го́то в постійних електричних полях за винятком деяких специфічних ефектів, як, наприклад, спрямований рух частинок в ангармонічному електричному полі.

Область застосування електрофорезу обмежується виникненням електрохімічних процесів на електродах, що супроводжують протікання постійного струму в електролітичних рідинах. В діелектричних та слабопровідних рідинах виникають труднощі з формуванням осаду на електродах, тому що електрофоретичне переміщення однойменно заряджених частинок в одному напрямі приводить до їх накопичення біля одного з електродів, де вони перезаряджаються і відштовхуються від нього. Покриття електроду діелектричним матеріалом приводить до накопичення заряду, екрануванню електричного поля та зриву процесу ОС. Впливає на процес і неоднорідність електричного поля.

Теоретичні передумови та експериментальні результати досліджень з електрофоретичного очищення соняшникової олії від твердих домішок. Показано, що на процес очищення впливають суцутні речовини, такі як вторинні продукти окислення, молекули яких мають дипольний момент. При цьому при певній концентрації цих речовин підвищується струм та суттєво знижуються показники очищення. Спостерігається коливальний характер руху частинки, що

знаходиться поблизу електроду: вона то наближається, то віддаляється від нього, що пояснюється її перезарядкою. Це не дає можливості частинкам осісти на електроді. Вологість олії до 0,1 % суттєво не впливає на процес очищення і величину струму, але при збільшенні вмісту вологи швидкість очищення знижується та одночасно підвищується струм.

При додаванні речовин, що створюють колоїдну структуру, різко змінюються електричні властивості неполярної рідини. В першу чергу, це позначається на провідності рідини. ПЕ рідких діелектриків, викликана наявністю колоїдних частинок домішок, називається моліонної і часто значно

перевищує ПЕ самого діелектрика [10, 14]. Як показують результати проведених досліджень [188], в місцелі до таких домішок належать фосфатиди [13], волога і вторинні продукти окислення. В роботі також зроблене припущення, що продукти окислення і волога, утворюючи колоїдну структуру в місцелі,

можливо, не тільки впливають на її провідність, але і беруть участь в перебудові подвійного електричного шару електродів. Зазвичай перебудова подвійного шару відбувається при певній концентрації речовини, що розчиняється. Цим пояснюється припинення очищення місцели при великих концентраціях домішок. Фосфатиди поведуться аналогічно волозі і продуктам окислення.

Беручи участь в моліонній провідності, вони знижують швидкість електроочищення місцели. Авторами зроблено висновок, що дослідження фізичних процесів в рідинах із зваженими частинками, поміщених в електричне поле, являє великий інтерес для розвитку техніки ОС.

Ряд досліджень з електрофоретичного очищення соняшникової олії були виконані в Азово-Чорноморській державній агроінженерній академії М.М. Українцевим. Теоретичними та експериментальними дослідженнями процесу очистки соняшникової олії шляхом електрофорезу було встановлено, що під впливом електричного поля частинки механічних домішок рухаються до

позитивного електроду з змінним прискоренням. При цьому швидкість частинок змінюється від 0 (на негативному електроді) до 0,15 м/с (на позитивному

електроді) а середня швидкість складає величину 0,02 м/с. Оптимальною напругою на електродах встановлена величина 4,4 кВ при відстані між електродами 0,01 м.

Але не зважаючи на присутні переваги, електрофоретичний метод має недоліки: нестабільність ЕФВ промислових та сільськогосподарських діелектричних суспензій суттєво впливає на процес ОС; накопичення зарядів поблизу електродів в суспензіях з малою електропровідністю ДФ, що приводить до зменшення поля в міжелектродному просторі; перезарядка частинок з великою електропровідністю на електроді приводить до їх відриву та виникненню турбулентних течій в приелектродній області. Ці фактори обмежують використання електрофоретичної дії електричного поля для очищення та сепарації СС.

Аналіз впливу коагуляції на процеси очищення та сепарації в електричному полі. Розглянемо вплив електричного поля на стійкість дисперсних систем.

В грубодисперсних (колоїдних) системах між частинками і ДС існує геометрична межа розділу фаз, що є носієм вільної поверхневої енергії, яка додає системі агрегативній стійкий стан.

Дисперсні частинки, розміри яких достатньо малі і вкриті міжфазними оболонками (що характерно для забруднених рідин), володіють високою молекулярно-кінетичною активністю і довго зберігаються в зваженому стані, тобто мають високу седиментаційну стійкість. В таких системах як рослинні олії в неочищеному вигляді, забруднені нафтопродукти та інші вуглеводневі рідини, природне осідання дисперсних частинок домішок відбувається дуже поволі.

Сучасна теорія стійкості колоїдних дисперсних систем Дерягина, Ландау, Фервея, Овербека трактує агрегативну стійкість як результат балансу сил молекулярного (Ван-дер-Ваальсового) тяжіння і сил електростатичної взаємодії (відштовхування або тяжіння). Якщо сили відштовхування переважають над

силами тяжіння, дисперсна система стійка, в іншому випадку вона не стійка. Тобто, якщо міжмолекулярні сили більше сил електростатичної взаємодії, то частинки агрегуються і осідають.

Порушення стійкості системи пов'язане із зіткненням і подальшим злиттям дисперсних частинок.

У відсутності зовнішнього електричного поля агрегування дисперсних частинок маловірогідне, оскільки вони є нейтральними і не взаємодіють між собою. Міжмолекулярне тяжіння мале через великі відстані між ними.

Під дією електричного поля в нейтральних частинках відбувається перерозподіл зарядів, тобто частинки переходять в дипольний стан. Такий стан збільшує сили тяжіння, що приводить до злиття дрібних частинок. Після злиття збільшуються і сили молекулярного тяжіння, тому частинки агрегуються в крупніші стійкі системи, які не руйнуються і після зняття електричного поля.

Такі укрупнені системи інтенсивніше осідають, тобто відбувається очищення рідини.

Це явище дозволяє використовувати для поляризації не тільки постійну напруга, але й змінну, оскільки при нульовому значенні електричного поля агреговані системи не руйнуються до його наступної появи.

У сучасній фізичній теорії стійкості і коагуляції дисперсних систем виділяють дві стадії коагуляційного процесу: процес зближення спочатку віддалених одна від одної частинок, не ускладнений їх взаємодією, і процес взаємодії частинок, що настає після їх зближення на достатньо малі відстані.

Обидві стадії коагуляційного процесу зазнають істотних змін при накладенні зовнішнього електричного поля.

Сила взаємодії між дисперсними частинками, що знаходяться в електричному полі визначається за формулою:

$$\vec{F}_k = \frac{3(\vec{p}_1 \cdot \vec{p}_2 (3\cos^2\alpha - 1))}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot r^4}, \quad (1.2)$$

Як витікає з формули (1.2) механізм коагуляції частинок суспензії, поміщеної в електричне поле, істотно залежить від розмірів частинок ДФ і середніх розмірів між ними. При низьких концентраціях ДФ і малих розмірах частинок диполь-дипольна взаємодія в середньому не велика.

При вищих концентраціях ДФ в середовищі (1 % і більше) і діаметрах частинок близько декількох мікрон диполь-дипольна взаємодія виступає визначальним чинником всього процесу коагуляції. Після закінчення стадії зближення частинки виявляються на відстанях, сумірних з їх розмірами. На

таких відстанях кожна частинка опиняється в неоднорідному полі, джерелом якого є сусідня частинка. Дійсно, дипольний момент породжує поле, що зменшується з відстанню обернено пропорційно до його другої степені, так що кожна поляризована частинка впливає своїм неоднорідним полем на дипольний момент близько розташованої сусідньої частинки, а дія на віддалені частинки виявляється малою.

Ряд досліджень з очищення соняшникової олії від фосфатидів з використанням електричного поля виконані в Чувашській державній сільськогосподарській академії М. А. Потаповим. Автором досліджувалась гідратована соняшникова олія. В результаті гідратації в олії виникають фосфоліпідні комплекси. В результаті дії електричного поля ці комплекси коагулюють до нестійких розмірів та осідають під дією сили тяжіння.

Дипольна взаємодія частинок домішок в соняшниковій олії настільки велика, що зумовлює необоротну їх коагуляцію. При виключенні поля, індуквані дипольні моменти і дипольні сили тяжіння не зникають і осад не розпадається.

В роботі використана електрична обробка для видалення фосфоліпідів з гідратованої рослинної олії. В цьому випадку емульсія являла собою зважені частинки фосфатидів з водою в рослинній олії, яка має низьку ПЕ. Під дією сил електричного поля в частинках фосфатидів, що мають в більшості випадків загальний нейтральний заряд, відбувається перерозподіл зарядів, тобто

наводяться диполі. Останні, під дією електричного поля розтягуються, причому, оболонка динелю стає менш міцною. Диполі під впливом електричного поля орієнтуються уздовж силових ліній. При зіткненні таких диполів оболонки розриваються, частинки зливаються, укрупнюються і під дією сил тяжіння випадають в зону відстою. Коалесценції крапель сприяють також міжмолекулярні сили взаємодії, що досягають при малих відстанях між краплями значної величини. Інтенсивна коалесценція фосфатидів з водою протікає в середовищі концентрованої емульсії. Зі збільшенням розмірів фосфатидів та їх взаємного зближення сили, що діють між ними, стають дуже великими. В цьому випадку процеси коагуляції зумовлюються в основному впливом дипольного моменту. Роль зовнішнього електричного поля полягає при цьому в «первинній» поляризації частинок.

Також доведено, що в процесі електрофільтрування гідратованої соняшникової олії ДФ концентрується в міжелектродному просторі за рахунок структуроутворення при напруженості поля від $0,5 \cdot 10^5$ до $2,5 \cdot 10^5$ В/м. При низьких концентраціях фосфатидів в олії (менше 0,2%) структуроутворення спостерігається при напруженості поля менш ніж $1,5 \cdot 10^5$ В/м у випадку вищих концентрацій (порядку 0,5%) - при напруженості поля менш ніж $2,5 \cdot 10^5$ В/м. При електрофільтруванні олії структуроутворення супроводжується виділенням парогазових бульбашок і їх ланцюжків, що за думкою авторів не надають негативного впливу на якість олії. В процесі електросепарації гідратованої соняшникової олії електрокоагуляція і коалесценція ДФ здійснюють основний вплив на механізм електросепарації. Енергозатрати на забезпечення процесу очищення олії від фосфоліпідів складають $0,15$ кВт·год/т. при остаточному вмісті фосфоліпідів 16 %. Електричне поле дозволяє також здійснити процес дегідратації.

Недоліком електричного очищення гідратованої соняшникової олії є тривалість процесу, що зумовлюється часом структуроутворення та випадіння скоагульованих агрегатів в осадок.

НУБІП УКРАЇНИ

Аналіз впливу електроконвективних течій на процес очищення та сепарації. Останні роки в деяких технологіях ОС рідин виробовуються методи електричної гідродинаміки в якій розглядаються питання взаємодії зовнішніх електричних полів з рідкими середовищами. Для прояву електрогідродинамічних ефектів використовують достатньо сильні поля з напруженістю більше 105 В/м, а рідкі середовища являють собою діелектрики.

НУБІП УКРАЇНИ

Електрогідродинамічні явища представляють великий теоретичний і практичний інтерес, головним чином для уникнення гідродинамічних збуджень, що виникають, наприклад, при рафінуванні рослинних олій або технічних масел за допомогою електрофільтрів і навпаки організації гідродинамічних течій з метою організації направлено руху зважених частинок.

НУБІП УКРАЇНИ

Нестійка рівновага в рідині при накладені сильного електричного поля приводить до виникнення гідродинамічного перемішування рідини, званого електричною конвекцією - явищем, аналогічним природній конвекції, зумовленій гравітаційними силами в неоднорідному по механічній щільності середовищі. Об'ємна щільність електричних сил, що керують електроконвективними процесами, незрівнянно складніша:

НУБІП УКРАЇНИ

$$\vec{F}_c = \nabla \left(\frac{E^2}{8\pi} \left(\gamma \frac{\partial \epsilon_c}{\partial \gamma} \right)_T \right) - \frac{\vec{E}^2}{8\pi} \nabla \epsilon_c \quad (1.3)$$

НУБІП УКРАЇНИ

де \vec{F}_c - об'ємна електрична сила, Н/м³;

ϵ_c - ДП середовища, Ф/м;

T - температура середовища, °К.

γ - щільність, кг/м³.

НУБІП УКРАЇНИ

Для виникнення електричної конвекції в рідині необхідна неоднорідність по фізичних параметрах, а саме по ДП або по ПЕ. Якщо причиною

НУБІП УКРАЇНИ

електроконвекції є термічна неоднорідність, то електроконвективний рух рідини є електротермічним. Якщо першопричиною неоднорідностей середовища є гетерогенність (емульсії, суспензії), тобто неоднорідність за механічним складом, то на межі розділу фаз виникає стрибок ЕФВ, що приводить до виникнення електромеханічної конвекції. У разі сильно неоднорідного електричного поля біля електроду з малим радіусом кривизни виникає уніполярний розряд, що зумовлене виникненням об'ємних кулонівських сил. Нарешті в абсолютно однорідній рідині в ізотермічних умовах плоскопаралельного конденсатору (однорідне поле), як показують досліди, також можливі електроконвективні явища. Цей тип конвекції прийнято називати ізотермічним.

Переважає більшість робіт в області електрогідродинаміки на сучасному рівні присвячена саме цьому випадку, оскільки є підстави вважати, що за деякими виключеннями ізотермічна конвекція супроводить і іншим її види. Питання полягає в тому, який внесок кожного з механізмів електроконвекції в загальний електрогідролінійний ефект, і вирішується він для кожного випадку самостійно.

Найбільш детальні експериментальні та теоретичні дослідження електрогідродинамічних процесів, пов'язаних з очищенням рідин були проведені в Інституті прикладної фізики Академії наук Республіки Молдова протягом кількох десятиріч. Ці дослідження охоплюють поведінку рідких дисперсних систем під впливом електричного поля з метою удосконалення існуючих та розробки нових технологій і обладнання зокрема для електрорафінації соняшникової олії. Результати цих досліджень найбільш повно викладено в монографії М. К. Бологи. Зокрема в цій роботі розглянуто процес сепарації воску в умовах інжектуючих електродів, що розташовані над поверхнею чарунки з суспензією воску в соняшниковій олії. Показано, що при накладенні електричного поля на суспензію під інжектуючими електродами, виникають електроконвективні течії. Під впливом електричного поля з виоліговольтичних

голючатих електродів на поверхню слабопровідної рідини інжектуються іони і електрони. Іони утворюються в результаті ударної іонізації при коронному розряді. Таким чином, електроди являють собою джерело об'ємного заряду, що виникає в полі коронного розряду. Під кожним інжектуючим електродом при вищій середній напруженості поля спостерігається електроконвекція у вигляді двох осередків Бінара. Під дією електроконвекції інжектовані заряди рухаються вглиб рідини, заряджаючи електроконвективні області. Внаслідок великого електричного опору міжелектродного проміжку час релаксації заряду великий, заряд не релаксує у всій рідині, а лише в середній області секції, між електроконвективними областями спостерігається нерухома зона рідини. Частинки воску під дією кулонівських сил втягуються в електроконвективні зони.

У разі, коли нижній заземлений електрод розташований на дні секції, стикаючись з рідиною, сепарація воску неефективна внаслідок релаксації заряду, тобто домінуючий вплив на процес електросепарації воску мають кулонівські сили. На ефективність сепарації воску впливає поверхневий заряд внутрішніх стінок секції, що протилежний по знаку заряду рухомих зон і утримує розтікання заряду з електроконвективних областей. При збільшенні ширини секції структура електроконвекції змінюється, число і розташування осередків також змінюється. Заряд з рухомих зон розтікається за всім обсягом рідини, що призводить до зниження ефективності сепарації. Таким чином розміри секції впливають на ефективність процесу.

Дослідження кінетики зарядки суспензії віск-соняшникова олія дозволило авторам визначити величину заряду, а метод термостимульованого розряду зарядженої суспензії - механізм його формування. Найбільший заряд формується при подачі на інжекторні електроди змінної напруги із зрізаним по амплітуді і укороченим за часом позитивним півперіодом, при обмеженні потоку зарядів екраном, локальному охолодженні поверхні суспензії під інжектуючими електродами. Це ускладнює організацію процесу сепарації.

Авторами розроблений спосіб і пристрій для очищення соняшникової олії.

Для реалізації оптимальних умов пристрій містить електродну систему типу «голка - ізольована площина», вістря голчатих електродів розташовані поблизу над поверхнею олії, забезпечені діелектричними екранами, висота шару масла, що сепарується - 60 мм. Режимні параметри: середня напруженість поля -105В/м, час обробки 30-60 хвилин, температура олії під голчатими електродами 5-22 0С.

Найбільш ефективна електросепарація воску спостерігається в змінному полі частотою 100 Гц синусоїдальної напруги із зрізаним по амплітуді і тривалості позитивним на півперіодом. Виявлено, що лімітуючим чинником електросепарації воску є зростання електропровідності суспензії. Ефективне відділення воску спостерігається при ПЕ менше 0,7 10⁻⁹ С/м, тобто сепарацію воску за запропонованим способом доцільно проводити на кінцевому етапі рафінування олії.

Із зростанням концентрації воску електропровідність суспензії падає; залежність ПЕ від концентрації воску має логарифмічний вигляд. У дослідженому діапазоні частот найбільша різниця ДП соняшникової олії і воску спостерігається при 100 Гц і 1 МГц, найменша - при 10 Гц. Тому найменше коливання параметрів сепарації впливає на її якість, що є недоліком.

Запропонований метод може бути застосований для очищення діелектричних рідин від механічних домішок. Він має як переваги, так і суттєві недоліки. Принциповим недоліками є: нестабільність процесу електросепарації як наслідок залежності електроконвекції від ЕФВ середовища, на які суттєво впливає температура, вологість та наявність домішок.

Недоліками при технічній реалізації процесу є: 1) мала глибина (до 60 мм) шару рідини, що обробляється; 2) малі розміри секцій, що призводить до збільшення кількості секцій та кількості коронуючих електродів; 3) великі габарити апарату; 4) велика кількість патрубків підводу, відводу олії та відводу концентрованої суспензії воску.

Аналіз впливу діелектрофоретичної взаємодії на процес очищення Діелектрофорез – виникнення сил на частинках, що поляризуються в неоднорідному електричному полі (зазвичай електричні поля змінного струму). Сили діелектрофорезу можуть бути використані для переміщення, фіксації у визначеному місці, розділення і управління частинками мікро- і нанорозмірів. Це може бути сортування, захоплення, видалення і розділення різних за властивостями об'єктів, тобто для маніпулювання ними. Потрібно відзначити, що діелектрофорез можна застосовувати не тільки для організації руху частинок в неоднорідному полі, але і для визначення їх власних характеристик: ДП і ПЕ.

Величина і спрямованість діелектрофоретичних сил залежить від декількох чинників, включаючи частоту змінного електричного поля, ПЕ і ДП середовища і зважених частинок, градієнта електричного поля. Останній залежить від геометрії використовуваних електродів. До того ж, електричні поля великої напруженості, що використовуються в діелектрофорезі, генерують виолії щільність енергії в середовищі. Завдяки виолій неоднорідності електричного поля спостерігаються градієнти температури, що приводить до градієнтів ПЕ і ДП. Перший створює вільний об'ємний заряд і силу Кулона, тоді як останній породжує діелектричну силу. Дві ці сили примушують середовище текти.

Ефект взаємодії частинок з полем пропорційний їх об'єму і набагато сильніше виявляється при розділенні крупних частинок.

Неоднорідне змінне електричне поле викликає поступальний рух поляризованої частинки. Швидкість діелектрофорезу пропорційна градієнту від квадрата напруженості поля, і, залежно від параметрів частинки, навколишнього середовища, властивостей межі розділу між ними і частоти, може бути направлена у бік сильнішого або слабкішого поля.

У порівнянні з електрофорезом діелектрофоретичне маніпулювання частинками потрібно проводити з використанням сильніших полів, проте воно має певні переваги, які особливо важливі у разі управління окремими частинками. Серед цих переваг можна відзначити наступні: 1) сильніша,

порівняно з електрофорезом, просторова залежність сили, що діє на частинку, дозволяє точніше управляти її положенням; 2) використання при діелектрофорезі змінного поля дозволяє уникнути забруднення простору біля електродів продуктами електрохімічних реакцій, які накопичувалися б при протіканні постійного електричного струму.

Діелектрофорез вивчається з 1951 р. стосовно частинок, що знаходяться в непровідних рідинах типу вуглеводнів. Дослідження діелектрофорезу в провідних рідинах, наприклад, водних розчинах, були пов'язані із значними ускладненнями через труднощі, пов'язані зі створенням в таких середовищах

електричного поля достатньо великої напруженості. Оскільки діелектрофоретична рухливість залежить від неоднорідності поля в місці розташування частинок, швидкість частинок виявляється функцією просторових координат, що також ускладнює експериментальне вивчення діелектрофорезу.

Реалізація переваг діелектрофорезу для нанотехнологій стала можливою після створення мікроскопічних електродних осередків, в яких завдяки високому опору, - більше 40 МОм - і інтенсивному відведенню тепла можуть бути досягнуті поля напруженістю близько десятків кВ/см. Такі напруженості поля виявляються достатніми для ефективного маніпулювання частинками радіусом від 10 нм.

Квадратична по полю повна сила, що діє в неоднорідному полі на електронейтральну систему, що складається з частинки разом з її дебаєвською атмосферою - дифузною частиною подвійного електричного шару, дається наступним виразом:

$$\vec{F} = (\vec{P}\nabla)\vec{E}, \quad (1.4)$$

де \vec{F} - сила, що діє в неоднорідному полі на електронейтральну систему частинка - дифузійна частина подвійного електричного шару, Н; \vec{P} - повний індукований дипольний момент системи, Кл·м.

У традиційному підході до розрахунку швидкості діелектрофорезу в розчині електроліту вважається, що електрична сила, що діє на частинку, рівна повній силі. Тоді швидкість діелектрофорезу обчислюється з умови рівності сили, що діє в неоднорідному полі на електронейтральну систему частинка - дифузна частина подвійного електричного шару і сили в'язкого опору. В результаті швидкість діелектрофорезу сферичної частинки радіуса a виявляється рівною:

$$\vec{v}_{de} = \frac{(\vec{p}\nabla)\vec{E}}{6\pi\eta a}, \quad (1.5)$$

де a - радіус частинки, м.

Проте в тих випадках, коли частинка рухається в розчині електроліту, тільки частина повної сили прикладена до частинки. Вплив зарядів іонів, що розподілені в межах поляризованої дифузійної обкладки подвійного електричного шару і розрахована швидкість діелектрофорезу:

$$\vec{v}_{de} = \frac{\chi_{eff} \nabla |\vec{E}|^2}{12\pi\eta a}, \quad (1.6)$$

де χ_{eff} - ефективна здатність частинки до поляризації;

$$\chi_{eff} = \chi_{eff}^{(0)} + \chi_{eff}^{(2)} \cdot \xi^2, \quad (1.7)$$

де $\chi_{eff}^{(0)}$ - ефективна здатність до поляризації незарядженої частинки;

$\chi_{eff}^{(2)}$ - коефіцієнт, що характеризує вплив заряду частинки на діелектрофорез.

Таким чином, розвиток теорії діелектрофорезу зазвичай зводиться до удосконалення методів розрахунку величини індукованого дипольного моменту.

а саме, - до обліку впливу на нього електричних властивостей частинки і середовища, поверхневої провідності, взаємозв'язаних електричних, концентраційних і гідродинамічних полів, що виникають при поляризації дифузної частини подвійного електричного шару, рухливості іонів в шарі Штерна і інших чинників.

Не дивлячись на великі потенційні можливості застосування діелектрофорезу все ще обмежене в більшості випадків лабораторними і щільними установками.

Інша річ коли частинка знаходиться в повітрі або в непровідній рідині. В цьому випадку ситуація спрощується і сила, що діє на частинку у формі кулі може бути розрахована за формулою.

$$\vec{F} = 4\pi\epsilon_c a^3 \frac{\epsilon_q - \epsilon_c}{\epsilon_q + 2\epsilon_c} \left(\bar{E}_x \frac{\partial \vec{E}}{\partial x} + \bar{E}_y \frac{\partial \vec{E}}{\partial y} + \bar{E}_z \frac{\partial \vec{E}}{\partial z} \right). \quad (1.8)$$

На підставі цієї сили працюють пристрої електросепарації в повітряних середовищах - діелектричні сепаратори. Але застосування подібних пристроїв для ОС діелектричних рідин від механічних домішок ускладнено у зв'язку з великою в'язкістю рідин у порівнянні з газами та інших факторів. Рідинні електрофільтри та електросепаратори з конструкцією, подібною до газових не знайшли практичного застосування. Тому дослідження закономірностей поведінки ОС в електричному полі, обґрунтування принципів і методів електричного ОС таких дисперсних систем є важливими завданнями.

1.3 Очищення рідини флотаційними методами.

Процес очищення рідин від грубо- і тонко-дисперсних часток флотацією полягає в утворенні комплексів частки бульбашки, спливанні цих комплексів і видаленні пінного шару, що утворився, з поверхні рідини.

Доцільність застосування флотаційних методів очищення в

сільськогосподарському виробництві обумовлене їх апробацією у плинні тривалого часу в багатьох галузях промисловості, що показала її велику ефективність.

По способі одержання газової фази флотаційні машини можна розділити на наступні типи.

1. Механічні. У цих машинах газові бульбашки одержують при перемішуванні рідини з газом мішалками.

2. Пневматичні. Одержання газової фази здійснюється в результаті вдмухування газу в рідину через перфоровану поверхню.

3. Пневмомеханічні. Ці машини сполучають механічний і пневматичний способи одержання газової фази.

4. Хімічні. У цьому способі флотаційні бульбашки одержують у результаті хімічної реакції.

5. Електричні. Виділення газу відбувається на електродах у результаті протікання в рідині електричного струму.

6. Напірні (вакуумні). У цих машинах бульбашки одержують при виділенні газу з перенасиченого розчину.

Флотаційні машини зручні в експлуатації завдяки вишній продуктивності і малій енергоємності, надійності в роботі (відсутність забивання і псування), тривалості роботи окремих деталей і можливості швидкого і нескладного ремонту, можливості автоматизації регулювання, мінімальній кількості обслуговуючого персоналу і мінімального обсягу будинку.

Вибір типу флотаційної машини для конкретного виробництва здійснюється шляхом зіставлення технологічних властивостей, продуктивності й енергоємності, а також зручності в експлуатації. Більш детально розглянемо електричну і напірну флотацію найбільш перспективні в сільськогосподарському виробництві для деяких видів рідких продуктів.

Широке поширення одержав метод очищення рідин від грубо дисперсних домішок флотацією бульбашками газу, що виділяються з пересиченого розчину

газу в рідині. У залежності від способу створення пересиченого розчину цей метод підрозділяють на вакуумну і напірну флотацію.

Вакуумна флотація здійснюється бульбашками, отриманими шляхом створення вакууму над рідиною, попередньо насиченої газом (повітрям) при атмосферному тиску.

Метод напірної флотації полягає в насиченні рідини газом (повітрям) під надлишковим тиском і наступним різким зниженням тиску до атмосферного. Бульбашки, що виділяються при цьому, флотують частки суспензії на поверхню рідини.

Процес очищення рідини флотацією бульбашками, що виділяються з пересиченого розчину газу у воді, підрозділяється на наступні стадії:

- розчинення газу в рідині;
- виділення бульбашок з пересичених розчинів газів у воді (виникнення нової фази);

- утворення комплексів частки — бульбашки;
- підйом комплексів на поверхню рідини.

Ефективність очистки рідин флотацією залежить від кількості і розмірів бульбашок, що знаходяться у рідині, тому дуже важливо управляти як кількістю так їх так і розмірами.

1.4. Ультразвукова інтенсифікація процесом очистки рідин напірною флотацією.

Ультразвукова обробка рідин знайшла застосування при флотації в збагачувальній промисловості. Тут визначилися наступні напрями застосування ультразвуку: при емульгуванні реагентів флотацій, при селекції бульбашками, і для інтенсифікації виділення розчиненого в рідині газу при напірній флотації.

Емульгування реагентів флотацій ультразвуком дозволяє підвищити якість збагачення за рахунок підвищення якості взаємодії газових бульбашок з частинками, що флотують. Селекція мінералів бульбашками флотацій

обумовлена залежністю сили взаємодії газової бульбашки з частинкою від інтенсивності ультразвукових коливання частотою 20кГц і інтенсивністю 2-4 Вт/см², що приводить до виборчої зміни первинних властивостей окремих мінеральних частинок суспензії із-за руйнування адсорбційного шару. Це дає можливість селективного розділення мінералів. З цього також витікає, що даний спосіб не прийнятний для легко руйнованих частинок, наприклад, суспензії оліяів у вигляді пластівців. При поєднанні ультразвукової обробки з процесом флотації відбувається взаємодія газових бульбашок друг з другом, що приводить до коаліценсії бульбашок і погіршенню показників очищення.

Застосування ультразвуку зводиться не тільки до кондиціонування реагентів і пульпи шляхом емульгування, ослабленню структури гідратних оболонок навколо реагентних крапель, але і до кондиціонуванню бульбашок повітря за розмірами. Це виконується як у порядку попередньої аерації пульпи до флотації, так і безпосередньо в машині флотації. Відомий ультразвуковий аератор розроблений А.М. Федоровим в інституті "Механобр", який дозволяє кондиціонувати гранулометричний склад бульбашок в межах 50 - 500 мкм. Вказаний метод аерації рідини добре застосовний для процесів збагачення, але при очищенні флотації рідин від дрібних органічних частинок він неприйнятний із-за кавітаційних руйнувань в пропонованих параметрах ультразвукового поля.

Експериментальні дослідження процесів вакуумної флотації з ультразвуковою обробкою показали, що значна кількість бульбашок газу виникає безпосередньо на твердих гідрофобних частинках. Авторами показано, що для виникнення ультразвукової флотації повинні виконуватися такі умови:

- а) наявність достатньої кількості газів, розчинених в рідині;
- б) ультразвукова кавітація;
- в) наявність гідрофобних частинок для виникнення бульбашок;
- г) оптимальні параметри пульпи, ультразвуку і часу.

Сам процес йде таким чином. Під дією ультразвуку тверді частинки мігрують до пучностей тиску. На гідрофобних частинках, що грають роль

кавітаційних зародків починається виділення газових бульбашок, які ростуть і рухаються до пучностей швидкостей, захоплюючи за собою мінеральні частинки, де вони коалесціюють і спливають.

Як і у попередньому випадку, організований таким чином процес флотації неефективний з наступної причини. У разі ультразвукової обробки в доквітаційному режимі кількість бульбашок газу буде невелика і порівняна з кількістю твердих зародків, а оскільки для флотації однієї частинки суспензії однієї бульбашки не завжди буває достатньо, то суспензія вилучатиметься не повністю. У разі ж кавітаційного режиму обробки, при якому бульбашки народжуються лавиноподібні, утворення агломерату частинка - бульбашки скрутно із-за ерозійної активності ультразвуку.

Як показали подальші дослідження тих же авторів, на утворення бульбашок газу в перенасиченому розчині істотно впливають різного роду добавки. Так, при додаванні у воду соснового масла виходять виключно дрібні бульбашки. При частоті ультразвуку 300 кГц і інтенсивності 22 Вт/см розмір бульбашок не перевищує 0,1 мм. Для способу флотації при збагаченні розмір бульбашок 0,1 мм є достатніми, проте, при очищенні деяких рідин з ніжною структурою суспензії бажано мати бульбашки меншого розміру. Окрім цього використання таких потужностей неекономічне і не задовольняє вимогам, що пред'являються до очищення харчових рідин, оскільки хвилі великої інтенсивності здатні руйнувати ланцюги полімерів, викликати конформаційні зміни білків і їх функцій, змінювати властивості крохмалю і пектину, викликати розпад амінокислот, вітамінів і інших органічної речовин

Таким чином, застосування потужних ультразвукових полів не завжди можливо для інтенсифікації очищення рідин.

Аналіз існуючих методів та технологій очищення соняшникової олії дозволив зробити висновки.

Аналіз методів очищення показує, що відоме і застосовується велика кількість способів очищення рідин і методів їх інтенсифікації. Всі вони мають свої недоліки і обмежену область застосування.

У сільськогосподарському виробництві очищення рідин також задіяне в багатьох технологіях, проте тут до вибору методу очищення пред'являються особливо жорсткі вимоги. Тому застосування нових методів інтенсифікації очищення сільськогосподарських рідких продуктів є актуальною задачею.

Аналіз робіт по електротехнологічним методам інтенсифікації процесу очищення флотацією, що є перспективними в деяких технологіях сільськогосподарського виробництва показує, те що ультразвукові методи інтенсифікації процесу утворення газової фази досліджувалися в контексті дегазації рідин і знайшли застосування в металургії. Стосовно процесів флотацій метод практично не розроблявся. Але це представляє великий інтерес з погляду управління дисперсністю газового складу в камері флотації і автоматизації процесу флотації.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

2. ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИСТКИ ОЛІЇ

2.1 Технологічні операції з очищення олії

Процес вилучення із олії зважених часток називається освітленням (очисткою).

Найлегше вилучаються крупні частки м'якоті, шкірки, дробленого насіння. Вони легко осаджуються, тому що не міцно зв'язані з рідкою фазою олії.

Вилучаються вони механічним шляхом: сепарацією, грубою фільтрацією, відстоюванням.

Дрібні частинки мути – це шматочки клітчатки, дріждєві клітки відділення яких утруднено колоїдною системою олії, що складається головним чином з пектинових і білкових речовин. Для видалення їх недостатньо одних механічних дій, а потрібні спеціальні методи, що дозволяють порушити стабільність колоїдної системи олії і викликати тим випадання в осад дисперсних частинок.

Найбільш помітну дію на колоїдну систему олії надають такі методи обробки олії, як обклеювання таніном і желатином, ферментне освітлення. У меншій мірі діє підігрів.

Розглянемо основні методи освітлення олії.

Грубе фільтрування. Застосовується для відділення найбільш крупних частинок м'якоті, шкірки, насіння. Фільтрування проводиться за допомогою різного типу фільтрів або циклонів.

Термообробка. Після видалення крупних частинок олія піддається миттєвому нагріву до температури 90°C і подальшому охолодженню. При цьому відбувається коагуляція білкових речовин, вони укрупнюються (середній діаметр частинок після термообробки - 19 мкм.) і можуть бути відокремлені при сепарації разом з іншими частинками. При цьому процес сепарації значно полегшується.

Сепарація. Оскільки щільність частинок суспензії відмінна від щільності рідкої фази, то при обертанні на частинку діє доцентрова сила, здатна виділяти її з рідкої фази олії. Після сепарації середній діаметр колоїдних частинок складає 18 мкм.

Фільтрування. Операція фільтрування полягає в пропусканні олії через фільтр-картон. Вона проводиться безпосередньо перед фасуванням олії в кінцеву тару. Цей процес здійснюється на фільтрпресі, після чого середній діаметр частинок складає 15,6 мкм.

Освітлення таніном, желатином і ферментне освітлення. При виробництві висоляючих освітлених олій можливі додаткові способи освітлення. Найбільш помітна дія на колоїдну систему олії надає танін і желатин, а так само ферментні препарати.

Ефект освітлення ферментними препаратами пояснюється їх пектолітичною дією. Фермент, що міститься в препараті (пек таза) гідролізує пектин до розчинної моногалактуронової кислоти, що полегшує очищення олії від колоїдів.

Освітлення таніном і желатином засновано на їх коагулюючій дії. Воно відбувається таким чином. Гідрофільні колоїди можуть бути перетворені на гідрофобні шляхом збільшення дозою речовин, що створюють навколо гідрофільної частинки гідрофобну поверхню. Таким чином танін і желатин перетворюють стійкі гідрофільні колоїди на нестійкі гідрофобні. Недолік цього способу - негативний вплив на якість олії.

Великий вплив на якість освітлення надає спосіб внесення тих або інших препаратів, що освітлюють. Рівномірне і швидке їх внесення сприяє швидшому протіканню процесу освітлення.

Існує декілька способів внесення препаратів. Найбільш ефективні з них - це внесення речовин, що освітлюють у вигляді струменя з відцентрового насоса.

Ультрафільтрація - це процес розділення виоліємолекулярних і низькомолекулярних речовин, що знаходяться в розчині за допомогою мембран під тиском.

Властивості і можливості ультрафільтрації в поєднанні з традиційними прийомами дозволяють ефективніше вирішувати задачу освітлення оліїв.

2.2 Опис прийнятої технології очистки олії

Зібрана після віджимання олія перекачується в проміжну ємкість 1, потім сепарується сепаратором 2 і піддається миттєвому підігріву в пастеризаторі - охолоджувачі 3. Температура 90°C втримується протягом 1-3 хв., а потім олію швидко охолоджують до $35 - 40^{\circ}\text{C}$.

Освітлення олії проводять ферментним препаратом - авамаріном і препаратом що обклеює - желатином таким чином. Приготовану суспензію ферментного препарату після витримки 30 - 60 хв. збовтують і вносять в олію невеликими порціями, одночасно із заповненням ємності олією. Далі олію перемішують циркуляційним насосом 30 хв. Після цього до олії додається розчин желатину і суміш перемішується 30 хв. Після чого олію витримують 2 - 3 години для осадження пластівців, що утворилися і ущільнення осадку.

Після освітлення авамаріном і желатином, олію ще раз сепарують, а так само фільтрують на фільтр-пресі 5. Профільтровану олію збирають в проміжну ємність після чого відправляють на розлив.

Недоліком такої технології є тривалість процесу відстоювання, що пов'язано з малими розмірами частинок суспензії і наявністю в олії розчинного повітря, яке перешкоджає осадженню частинок. Для усунення вказаного недоліку в технологічному процесі передбачена установка у відстійнику додаткового технологічного устаткування у вигляді джерела ультразвукових коливань - магнітострікційного перетворювача 5.

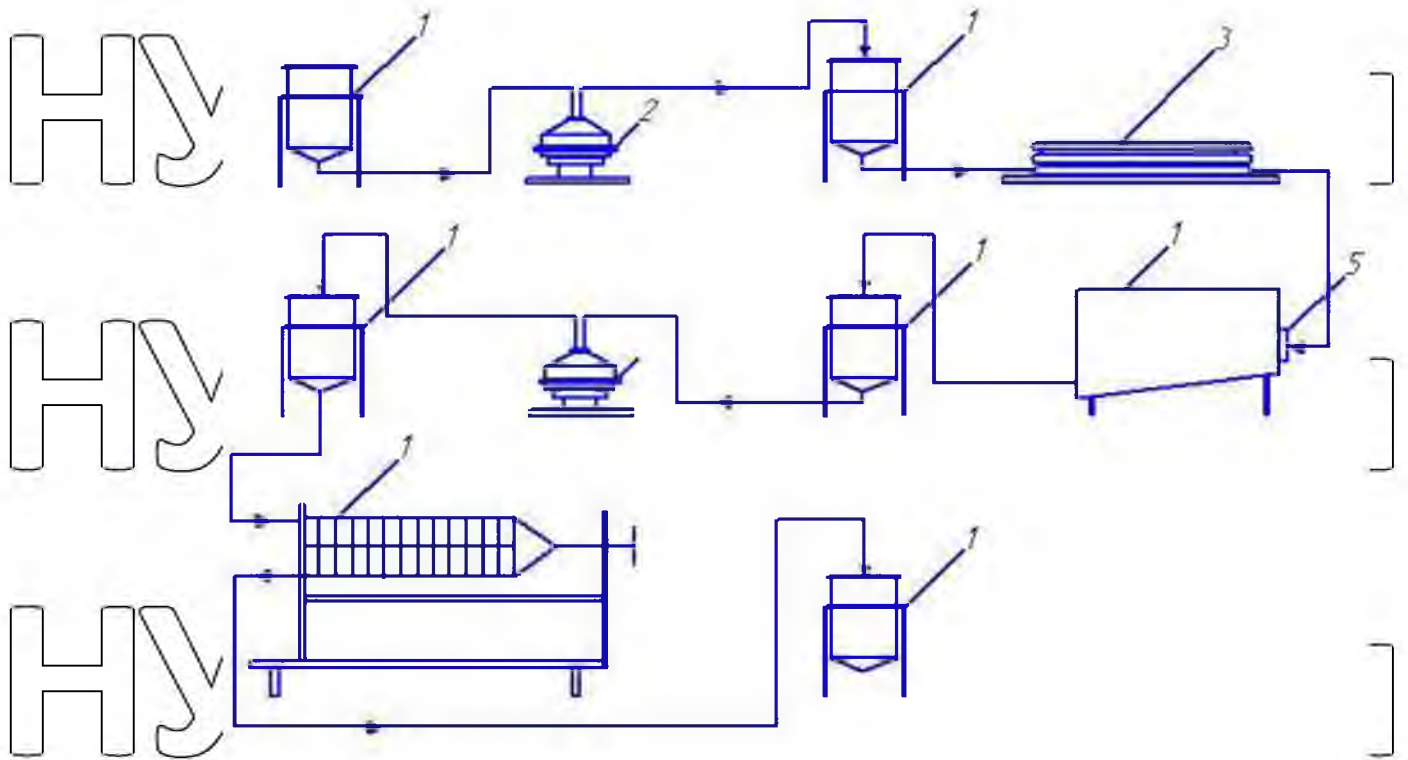


Рисунок 2.1 - Технологія очищення олії: 1 – ємність для збору олії;

2- сепаратор; 3- пастеризатор-охолоджувач; 4- ємність для освітлення;
 5 - фільтр-прес

Завдяки обробці олії ультразвуковими коливаннями частотою 21 кГц з нього інтенсивно виділяється повітря у вигляді дрібних бульбашок. Піднімаючись вгору бульбашки виносять на поверхню зваж, а олія відводиться через нижній патрубок.

НУБІП України

НУБІП України

3. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ ОЧИСТКИ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ

Електротехнологічна система очистки олії вміщує в себе джерело
ультразвукових коливань частотою 21 кГц, в якості якого застосовуємо
магнітострикційний перетворювач, а також ультразвуковий генератор

3.1 Розрахунок потужності магнітострикційного перетворювача.

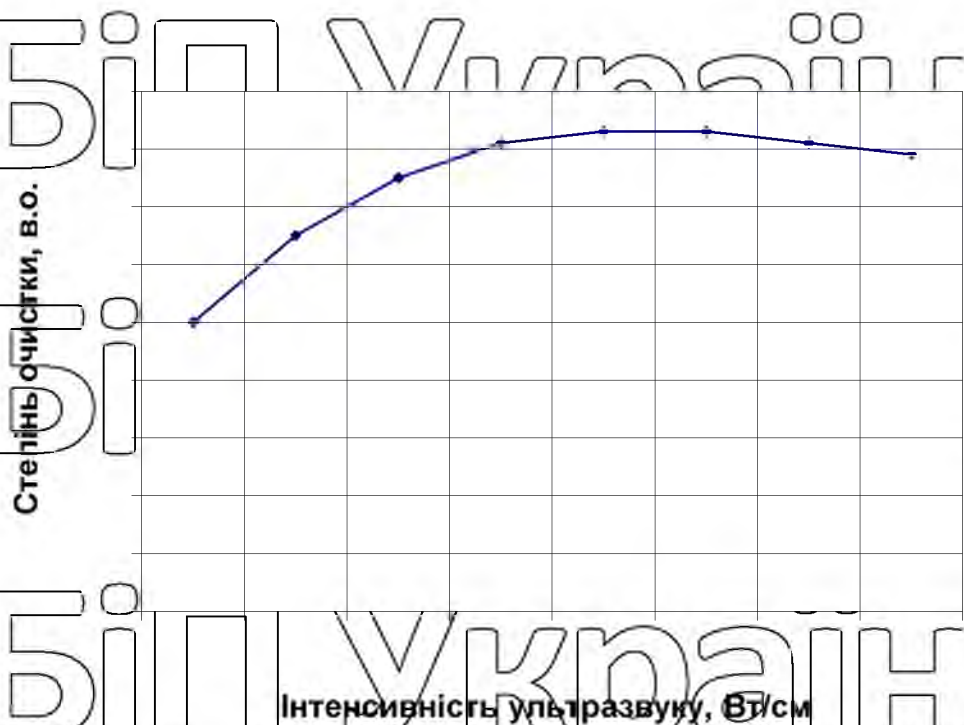


Рис 3.1 - Залежність ступеня очистки олії від інтенсивності ультразвуку

Згідно рисунка 3.1 необхідна інтенсивність ультразвуку для забезпечення
найбільшої ефективності процесу флотації складає 5 Вт/см²

Розраховуємо площу поверхні, що винрмініює ультразвуксві-колівання:

НУБІП України

$$S_{\text{вип}} = \frac{Q \cdot t}{h}, \quad (3.1)$$

де $S_{\text{вип}}$ - площа поверхні, що випромінює, см²;

НУБІП України

Q - розрахункова подача насосу, см³/с;

t - час обробки, с.

h - розмір кавітаційної області, см.

Для циркуляційного насосу з подачею 54 м³/год, розрахункова подача складає 1500 см³/с. Час обробки складає 2 с. Розмір кавітаційної області – 10 см.

НУБІП України

$$S_{\text{вип}} = \frac{1500 \cdot 2}{10} = 300 \text{ см}^2$$

НУБІП України

Акустична потужність магнітострикційного перетворювача:

$$P = I \cdot S_{\text{вип}}, \quad (3.2)$$

НУБІП України

де P – акустична потужність, Вт;

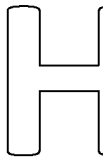
I – інтенсивність ультразвуку, Вт/см².

$$P = 5 \cdot 300 = 1500 \text{ Вт/см}^2$$

НУБІП України

3.2 Вибір конструкції та розрахунок параметрів магнітострикційного

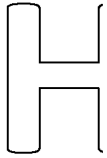
перетворювача



Магнітострикційний перетворювач розраховуємо на потужність $P = 1,5$ кВт і робочу частоту $f=21$ кГц.

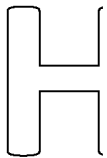
Як матеріал перетворювача беремо нікель, що має найкращі магнітострикційними властивостями.

Питома допустима потужність для нікелю $P_0 = 80$ Вт/см².



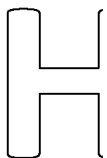
Площа перерізу стрижнів з нікелю:

$$S_{cm} = \frac{P}{P_0}, \quad (3.3)$$



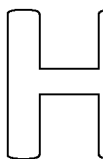
$$S_{cm} = \frac{1500}{80} = 18,7 \text{ см}^2$$

Ширину вікна приймаємо $C_0 = 15$ мм.



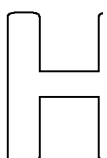
Ширина пластин з нікелю:

$$b = \frac{C_0}{2} + \sqrt{\frac{C_0^2 + 4S_{cm}}{4}}, \quad (3.4)$$



$$b = \frac{15}{2} + \sqrt{\frac{15^2 + 18,7}{4}} = 48,5 \text{ мм.}$$

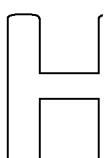
Приймаємо $B=50$ мм.



Товщину пакету приймаємо рівній ширині:

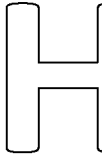
$$\delta = b = 50 \text{ мм}$$

Ширина стрижнів



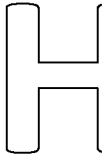
$$a = \frac{b - C_0}{2}, \quad (3.5)$$





$$a = \frac{50 - 15}{2} = 17,5 \text{ мм},$$

Ширина перемички ярма

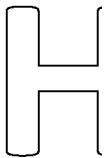


$$d_n = (1 - 1,2) a, \tag{3.6}$$

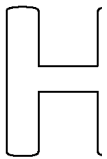
$$d_n = 1,1 \cdot 17,5 = 19,25 \text{ мм}.$$

Приймаємо $d_n = 20 \text{ мм}$.

Визначаємо параметр θ' :

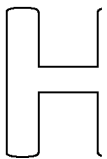


$$\theta' = \frac{3bd_n}{2a}, \tag{3.7}$$



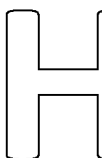
$$\theta' = \frac{3 \cdot 5 \cdot 2}{2 \cdot 17,5} = 8,5$$

Висота вікна:



$$h = \theta' \left[\sqrt{1 + \left(\frac{0,56v_s}{f\theta'} \right)^2} - 1 \right], \tag{3.8}$$

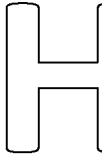
де v_s - швидкість звуку в матеріалі перетворювача.



$$h = 8,5 \left[\sqrt{1 + \left(\frac{0,56 \cdot 486000}{21000 \cdot 8,5} \right)^2} - 1 \right] = 7 \text{ см}.$$

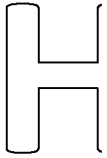
Акустична потужність:





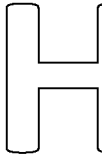
$$P_{el} = \frac{P}{\eta_{ea}}, \quad (3.9)$$

де $\eta_{ea} = 0,5$ - електроакустичний коефіцієнт корисної дії.



$$P_{el} = \frac{1,5}{0,5} = 3 \text{кВт}.$$

Кількість витків обмотки збудження:

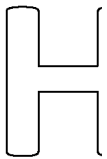


$$\omega_{зб\ddot{y}д} = \frac{U}{4,44 \cdot f \cdot B \cdot S_{cm}}, \quad (3.10)$$

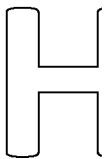
де $U=200$ В - робоча напруга, В;

$f = 21\,000$ Гц - частота струму, Гц;

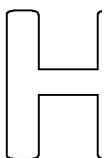
$B = 0,15$ Т - індукція, при якій настає насичення матеріалу, Т.



$$\omega_{зб\ddot{y}д} = \frac{200}{4,44 \cdot 21000 \cdot 0,15 \cdot 18,7} = 6,1.$$

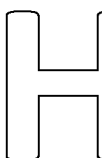


Струм збудження:



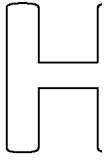
$$I_{зб\ddot{y}д} = \frac{P_{ea}}{U \cdot \cos \varphi}, \quad (3.11)$$

$$I_{зб\ddot{y}д} = \frac{3000}{200 \cdot 0,95} = 15,8 \text{А}$$



Струм підмагнічення:

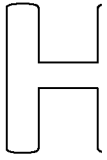
□



$$I_{\text{нідм}} = \frac{0,8H_0 \cdot l}{1,4 \cdot \omega_{\text{збуд}}}, \quad (3.12)$$

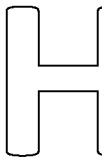
де l - довжина середньої лінії магнітопроводу, м;

H_0 - оптимальна напруженість поля що поляризує, А/см.

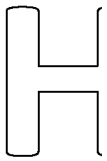


Оптимальну напруженість що поляризує поля вибирають по графіку $B = f(H)$. У місці перегину кривої намагнічення до насичення $H_0 = 12$ А/см.

Довжина середньої лінії магнітопроводу:

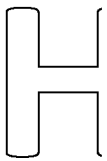


$$l = 2h \left[1 + \frac{d_n}{h} + \frac{\delta + a}{h} \left(\frac{a}{d_n} \right) \right], \quad (3.13)$$



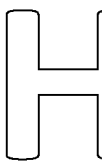
$$l = 2 \cdot 7 \left[1 + \frac{2}{7} + \frac{5 + 1,7}{7} \left(\frac{1,7}{2} \right) \right] = 28 \text{ см.}$$

$$I_{\text{нідм}} = \frac{0,8 \cdot 12 \cdot 28}{1,4 \cdot 6} = 40 \text{ А.}$$



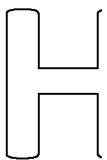
Ефективне значення струму збудження:

$$I_{\text{еф}} = \frac{I_{\text{збуд}}}{\sqrt{2}}, \quad (3.14)$$



$$I_{\text{еф}} = \frac{15,8}{\sqrt{2}} = 11,2.$$

Повний струм (при суміщеній обмотці вібратора):



$$I_{\text{пов}} = \sqrt{I_{\text{нідм}}^2 + I_{\text{еф}}^2}, \quad (3.15)$$



$$I_{нов} = \sqrt{40^2 + 11,2^2} = 42A.$$

Перетин проводу обмотки перетворювача:

$$S_{np} = \frac{I_{нов}}{j}, \quad (3.16)$$

де $j = 2,5$ А/мм²-допустимая щільність струму, А/мм².

$$S_{np} = \frac{42}{2,5} = 16,2 \text{ мм}^2,$$

Результати розрахунку магнітострикційного перетворювача зведені в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1.

Результати розрахунку магнітострикційного перетворювача

Найменування показників	Величина
1 Розміри магнітопроводу, мм	50x50x105
2 Акустична потужність, кВт	1,5
3 Напруга живлення, В	200
3. Активна електрична потужність, кВт	3
4 Електроакустичний к.к.д.	0,5
5 Кількість витків обмотка збудження	6
6 Величина струму збудження, А	42
7 Величина струму підмагнічування, А	7,9
8 Перетин проводу обмотки перетворювача, мм ²	16

3.3 Розрахунок концентратора

В якості перехідного концентратора для триполухвильової системи використовуємо експоненціальний концентратор.

Діаметр верхнього торця перехідного концентратора:

$$D_b = \sqrt{b^2 + \delta^2}, \quad (3.17)$$

$$D_b = \sqrt{5^2 + 5^2} = 7,1 \text{ см.}$$

Довжина полухвильового експоненціального конусу:

$$l_p = \frac{\xi \cdot 10^2}{f} \sqrt{\frac{E_{np}}{v_m}} \quad (3.18)$$

де ξ – коефіцієнт форми, $\xi = 0,51$;

v – швидкість звуку в концентраторі, $v = 8900$ м/с.

$$l_p = \frac{0,51 \cdot 10^2}{21000} \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^{11}}{8900}} = 11,8 \text{ см}$$

Діаметр нижнього торця концентратора:

$$D_n = (0,5 - 0,75) D_b, \quad (3.19)$$

$$D_n = 0,57 \cdot 1 = 3,5 \text{ см.}$$

3.4 Вибір ультразвукового генератора та опис роботи принципової схеми.

Для живлення магніострикційного перетворювача вибираємо ультразвуковий генератор УЗГ-3-3.

Генератор УЗГ-3-3 призначений для живлення ультразвукового устаткування: ванн очищення, зварювальних пістолетів, ультразвукових паяльників у технологіях очищення деталей, зварювання і пайки пластмасових виробів. Технічна характеристики генератору УЗГ 3-3.

Таблиця 3.2.

Технічна характеристики генератору УЗГ 3-3

Характеристика	Величина
Напруга живлення	220 В.
Споживана потужність	5,1 кВт.
Вихідна напруга	0...250 В.
Вихідна потужність	0...3000 Вт.
Вихідна частота	22, 33, 44 кГц.

При роботі генератора з навантаженням у виді магніострикційного перетворювача або іншого електроакустичного перетворювача виконується налаштування частоти генератора на резонансну частоту перетворювача. Коли ці частоти збігаються, вихідна напруга генератора має мінімальне значення, тому що при резонансі перетворювач споживає максимальну потужність. Регулювання частоти здійснюється ручкою "Регулювання частоти" розташованої на передній панелі генератора.

Опис принципової схеми генератора УЗГ-3-04

Генератор УЗГ-3-04 має наступні основні вузли (рисунок 3.2):

1) блок керування, що включає понижуючий трансформатор ТЗ, магнітний пускач КІ, кнопки S4, S5 і захисний вимикач S6;

2) виоліювольтне джерело постійної анодної напруги, що включає підвищувальний трансформатор Т1, виоліювольтний випрямляч на діодах V1...V4, конденсатор С5 що згладжує і дросель L1;

3) блок регулювання вихідної напруги, що включає джерело постійної напруги (трансформатор Т2, випрямлювач V9...V12, дросель L3) і потенціометр на резисторах R4...R5 і конденсаторі С6.

4) блок підмагнічування, що включає трансформатор Т2, випрямляч V5...V8, конденсатор С4 що згладжує і фільтрує виолії частоту, дросель L2;

5) генератор виоліючастотних коливань, що включає генераторну лампу E2, основний коливальний контур на конденсаторах С13...С30 і котушку індуктивності L4, допоміжний коливальний контур на виоліювольтних конденсаторах С7,С8 і первинній обмотці вихідного трансформатора Т4.

Схема працює в такий спосіб.

При подачі напруги на генератор включається вентилятор М1 охолодження генераторної лампи. Після включення тумблера S1 подається живлення на трансформатор Т3, який здійснює розжарення катода генераторної лампи E2 і подає живлення на схему керування. При натисканні кнопки "Пуск" S5 спрацьовує пускач К1, і напруга подається на трансформатори Т1, Т2.

Виоліювольтна постійна напруга з випрямляча V1...V4 подається на генератор. Напруга позитивного зворотного зв'язку надходить з основного коливального контуру L4, С13...С30, що задає частоту генератора на першу сітку генераторної лампи E2. При цьому підсилюється тільки та частота, для якої опір контуру є максимальним, тобто резонансна частота контуру, інші частоти відфільтровуються.

Регулювання вихідної напруги здійснюється подачею постійної напруги з потенціометра R4,R5,С6 на другу сітку лампи. Опір R6 служить для подачі постійної напруги зсуву на катод лампи.

НУДІІ | УКРАЇНИ



Рис. 3.2 – Принципова схема ультразвукового генератора УЗГ 3-04

Високочастотна напруга знімається з допоміжного коливального контуру C7,C8,T4 через понижуючий трансформатор T4. Контроль вихідної напруги здійснюється вольтметром VI.

При роботі генератора з магнітострикційним перетворювачем у генераторі передбачене джерело постійної напруги для підмагнічування магнітострикційного перетворювача, при цьому струм підмагнічування і робочий струм проходять по одній і тій же обмотці перетворювача. Для запобігання протікання постійного струму підмагнічування по вторинній обмотці вихідного трансформатора T4 у його вторинне коло включений розділовий конденсатор C10...C12. А для того, щоб виолія частота не попадала на випрямляч VD5...VD8 у ланцюг підмагнічування поставлена розділова котушка індуктивності

3.5. Розрахунок електропривода насоса.

Проведемо вибір електропривода насоса для перекачки олії.

$$D_{i\text{ан}} := \frac{\rho \cdot g \cdot H_{i\text{ан}} \cdot Q_{i\text{ан}}}{\eta_{i\text{ан}}}$$

Потужність насоса визначаємо за формулою:

де ρ – питома густина олії, $\rho = 1032 \text{ кг/м}^3$;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

$H_{\text{нас.н.}}$ – напір насоса, $H_{\text{нас.н.}} = 20 \text{ м}$;

$Q_{\text{нас.н.}}$ – подача насоса, $Q_{\text{нас.н.}} = 8 \text{ м}^3/\text{год} = Q_{\text{нас.н.}} = 0,0022 \text{ м}^3/\text{с}$;

$\eta_{\text{нас.}}$ – коефіцієнт корисної дії, $\eta_{\text{нас.}} = 0,53$.

$P_{\text{нас}} = 1 \text{ кВт}$.

$$M_c - M_0 + (M_{\text{сн}} - M_0) \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^2$$

Механічна характеристика відцентрового насоса описується рівнянням:

де M_c – момент статичних опорів;

M_0 – початковий момент, $M_0 = 0,05 \cdot M_{\text{сн}}$;

$M_{\text{сн}}$ – момент статичних опорів при номінальній кутовій швидкості;

ω, ω_n – задане і номінальне значення кутової швидкості.

$$\omega_n = \frac{\pi \cdot n_n}{30} \cdot n_n = \frac{2800 \text{ об}}{\text{хв}} \cdot \frac{1}{60} = 293,215 \text{ с}^{-1}$$

Момент статичних опорів при номінальній кутовій швидкості визначаємо за формулою:

НУБІП УКРАЇНИ

$$\dot{I}_{\text{н}} := 9550 \cdot \frac{D_{\text{н}}}{v_i} \quad \dot{I}_{\text{н}} = 3.411 \cdot \dot{I}_{\text{н}}$$

НУБІП УКРАЇНИ

$$\dot{I}_0 := 0.05 \cdot \dot{I}_{\text{н}} \quad \dot{I}_0 = 0.171 \cdot \dot{I}_{\text{н}}$$

$$\dot{I}_{\text{н}} := 0.171 + 3.24 \cdot \left(\frac{\omega}{293.215} \right)^2$$

НУБІП УКРАЇНИ

Задаючись ω від 0 до 300 1/с, розраховуємо значення моменту статичних опорів.

Значення записуємо в таблицю 3.3.

НУБІП УКРАЇНИ

Таблиця 3.3

Розрахунок механічної характеристики насоса

ω , 1/с	0	50	100	150	200	250	300
Мс, Н·м	0,17	0,26	0,55	1,0	1,68	2,53	3,56

НУБІП УКРАЇНИ

Для привода насоса вибрано електродвигун АИР 80А2У2.

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

Побудову механічної характеристики електродвигуна виконуємо за характерними точками:

$$1. \begin{cases} S = 0 \\ \omega_0 = 314 \text{ c}^{-1} \\ M = 0 \text{ Н}\cdot\text{м} \end{cases}$$

$$2. \begin{cases} S_H = \frac{n_0 - n_H}{n_0} = 0.05 \\ \omega_H = \frac{3.14 \cdot 2850}{30} = 298.3 \text{ c}^{-1} \\ M_H = \frac{9550 \cdot 1.5}{2850} = 5.026 \text{ Н}\cdot\text{м} \end{cases}$$

$$3. \begin{cases} \mu_K = 2.2 \\ \mu_{\text{пуск}} = 2.1 \\ \mu_1 = \frac{\mu_K}{\mu_{\text{пуск}}} = 1.048 \\ S_K = \frac{S_H + \sqrt{S_H \cdot \frac{(\mu_K - 1)}{(\mu_1 - 1)}}}{1 + \sqrt{S_H \cdot \frac{(\mu_K - 1)}{(\mu_1 - 1)}}} = 0.552 \\ \omega_K = 314 \cdot (1 - 0.55) = 141.3 \text{ c}^{-1} \\ M_K = \mu_K \cdot M_H = 11.058 \text{ Н}\cdot\text{м} \end{cases}$$

$$4. \begin{cases} S_{\text{мін}} = 0.8 \\ \omega_{\text{мін}} = 314 \cdot (1 - 0.8) = 62.8 \text{ c}^{-1} \\ M_{\text{мін}} = \mu_{\text{мін}} \cdot M_H = 7.539 \text{ Н}\cdot\text{м} \end{cases}$$

$$5. \begin{cases} S_{\text{пуск}} = 1 \\ \omega_{\text{пуск}} = 0 \\ M_{\text{пуск}} = \mu_{\text{пуск}} \cdot M_H = 10.555 \text{ Н}\cdot\text{м} \end{cases}$$

Побудова механічної характеристики електродвигуна з урахуванням допустимого відхилення моментів:

$$1. \omega_0 = 314 \text{ (1/c)}; \quad M' = 0.$$

$$2. \omega_H = 298,3 \text{ (1/c)}; \quad M_H' = 5,026 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

$$3. \omega_K = 141,3 \text{ (1/c)}; \quad M_K' = 0,9 \cdot 11,058 = 9,96 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

$$4. \omega_{\text{мін}} = 62,8 \text{ (1/c)}; \quad M_{\text{мін}}' = 0,8 \cdot 7,54 = 6,44 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

$$5. \omega_{\text{пуск}} = 0; \quad M_{\text{пуск}}' = 0,85 \cdot 10,56 = 8,98 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Побудова механічної характеристики електродвигуна з урахуванням допустимого відхилення напруги $\Delta U = -5\%$:

1. $\omega_0 = 314 \text{ (1/c)}$; $M'' = 0$.

2. $\omega_{н} = 298,3 \text{ (1/c)}$; $M_{н}'' = 0,95^2 \cdot 5,026 = 4,53 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

3. $\omega_{к} = 141,3 \text{ (1/c)}$; $M_{к}'' = 0,95^2 \cdot 9,96 = 8,97 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

4. $\omega_{\text{дін}} = 62,8 \text{ (1/c)}$; $M_{\text{дін}}'' = 0,95^2 \cdot 6,44 = 5,8 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

5. $\omega_{\text{пуск}} = 0$; $M_{\text{пуск}}'' = 0,95^2 \cdot 8,98 = 8,03 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

Будуємо механічну характеристику двигуна і насоса (рис.3.3.)

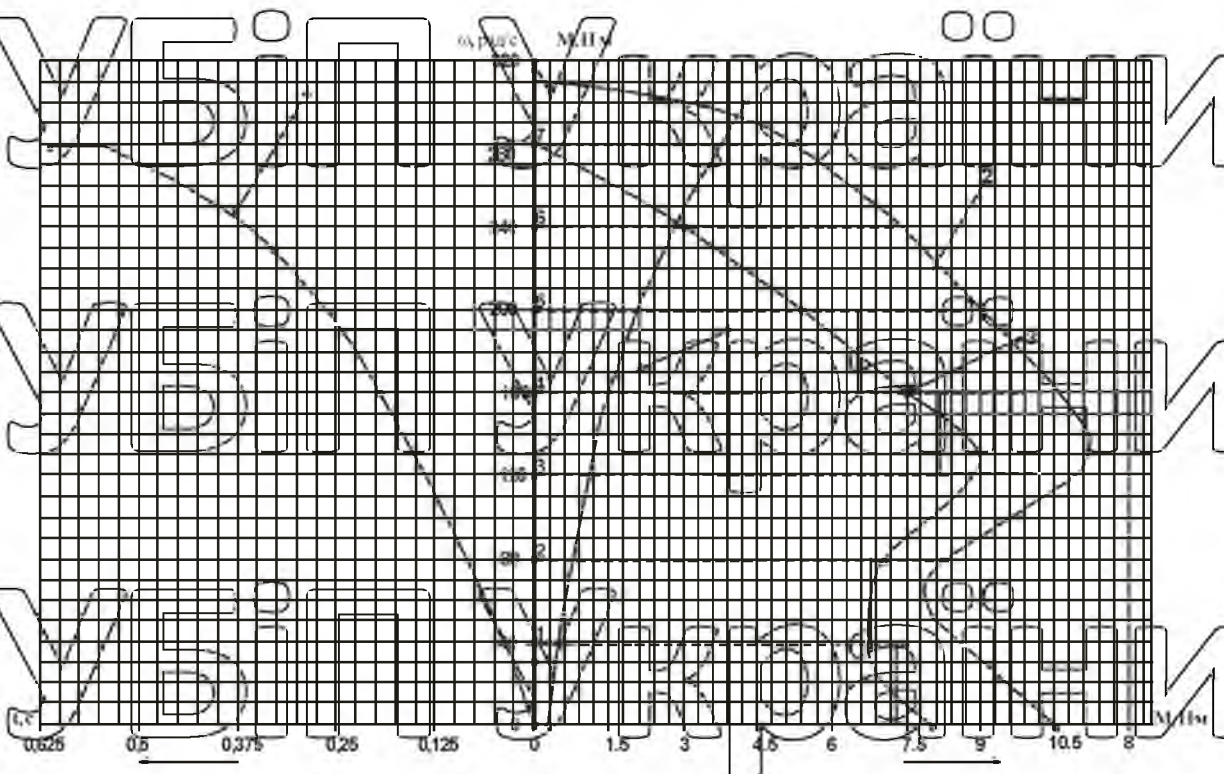


Рис. 3.3 механічну характеристику двигуна і насоса: 1 – механічна характеристика робочої машини $\omega = f(M_{\text{дв}})$; 2 – механічна характеристика двигуна $\omega = f(M_{\text{дв}})$; 3 – динамічна характеристика $\omega = f(M_{\text{дін}})$; 4 – час розгону електродвигуна $\omega = f(t)$;

Для визначення часу пуску двигуна знаходимо динамічний момент

$$M_j = M_{\text{д}}' - M_{\text{с}}$$

Інтервал швидкостей ділимо на ділянки $\Delta\omega_i$, для кожної з яких визначаємо середнє значення динамічного моменту M_{jcp} і розраховуємо приріст часу:

$$\Delta t_i := \frac{J_{зв} \cdot \Delta\omega_i}{M_{jcp}}$$

де $J_{зв}$ - зведений момент інерції привода;

$J_{рот}$ - момент інерції ротора двигуна, $J_{рот} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$;

$J_{нас}$ - момент інерції насоса, $J_{нас} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

$$J_{зв} = 1,8 \cdot 10^{-3} + 8 \cdot 10^{-3} = 9,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

$$\Delta t_1 := \frac{9,8 \cdot 10^{-3} \cdot 30}{7,3} \quad \Delta t_1 = 0,04 \text{ с} \quad \Delta t_2 := \frac{9,8 \cdot 10^{-3} \cdot 30}{6,1} \quad \Delta t_2 = 0,048 \text{ с}$$

$$\Delta t_3 := \frac{9,8 \cdot 10^{-3} \cdot 30}{5,8} \quad \Delta t_3 = 0,051 \text{ с} \quad \Delta t_4 := \frac{9,8 \cdot 10^{-3} \cdot 30}{6,9} \quad \Delta t_4 = 0,043 \text{ с}$$

$$\Delta t_5 := \frac{9,8 \cdot 10^{-3} \cdot 30}{7,8} \quad \Delta t_5 = 0,038 \text{ с} \quad \Delta t_6 := \frac{9,8 \cdot 10^{-3} \cdot 30}{7,7} \quad \Delta t_6 = 0,038 \text{ с}$$

$$\Delta t_7 := \frac{9,8 \cdot 10^{-3} \cdot 30}{6,9} \quad \Delta t_7 = 0,043 \text{ с} \quad \Delta t_8 := \frac{9,8 \cdot 10^{-3} \cdot 30}{5,7} \quad \Delta t_8 = 0,052 \text{ с}$$

$$\Delta t_9 := \frac{9,8 \cdot 10^{-3} \cdot 30}{4,2} \quad \Delta t_9 = 0,07 \text{ с} \quad \Delta t_{10} := \frac{9,8 \cdot 10^{-3} \cdot 30}{1,8} \quad \Delta t_{10} = 0,163 \text{ с}$$

Час пуску:

$$t_{пуску} = \sum \Delta t_i$$

$$t_{пуску} = 0,04 + 0,048 + 0,051 + 0,043 + 0,038 + 0,038 + 0,043 + 0,052 + 0,07$$

$$++ 0,163 = 0,583 \text{ с}$$

перевищення температури двигуна під час пуску:

НУБІП України

$$t_{\text{пуск}} = v_t \cdot t_{\text{пуску}},$$

де v_t – швидкість нагрівання двигуна, $v_t = 7,9 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{с}$.

$$t_{\text{пуск}} = 7,9 \cdot 0,583 = 4,61 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

НУБІП України

Отже, $t_{\text{пуск}} < t_{\text{доп}}$. Норми виконуються цей двигун не перегріється при пуску.

Для експериментальних досліджень процесу очищення соняшникової олії

використовувалась камера з багаторядною СЕ (рис. 5.16). Стінки камери виконані з оргскла та стягнуті за допомогою гвинтів. Об'єм камери складає 150 см³.

НУБІП України

В камері міститься десять рядів ЦЕ діаметром 1,6 мм по дев'ять електродів у ряду. Відстань між центрами ЦЕ складає 6 мм. Електроди вмонтовані в стінку камери таким чином, щоб з'єднання електродів між рядами за допомогою з'єднувальної шини здійснювалось через провід, як показано на рис. 5.19. Таким чином половина перших електродів всіх рядів має

НУБІП України

вивід для підмикання високовольтних проводів через епоксидну ізоляцію з одного боку камери, а інша половина - з другого боку. Така конструкція дозволяє робити підмикання з двох боків і дає змогу виконувати схему подачі напруги на електроди як без зсуву фаз між потенціалами протилежних електродів, так і з зсувом фаз.

НУБІП України

НУБІП України

За допомогою перемичок (рис. 5.18, б) СЕ можна вмикати як на трифазну систему напруги, так і на чотирифазну. На рис. 5.18 перемички встановлені для подачі чотирифазної напруги. Параметри СЕ: $h/l=0,5$; $l=0,005$ мм.

Для проведення досліджень використовувалось нефільтрована соняшникова олія. Така олія вміщує супутні речовини та нежирові домішки: обривки клітин, органічний та мінеральний пил, фосфатиди та фосфоліпіди, піскоподібні речовини та ін. Електричне очищення спрямоване на видалення не жирових домішок та фосфатидів. Обривки клітин не зв'язані з рідиною і тому не потребують додаткової обробки і можуть видалятися безпосередньо під впливом сил з боку електричного поля. Фосфатиди пов'язані з рідиною і для їх видалення потрібно провести гідратацію. Кількість води, що потрібна для проведення цього процесу залежить від багатьох факторів і лежить в межах від 0,3 до 5 % [172].

При очищенні олії від нежирових домішок та гідратованих фосфатидів дуюча фазна напруга на електродах встановлювалась на рівні 5000 В, а при розділенні цих фракцій - 2500 В для системи напруг кожної з частот. Ця напруга визначалась експериментально з умови допустимої напруги початку виникнення розрядів.

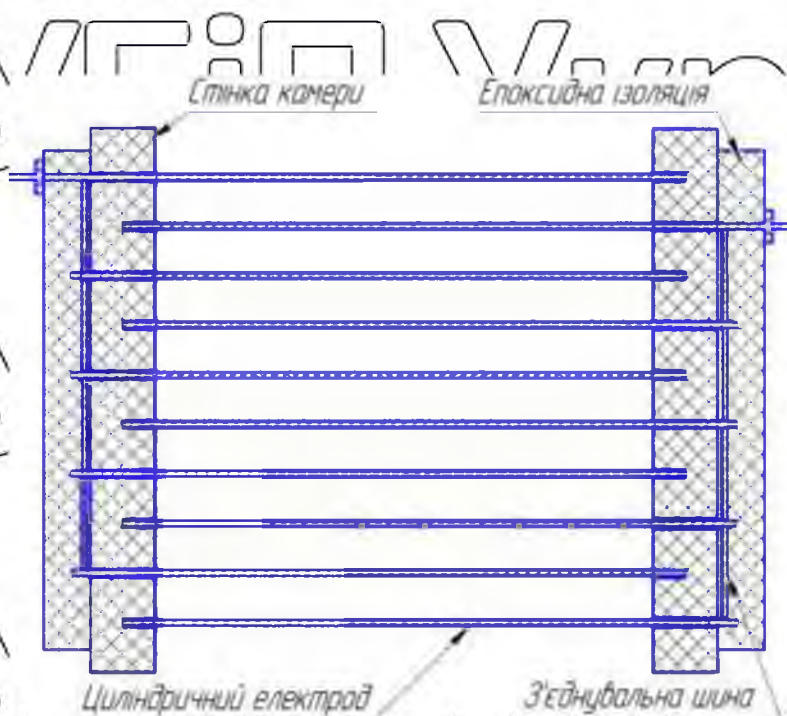


Рис. 5.19. Кріплення та з'єднання ЦЕ в стінках камери

Попередньо були визначені ЕФВ соняшникової олії за методикою, що викладена в 3 розділі. Частинки нежирових домішок мають ПЕ $8,2 \cdot 10^{-8}$ См/м та ДП $4,9 \cdot 10^{-11}$ Ф/м, а частинки гідратованих фосфатидів - ПЕ $8 \cdot 10^{-8}$ См/м та ДП $12 \cdot 10^{-11}$ Ф/м. Інші умови дослідів зведені в таблицю 5.3.

Результати очищення соняшникової олії від нежирових домішок (рис.5.19) показують, що для досягнення ступеня очищення 95% достатньо проводити процес протягом 100 с.

При дослідженні процесу очищення соняшникової олії від фосфоліпідів з олії попередньо були видалені центрифугуванням клітинні та інші нежирові домішки, а потім до неї додавалась кип'ячена вода при температурі 80°C , суміш ретельно перемішувалась та витримувалась до початку процесу утворення частинок фосфоліпідних комплексів та випадіння в осадок крупних частинок гідратованих фосфоліпідів та води. Після цього суспензія заливалась у камеру очищення. Максимальний вміст води склав 2 %

Таблиця 5.3

Умови експериментальних досліджень процесу очищення та розділення нежирових домішок і гідратованих фосфатидів соняшникової олії

Вміст води, %	ПЕ олії, См/м	ДП олії, Ф/м	Кутова частота для нежирових домішок,	Кутова частота для частинок гідратованих фосфатидів
0,3	$5 \cdot 10^{-9}$	$3,2 \cdot 10^{-11}$	814	4402
0,5	$8 \cdot 10^{-9}$	$3,25 \cdot 10^{-11}$	867	4410

1	$10,5 \cdot 10^{-9}$	$3,3 \cdot 10^{-11}$	896	4414
1,5	$18 \cdot 10^{-9}$	$3,35 \cdot 10^{-11}$	1008	4470
2	$25,5 \cdot 10^{-9}$	$3,4 \cdot 10^{-11}$	1128	4527

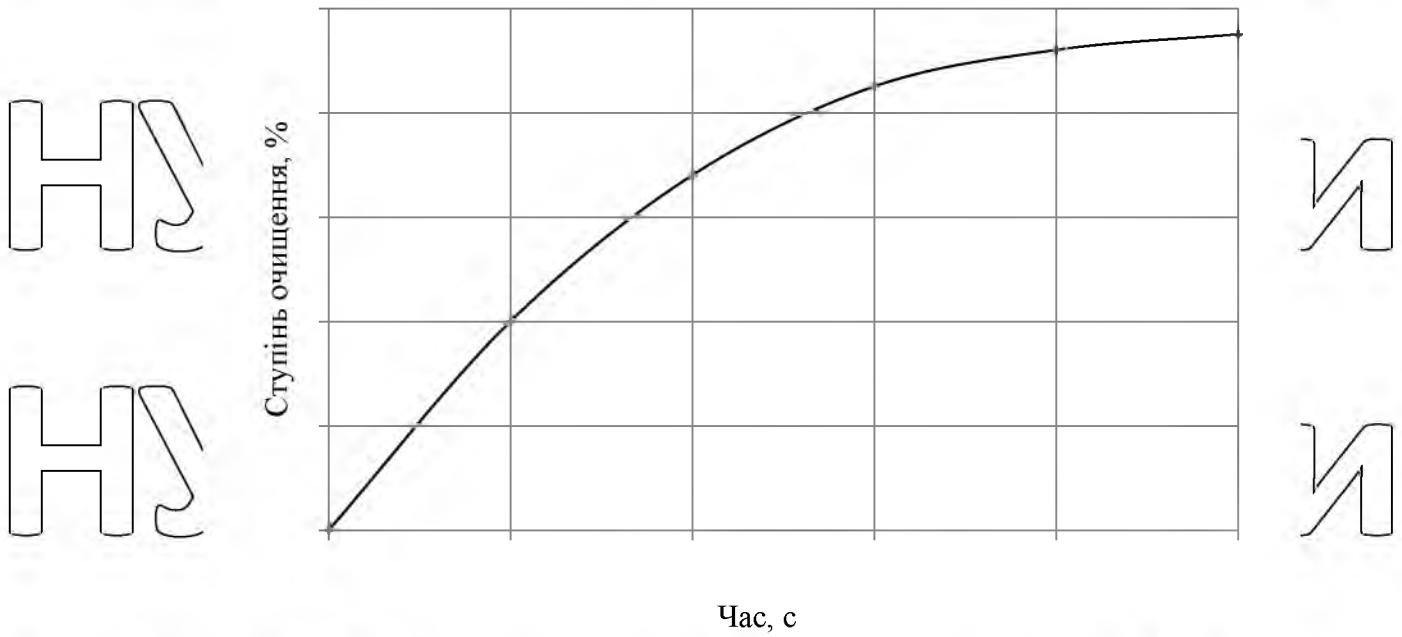


Рис. 5.19. Динаміка очищення соняшникової олії від нежирових домішок

Експерименти показали, що збільшення вмісту води не приводить до підвищення ступеня очистки від фосфатидів, крім того суттєво знижується напруга пресою олії. Була отримана СО 75 % та 73 % для вмісту води 1,5 та 2 % відповідно за 60 с проведення процесу.

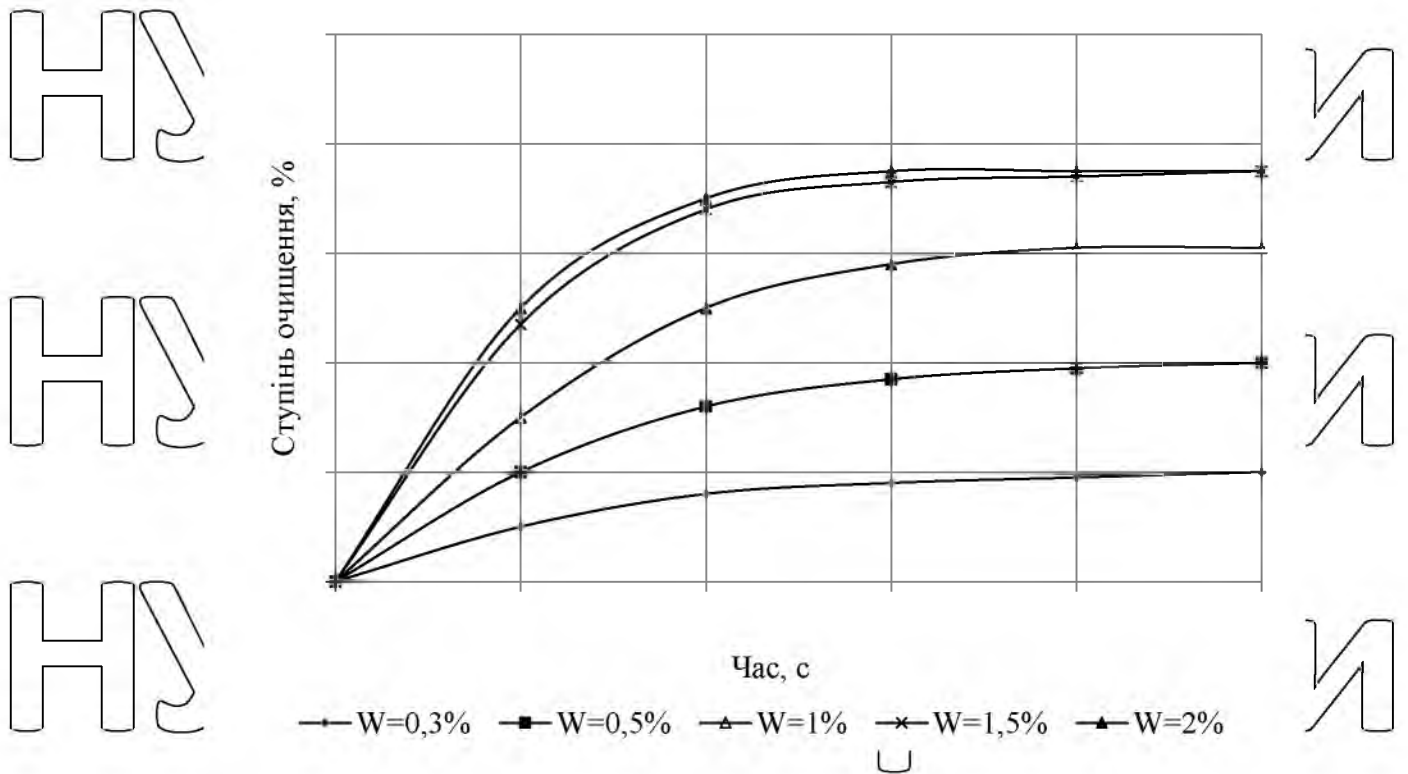


Рис. 5.20. Динаміка очищення соняшникової олії від гідратованих фосфатидів при різних значеннях вмісту води

Використовуючи результати очищення олії від фосфатидів, для розділення нежирової фракції від фосфатидної гідратація фосфатидів здійснювалась при вмісту води 1,5 %. Процес гідратації проводився таким же чином як і у попередньому досліді, але з олії не видалялись нежирові (клітинні) домішки. ДФ головним чином була представлена двома фракціями: нежирові домішки та фосфоліпіди у вигляді частинок гідратованих фосфатидів.

Результати розділення фракції гідратованої олії (рис. 5.21) показують, що КР декілька менші за відповідні СО фракцій. Але ця різниця невелика (до 3 % для нежирових домішок, та до 9 % для гідратованих фосфатидів). Час проведення процесу розділення у порівнянні з процесами очищення збільшується в два рази та досягає 200 с для розділення обох фракцій.

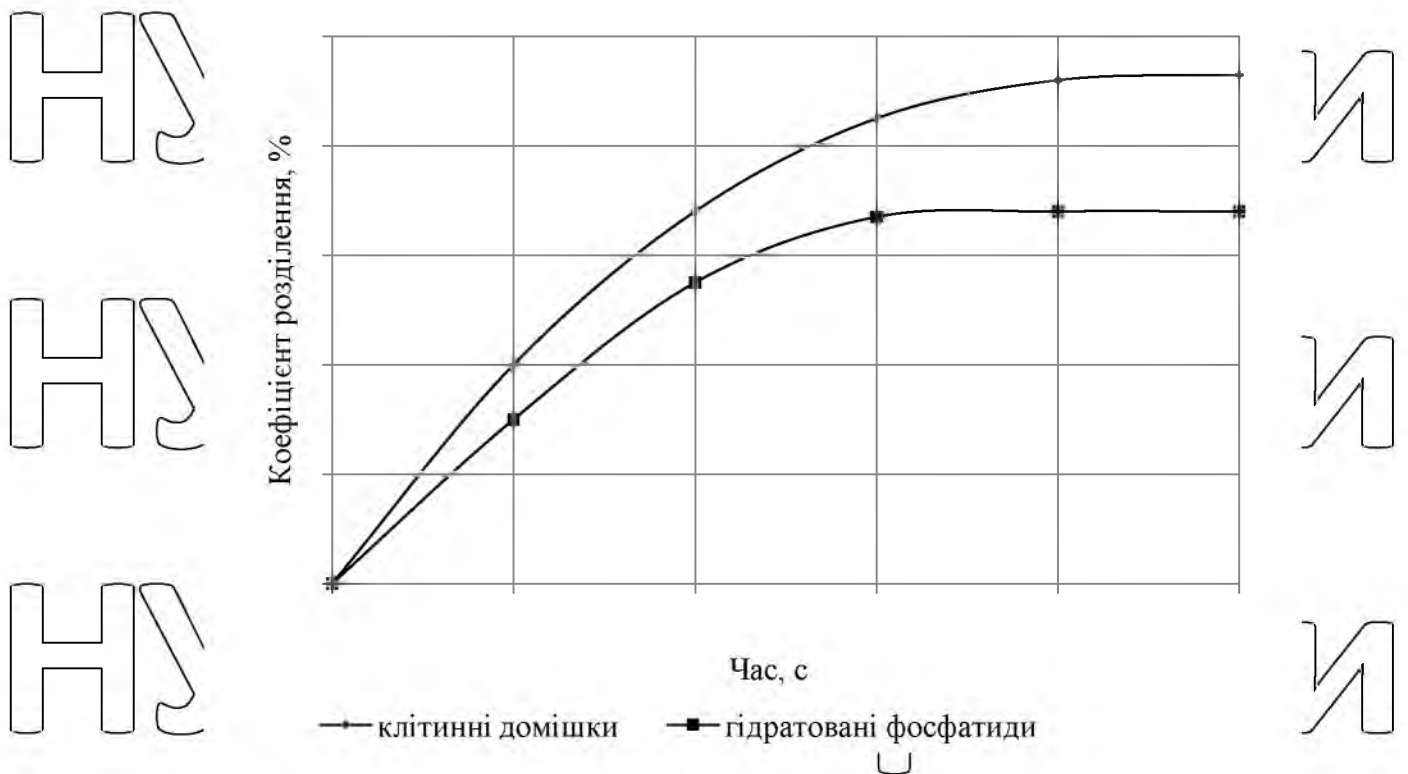


Рис. 5.21. Динаміка розділення нежирових домішок соняшникової олії від гідратованих фосфатидів

Таким чином, експериментальні дослідження з ОС соняшникової олії від нежирових домішок та фосфатидів показали спроможність здійснення як очищення олії від цих домішок, так і їх розділення в БЕП. Порівняно низька СО олії від фосфатидів пов'язана з неповною гідратацією фосфатидів, тому що олія вміщує різні види фосфатидів за спроможністю підлягати гідратації [24]

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 4.

ОРГАНІЗАЦІЯ МОНТАЖУ, НАЛАГОДЖЕННЯ І ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

НУБІП України

4.1 Послідовність виконання і взаємозв'язок робіт по монтажу,

налагодженню і експлуатації електрообладнання

НУБІП України

В загальній системі заходів з монтажу, налагодження і експлуатації електричного обладнання, монтажні і пусконаладженні роботи, як правило, складають від 10 до 30% о всього об'єму робіт. Для уникнення напруги що

з'являється відносно землі у колах з нульовим проводом навантаження по фазах

мають бути симетричними. Для цього використовуються електроприймачі у

трифазному виконанні. Припускається використання однофазних

електроприймачів на потужністю до 1,3 кВт, що підключаються до лінійної

напруги не більше 0,6 кВт – фазної. Освітлювальне навантаження на фермах

рівномірно розподіляється по усіх фазах. Електромонтажні роботи повинні

виконуватись згідно з вимогами настановних і нормативних документів.

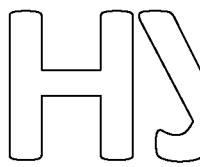
Монтажні роботи в тваринницьких фермах проводять згідно визначеними

етапами, включаючи організацію бригад що виконують монтаж окремих вузлів

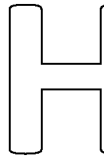
електрообладнання.

На підготовчому етапі проводяться:

1. вивчення та перевірка технологічної документації:

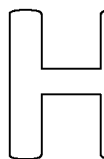


1. перевірка готовності й приймання обладнання для проведення монтажу;
2. виготовлення нестандартних вузлів та деталей;
3. перевірка укомплектованості обладнання перед його встановленням.



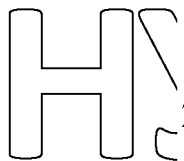
На основному етапі виконуються: розміточні роботи, розміщення обладнання, збирання обладнання, випробування обладнання у роботі, оформлення приймально-здавальних документів.

Пусконаладжувальні роботи у свою чергу поділяються на етапи:

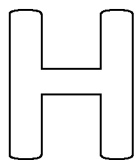


1. Підготовчий;
2. Пусковий (пусконаладжувальний),
3. Заключний.

Підготовчий етап включає в себе:



1. ознайомлення з електрообладнанням та його технічною документацією й технологією виробництва;
2. технічний огляд обладнання та окремих елементів, виявлення і забезпечення їх всіма необхідними механізмами приладами і інструментами.



3. перевірка та усунення дефектів, виявлених завчасно їх в обладнанні, перевірка змащення.
4. перевірка забезпеченості сировиною та енергоресурсами.

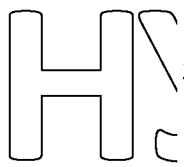
В пусконаладжувальний період виконуються наступні роботи:



1. контрольне випробування у холостому режимі з регулюванням окремих вузлів до потрібних режимів й норм;
2. випробування обладнання під навантаженням з перевіркою всіх регулюючих параметрів;



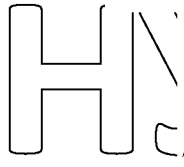
3. налагодження режимів роботи по кількісних та якісних показниках, в тому числі електричної частини й автоматичних пристроїв, які входять в технологічні лінії;
4. проведення здавальних випробувань електрообладнання на



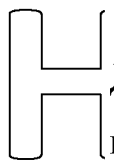
експлуатаційних режимах;

5. навчання експлуатаційного персоналу замовника правилам експлуатації електрообладнання на протязі всього періоду налагодження.

Під час заключного етапу виконуються:

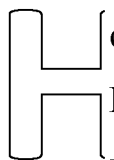


1. розробка рекомендацій по забезпеченню безперервної роботи, обладнання та досягнення оптимальних режимів експлуатації;
2. розробка рекомендацій по техніці безпеки й виробничій санітарії;
3. складання технологічного звіту про пусконаладжувальні роботи.

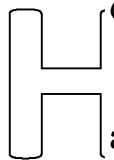


Дозвіл на введення в експлуатацію встановлених електроустановок, включаючи електрообладнання виробничих об'єктів, видає державна приймальна комісія. Порядок приймання електроустановок в експлуатацію визначається відповідними нормативними документами.

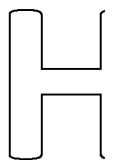
4.2. Організація обліку і раціонального використання електроенергії.



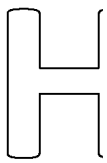
Облік електроенергії необхідний як для фінансового розрахунку за споживчу енергію, так і для визначення споживання електроенергії фермою. Правильний облік електроенергії дає можливість аналізувати її споживання, визначати економічну ефективність та причини її витрат. Для розрахунку за електроенергію з електропостачальником користуються необхідними приладами обліку. Облік електроенергії на фермі здійснюється трифазними лічильниками.



Для обліку приймаємо ящик обліку типу ЯУР-250-21УЗ з лічильником активної енергії типу НІК 2301 АПЗ 5(120)А і трансформаторами струму Т-0,66-1-УЗ-0,5S-300/5. Прилади обліку встановленні на трансформаторних підстанціях 10/ 04 кВ.



Ящик обліку з вимикачем без розподілу
Тип ящика ЯУР-У4 Standart
Номинальний струм ввідного апарата 250



Тип запобіжників ППН-35

Максимальний коефіцієнт трансформації 300/5

Маса, кг не більше 35

З метою економії електро-енергії доцільно проводити комплекс таких міроприємств:

1. обмеження холостого ходу електродвигунів машин та механізмів.
2. періодичний контроль завантаження електродвигунів та заміна їх на двигуни меншої потужності;
3. своєчасний технічний огляд;
4. автоматизація управління виробничими процесами й вуличним освітленням;
5. вдосконалення методів визначення рівня споживання електроенергії на перспективу.

Рациональним використанням електроенергії є метод компенсації реактивної потужності, наприклад використання конденсаторної установки.

Потужність конденсаторної установки визначається по формулі:

$$Q_{omn.} = Q_{max} - P \cdot tg \varphi_{omn.}, \quad (4.1)$$

де Q_{max} - максимальна реактивна потужність,квар;

P – розрахункова активна потужність,кВт;

$tg \varphi_{omn.}$ – tg кута зміщення фаз.

$$tg \varphi_{omn.} = \frac{K \cdot Z_e \cdot U_n}{2 \cdot B \cdot R_x \cdot P \cdot \tau}, \quad (4.2)$$

де K – коефіцієнт амортизацій відрахувань, $K=0,063$;

Z_e – витрати на компенсаційний прилад, $Z_e = 12$ грн./квар;

R – приведений опір елементів мереж до напруги 0,4 кВ;

τ – число годин найбільших витрат, $\tau = 2500$ год.

Приведений опір елементів мережі:

$$R = R_m + R_n 10, \quad (4.3)$$

де R_m – активна складова повного опору трансформатора;

R_{l10} – опір ліній електропередач 10 кВ, приведений до напруги 0,4 кВ.

Активний опір трансформатора:

$$R_T = \frac{\Delta R_m \cdot U_n^2}{S_n^2} \text{ Ом}, \quad (4.4)$$

де ΔR_m – втрати к.з. трансформатора ($\Delta R_m = 3700 \text{ Вт}$);

S_n – номінальна потужність трансформатора ($S_n = 250 \text{ кВА}$).

$$R_T = \frac{3700 \cdot 400^2}{250^2 \cdot 10^6} = 0.0093 \text{ м.}$$

Визначення активного опору мережі 10 кВ та приведення його до напруги 0,4 кВ. Для лінії 10 кВ виконуємо проводом А50.

$r_0 = 0.58 \text{ Ом/км}$, довжина лінії 4,2 км.

$$R_l = r_0 \cdot l = 4.2 \cdot 0.58 = 2.44 \text{ Ом}$$

Знаходимо активний опір лінії 10 кВ до напруги 0,4 кВ:

$$R_l = R \left(\frac{U_{0.4}}{U_{10}} \right) = 2.44 \left(\frac{0.4}{10} \right) = 0.0039 \text{ Ом}$$

Визначаємо сумарний опір лінії й трансформатора:

$$R = R_T + R_l = 0.0039 + 0.0093 = 0.0132 \text{ Ом}$$

$$\text{tg} \varphi_{\text{опт}} = \frac{0.063 \cdot 12 \cdot 400^2}{2 \cdot 0.0132 \cdot 2500 \cdot 187.5 \cdot 10^3} = 0.7$$

$$Q_{\text{MAX}} = S \cdot \cos \varphi = 250 \cdot 0.66 = 165 \text{ квар.}$$

$$P = S \cdot \cos \varphi = 250 \cdot 0.75 = 187.5 \text{ кВт.}$$

$$Q_{\text{опт}} = Q_{\text{MAX}} - P \cdot \text{tg} \varphi_{\text{опт}} = 165 - 187.5 \cdot 0.7 = 33.75 \text{ квар}$$

Приймаємо конденсаторну установку типу ККУ-0,38-Г потужністю 80 квар. Що встановлена безпосередньо біля трансформаторної підстанції у спеціальній шафі.

НУБІП України

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Загальні положення

В галузі охорони праці політика країни базується на таких принципах: пріоритету життя і здоров'я працівників, їх соціального захисту, здійснення умов життя людини при яких гарантована її безпека.

Існують спеціальні державні органи, які здійснюють навчання населення, організують професійну підготовку з питань охорони праці як для працівників так і для керівництва різних підприємств державної та недержавної форми власності.

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-технічних та лікувально-профілактичних заходів. Всі ці заходи направлені на поліпшення умов праці робітників.

Охорона праці вивчає умови виникнення виробничих травм та професійних захворювань працюючих, аварій, вибухів, пожеж тощо і розробляє заходи за попередження цих випадків.

5.2 Технічна безпека

Технічна безпека є складовою частиною охорони праці і передбачає технічні і організаційні заходи, які забезпечують безпечну працю.

Відповідальність за безпеку при обслуговуванні і ремонті несе керівник електротехнічної служби підприємства.

Організаційні заходи, які забезпечують безпеку роботи з електроустановками, наступні:

1) оформлення роботи нарядом-допуском, розпорядженням або переліком робіт, які виконуються в порядку поточної експлуатації;

- 2) допуск до работ та нагляд під час неї;
- 3) оформлення перерви в роботі, переводів на інше робоче місце, закінчення роботи.

Електромонтери повинні мати основні захисні засоби для установок напругою до 1000 В.

При технічному обслуговуванні установки повинні бути відключені від мережі живлення. На рукоятку автоматичного вимикача потрібно повісити плакат „Не вмикати, працюють люди”.

При підготовці робочого місця, коли робота повинна вироблятися зі знятою напругою, виконують наступні технічні заходи:

- відключають від джерела напруги струмоведучі частини і вживають заходів, що перешкоджають помилковому чи мимовільному включенню чи вимикачів інших комутуючих апаратів, через яке напруга могла б потрапити на

ці струмоведучі частини,

- на проводах ручного і на ключах дистанційного керування комутаційними апаратами вивішуються плакати безпеки, що забороняють включення;

- перевіряють відсутність напруги на струмоведучих частинах, що повинні бути заземлені на час ремонтних робіт, включають ножі роздільників, що заземлюють, чи, якщо їх немає, накладають на струмоведучі частини переносне заземлення, попередньо їх перевірили і підключивши безпосередньо до заземлювальної шини, чи корпусу заземлення за допомогою спеціальних пристроїв (баранчик);

- при огляді розподільних пристроїв, щитів напругою до 1000 В, забороняється знімати попереджувальні плакати й огороження, стосуватися струмоведучих частин, обміряти чи чистити їх.

5.3. Перелік основних нормативних документів.

1. Закон України “Про охорону праці”. Постанова Верховної Ради України від 14.11.92 № 2695-XII.

2. Закон України “Про пожежну безпеку”. Постанова Верховної Ради України від 17.12.93 № 3747-ХІІ/

3. Закон України “Про дорожній рух”. Постанова Верховної Ради України від 28.01.93.

4. Закон України “Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення”. Постанова Верховної Ради України.

5. ГОСТ 12.1.009-76 “Електробезпеку. Термины и определения”.

6. ССБП ДСТУ 2293-93. “Система стандартів безпеки праці. Термины та визначення.”

7. ДСТУ 2272-93 Пожежна безпека. Термины та визначення.

8. ДБН А 3.1-3-94. Прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом об’єктів.

9. Єдина державна система показників обліку умов і безпеки праці.

Затверджена наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 31.03.94 № 27.

10. НАПБ А 01.001.-95. Правила пожежної безпеки України, затверджені наказом МВС України від 22.06.95 № 400, зареєстровані Мінюстом України 14.07.95 за № 219\95.

11. Типове положення про службу охорони праці: затверджено . Наказом Держнаглядохоронпраці України від 03.08.93 № 73, зареєстроване в Мінюсті України 30.09.93 за № 140.

12. ДНАОП 0.00-4.12-94. Типове положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці, затверджене наказом Держнаглядохоронпраці України від 04.04. 94 № 30, зареєстровано в Мінюсті України 12.05.94 за № 951309.

13. Положення про медичний огляд працівників певних категорій: затверджено наказом Міністерства охорони здоров’я України від 31.03.94 № 45, зареєстроване в Мінюсті України 21.06.94 за № 136\945.

14. Положення про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на підприємствах, установах і організаціях: затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 10.08.93 №625.

15. ДНАОП 0.00-4.26-96. Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту. Зареєстровано в Мінюсті України 18.11.96 № 667\1692.

16. ДНАОП 0.03-3.30-96. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань. Зареєстровано в Мінюсті України 29.08.96 № 488\1513.

17. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей – М.: Энергоатомиздат, 1989.- 288с.

18. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (Держенергонагляд України.- К.: Дисконт, 1995.-260с.

19. Правила технічної експлуатації тепловикористовуючих установок і теплових мереж (Держенергонагляд України.- К.: Дисконт, 1995.- 81с.

20. Правила безпечної експлуатації електроустановок ДНАОП 1.1.10-1.01-97. – К.:1997. – 265 с.

21. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів ДНАОП 0.00.1.21 - 98 (Держнаглядохоронпраці України.- К.: Основа, 1998. – 380 с.

В Україні створена необхідна база для широкого впровадження електричної енергії в с/г виробництво. Все більше вводиться в експлуатацію електродвигунів, електротеплових, освітлювальних та опромінювальних установок.

Насиченість с/г електрообладнанням призводить до виникнення електротравматизму. Це можна пояснити не завжди достатньою кваліфікацією працівників, недосконалою організацією роботи тощо. Деякі працівники не досить добре знають правила електробезпеки або нехтують ними, допускають в експлуатацію несправне обладнання.

Охорона праці -- це система законодавчих актів соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікарсько-профілактичних заходів та засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я та працездатності людини при виконанні роботи.

Тому, щоб гарантувати безпечну експлуатацію електроустановок і раціональне використання електричної і теплової енергії у с/г виробництві потрібні висококваліфіковані працівники.

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.

5.4. Визначення класів виробничих зон і категорії приміщень.

Частина приміщень по умовах навколишнього середовища відноситься до сирих та особливо сирих приміщень з хімічно - активним середовищем, відносна вологість яких перевищує 75%. В повітрі знаходяться пари аміаку, що здійснюють руйнівну дію на ізоляцію проводів. Для видалення із приміщень аміаку та вологи передбачена припливно- витяжна вентиляція.

5.5. Визначення потенційно небезпечних частин електроустановок.

При експлуатації електрообладнання потрібно дотримуватись слідуєчих вимог і умов:

1. марка та переріз нульового проводу в лінії (380/220В), що живить телятник, вибирається такого ж перерізу як і фазних проводів:
2. вводи повітряних ліній у телятник захищають від громових перенапруг, заземленням штирів та ізоляторів лінії, нульового проводу, установкою розрядників:
3. для захисту обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом, металічні частини установок, що можуть бути під напругою внаслідок порчення ізоляції, занулюють і заземляють.
4. для забезпечення електробезпеки молодняка ВРХ проектом передбачено установка обладнання для вирощування електричних потенціалів в стійловому приміщенні. Обладнання для вирощування електричних потенціалів складається з поздовжніх металічних провідників діаметром 6 мм, які закладаються в кожному ряді розміщення тварин під передніми ногами.

5.6. Заходи щодо забезпечення належних умов праці персоналу.

Для обслуговуючого персоналу передбачені побутові приміщення. Весь персонал оснащений спецодягом.

Для безпечної роботи обслуговуючого персоналу передбачається приєднувати до заземленого нульового проводу металеві частини корпусів, що не знаходяться під напругою. При пошкодженю ізоляції передбачено відключення пошкоджених ділянок автоматичними вимикачами.

Для запобігання травм та нещасних випадків всі обертаючі деталі й вузли механізмів огорожено захисними кожухами та сіточними огороженнями.

В кімнатах для відпочинку та на робочих місцях передбачено аптечки для надання першої допомоги.

Серед заходів виробничої санітарії є:

- забезпечення нормативних значень освітленості приміщень;
- влаштування системи опалення.

5.7. Визначення потенційно небезпечних частин електроустановок.

При експлуатації електрообладнання потрібно дотримуватись слідуєчих

вимог і умов:

- марка та переріз нульового провода в лінії (380/220В), що живить телятник, вибирається такого ж перерізу як і фазних проводів:

- вводи повітряних ліній у телятник захищають від громових перенапруг, заземленням штирів та ізоляторів лінії, нульового проводу, установкою розрядників:

- для захисту обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом, металічні частини установок, що можуть бути під напругою внаслідок порчення ізоляції, занулюють і заземляють.

- для забезпечення електробезпеки проектом передбачено установка обладнання для вирошування електричних потенціалів в стійловому приміщенні. Обладнання для вирошування електричних потенціалів складається з повздовжніх металічних провідників діаметром 6 мм ногами.

5.8. Розрахунок потреби та вибір захисних засобів.

Для захисту від ураження електричним струмом персоналу, що обслуговує електроустановки передбачене забезпечення персоналу необхідними засобами захисту у відповідності з ПТЕ і ПТБ.

Таблица 5.1

Розрахунок потрібної кількості захисних засобів.

Найменування	Марка, тип	Од. вимір	Кількість
Вказівник напруги	ВНН-1	шт.	4
Діелектричні рукавички		пар	4
Комплект інструментів	МН-64	комплект	4
Заземлення переносні для ВА-10кВ	ШЗН-1	комплект	2
Плакати і знаки безпеки		комплект	6
Діелектричні боти		пар	4
Діелектричний коврик		шт.	6
Респіратор	У-2К	шт.	4
Окуляри захисні	033-9	шт.	4
Пояс захисний	ПО-1	шт.	4
Універсальні кігті лазі		шт.	4
Шоломи захисні		шт.	4

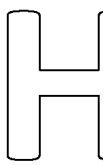
5.9. Заземлення та основні заходи безпеки.

Розрахункові дані:

- питомий опір першого шару ґрунту $\rho_1=270$ Ом м;
- питомий опір другого шару ґрунту $\rho_2=140$ Ом м;
- глибина залягання першого шару $h_1=3.5$ м.

Розраховуємо еквівалентний опір ґрунту по формулі:

$$\rho_{ЕКВ} = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot k \cdot l}{\rho_1(t_1 + k \cdot l - h_1) + \rho_2(h_1 - t_1)}, \text{ Ом} \cdot \text{ м} \quad (5.1)$$

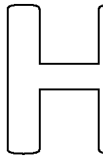


де κ – коефіцієнт, при $\rho_1 > \rho_2$ ($\kappa=1$)

l – довжина стержнів, ($l=6$ м);

t_1 – висота заглиблення, ($t_1=0,8$ м).

$$\rho_{\text{ЕКВ}} = \frac{270 \cdot 140 \cdot 1 \cdot 6}{270(0,8 + 1 \cdot 6 - 4) + 140(3,5 - 0,8)} = 337,35 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$



Оскільки еквівалентний опір ґрунту більший 100 Ом, то допустимий опір допускається збільшувати ($\rho/100$).

Тоді: $R_d = 3,5 \cdot 3,37 = 13,48 \text{ Ом}$

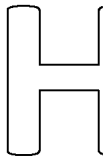
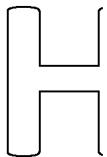
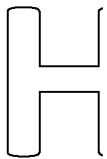
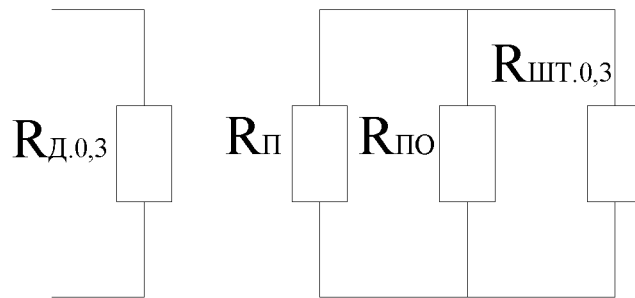
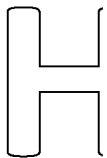


Схема заміщення заземлюючого пристрою приведено на рис. 3.1



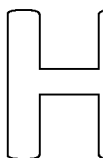
Розраховуємо опір природного заземлювача по формулі:

$$R_{\text{ПР}} = 0,5 \frac{\rho_{\text{БФ}}}{\sqrt{S}}, \text{ Ом} \quad (5.2)$$



де S - площа фундаменту, ($S=50 \text{ м}^2$)

$$\rho = \rho_1 \left(1 - e^{-\alpha \frac{h_1}{\sqrt{S}}}\right) + \rho_2 \left(1 - e^{-\beta_1 \frac{\sqrt{S}}{h_1}}\right), \text{ Ом} \cdot \text{м} \quad (5.3)$$

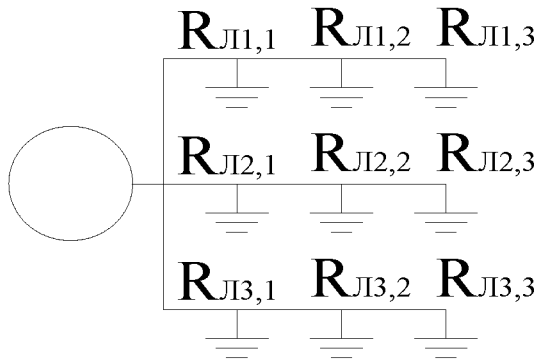


де α, β відповідно при $\rho_1 > \rho_2$; ($\beta = 0,1$ $\alpha = 3,6$)

$$\rho_{\text{БФ}} = 270 \left(1 - e^{-3,6 \frac{3,5}{\sqrt{50}}}\right) + 140 \left(1 - e^{-\frac{0,1 \cdot \sqrt{50}}{3,5}}\right) = 425,52 \text{ Ом} \cdot \text{м} \quad (5.4)$$

$$R_{\text{ПР}} = 0,5 \frac{425,52}{\sqrt{50}} = 30,1 \text{ Ом}$$

Опір повторних заземлень ліній, що відходять від ТП розраховуємо відповідно до (рис.5.2).



$$R_{\text{Л1,1}} = R_{\text{Л1,2}} = R_{\text{Л1,3}} = R_{\text{Л2,1}} = R_{\text{Л2,2}} = R_{\text{Л2,3}} = R_{\text{Л3,1}} = R_{\text{Л3,2}} = R_{\text{Л3,3}} = 30 \frac{\rho_{\text{ЕКВ}}}{100} = 101,1 \text{ Ом}$$

$$R = R = R = 10 \cdot \frac{\rho_{\text{ЕКВ}}}{100} = 33,7 \text{ Ом}$$

Знайдемо загальний опір повторного заземлення на всіх лініях, що відходять від ТП за виразом:

$$\frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{R_{\text{Л1}}} + \frac{1}{R_{\text{Л2}}} + \frac{1}{R_{\text{Л3}}}, \text{ Ом} \quad (5.5)$$

$$R_{\text{Л1}} = \frac{101,1}{3} = 33,7 \text{ Ом} \quad R_{\text{Л2}} = \frac{101,1}{3} = 33,7 \text{ Ом} \quad R_{\text{Л3}} = \frac{101,1}{3} = 33,7 \text{ Ом}$$

$$\frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{33,7} + \frac{1}{33,7} + \frac{1}{33,7} = 0,09, \text{ Ом}$$

$$\frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{0,09} = 11,11, \text{ Ом}$$

Визначаємо сумарний опір природного та повторного заземлення по формулі:

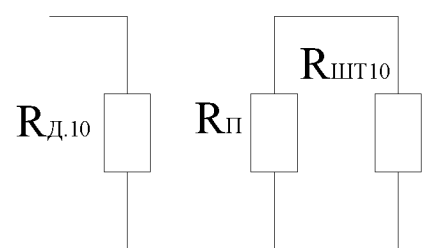
$$R_{\Sigma \text{ ЕКВ}} = \frac{R_{\text{ПР}} \cdot R_{\Sigma}}{R_{\text{ПР}} + R_{\Sigma}}, \text{ Ом} \quad (5.6)$$

$$R_{\Sigma \text{ ЕКВ}} = \frac{30,1 \cdot 11,11}{30,1 + 11,11} = 8,11 \text{ Ом}$$

Оскільки, умова ($R_{\Sigma_{ЕКВ}} < R_D$) виконується ($8,11 \text{ Ом} < 13,48 \text{ Ом}$), то опір штучного заземлення приймаємо максимально можливого значення:

$$R_{шт,0,38} = 30 \cdot \rho / 100 = 30 \cdot 3,37 / 100 = 101,1 \text{ Ом}$$

Розрахуємо допустимий опір виходячи з вимог мережі 10 кВ за формулою:



$$R_{доп(10)} = \frac{125}{I_{3,3}} \leq 10 \text{ Ом} \quad (5.7)$$

де $I_{3,3}$ – розрахунковий струм замикання на землю, А

$$I_{3,3} = \frac{U_{НОМ}(35L_{КЛ} + L_{ПЛ})}{350}, \text{ А}$$

де $L_{КЛ}$ – довжина КЛ, ($L_{КЛ}=7,4$ км).

$L_{ПЛ}$ – довжина ПЛ, ($L_{ПЛ}=70$ км).

$$I_{3,3} = \frac{10(35 \cdot 7,4 + 70)}{350} = 9,4, \text{ А}$$

$$R_{доп(10)} = \frac{125}{9,4} = 9,99 \text{ Ом}$$

Розрахуємо опір штучного заземлювача по формулі:

$$R_{шт(10)} = \frac{R_{доп(10)} \cdot R_{ПР}}{R_{ПР} - R_{доп(10)}}, \text{ Ом} \quad (5.8)$$

$$R_{шт(10)} = \frac{10 \cdot 30,1}{30,1 - 10} = 18,97, \text{ Ом}$$

Порівнявши опір штучних заземлювачів ліній 0,38 кВ та 10 кВ приймаємо

до розрахунку менший з них ($R_{шт} = 18,97 \text{ Ом}$). Стержні заземлюючого пристрою виконуємо сталевим прутком (діаметром 12 мм, довжиною 6 м), що забивають в землю на дно попередньо викопаної траншеї на глибину ($t = 0,8$ м). За

допомогою зварювання з'єднуємо верхні кінці стержнів сталююю половою по периметру заземлюючого пристрою. Заземлюючі провідники з'єднуються з контуром заземлення за допомогою зварювання і виводяться на поверхню.

Розрахуємо заземлюючі пристрої підстанції.

Знайдемо опір струму розтікання вертикального стержня за таким

виразом:

$$R_{CT} = \frac{\rho_{ЕКВ} \cdot k_C}{2\pi \cdot l} \left(\ln \frac{2l}{d} + 0.5 \ln \frac{4h+l}{4h-l} \right), Ом \quad (5.9)$$

де k_C – коефіцієнт сезонності, $k_C = 1,5$;

$d = 0,012$ м;

$l = 6$ м;

h – відстань від поверхні землі до середини стержня, м.

$$h = 0.8 + \frac{1}{2} \cdot 6 = 3.8 \text{ м}$$

$$R_{CT} = \frac{337,35 \cdot 1,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 6} \left(\ln \frac{2 \cdot 6}{0,012} + 0.5 \ln \frac{4 \cdot 3,8 + 6}{4 \cdot 3,8 - 6} \right) = 98,44 Ом$$

Розрахуємо провідність вертикального стержня по формулі:

$$g_B = \frac{1}{R_{CT}}, См \quad (5.10)$$

$$g_B = \frac{1}{98,44} = 0,01, См$$

Знаходимо к-сть вертикальних стержнів за формулою:

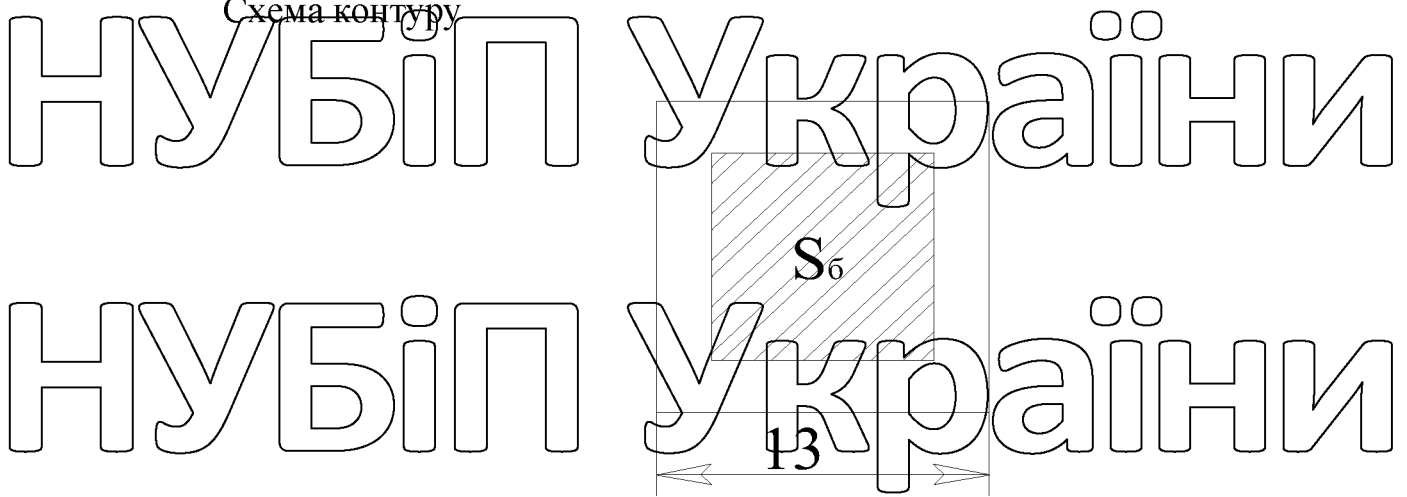
$$n_B = \frac{R_{CT}}{R_{ум}}, шт \quad (5.11)$$

$$n_B = \frac{98,44}{18,97} = 4,43 шт$$

Згідно розрахунків приймаємо 4-ри стержні: $n_B = 4$ шт.

НУБІП України

Схема контуру



Визначаємо еквівалентний опір ґрунту:

Н

$$\rho_1 / \rho_2 = 2.21; h_1 = 3.5; L_T = 40 \text{ м.}$$

1) $\rho_1 / \rho_2 = 2; L_T = 40 \text{ м; } h_1 = 3.2 \text{ між } h_1 = 3; h_1 = 5 \text{ м.}$

$$\rho_{\text{ЕКВ.Г.}} / \rho_2 = 1.8 \cdot \frac{1.8 - 1.74}{5 - 3} \cdot (3.2 - 3) = 1.79$$

Н

2) $\rho_1 / \rho_2 = 5; L_T = 40 \text{ м; } h_1 = 3.5 \text{ між } h_1 = 3; h_1 = 5 \text{ м.}$

$$\rho_{\text{ЕКВ.Г.}} / \rho_2 = 4.02 \cdot \frac{4.02 - 3.74}{5 - 3} \cdot (3.2 - 3) = 3.9$$

Н

3) $\rho_1 / \rho_2 = 3; L_T = 40 \text{ м; } h_1 = 3.5 \text{ між } \rho_1 / \rho_2 = 2; \rho_1 / \rho_2 = 5;$

$$\rho_{\text{ЕКВ.Г.}} / \rho_2 = 1.79 \cdot \frac{3.9 - 1.79}{5 - 2} \cdot (2.21 - 2) = 1.93$$

$$\rho_{\text{ЕКВ.Г.}} = 1.93 \cdot \rho_2 = 1.93 \cdot 140 = 270 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Н Розраховуємо опір горизонтального елемента заземлюючого контуру по формулі:

$$R_{\Gamma} = \frac{k_c \cdot \rho_{\text{ЕГ}}}{2\pi L_{\Gamma}} \cdot \ln \frac{2L_{\Gamma}}{b \cdot t} = \frac{2 \cdot 270}{6.28 \cdot 40} \cdot \ln \frac{2 \cdot 40}{0.04 \cdot 0.8} = 16.9 \text{ Ом}$$

Н Провідність горизонтальних елементів заземлювача буде дорівнювати:

$$g_{\Gamma} = \frac{1}{R_{\Gamma}} = \frac{1}{16.9} = 0.06 \text{ Ом}$$

Значення коефіцієнта елементів використання знаходять шляхом послідовної лінійної інтерполяції при:

$$\rho_1 / \rho_2 = 1; h_1 / l = 0.64; a / l = 1.4$$

1) $\rho_1 / \rho_2 = 1; n = 4 h_1 / l = 0.5; a / l = 1.4$ між; $a / l = 1$ i; $a / l = 2$

$$\eta = 0,505 - \frac{0,54 - 0,505}{2 - 1} \cdot (1,4 - 1) = 0,519$$

2) $\rho_1 / \rho_2 = 1; n = 4 h_1 / l = 1; a / l = 1.4$ між; $a / l = 1$ i; $a / l = 2$

$$\eta = 0,519$$

3) $\rho_1 / \rho_2 = 1; n = 4 h_1 / l = 0.583$ $a / l = 1.4$ між; $a / l = 1$ i; $a / l = 2$

$$\eta = 0,519$$

4) $\rho_1 / \rho_2 = 3; n = 4 h_1 / l = 0.5; a / l = 1.4$ між; $a / l = 1$ i; $a / l = 2$

$$\eta = 0,631 + \frac{0,67 - 0,631}{2 - 1} \cdot (1,4 - 1) = 0,64$$

5) $\rho_1 / \rho_2 = 3; n = 4 h_1 / l = 1; a / l = 1.4$ між; $a / l = 1$ i; $a / l = 2$

$$\eta = 0,607 + \frac{0,655 - 0,607}{2 - 1} \cdot (1,4 - 1) = 0,62$$

6) $\rho_1 / \rho_2 = 3; n = 4 h_1 / l = 0.64; a / l = 1.4$ між; $a / l = 1$ i; $a / l = 2$

$$\eta = 0,64 + \frac{0,64 - 0,62}{1 - 0,5} \cdot (0,64 - 0,5) = 0,63$$

7) $n = 4 h_1 / l = 0.64, \rho_1 / \rho_2 = 2.11$ між $\rho_1 / \rho_2 = 1; \rho_1 / \rho_2 = 3$

$$\eta = 0,519 - \frac{0,63 - 0,519}{3 - 1} \cdot (2,21 - 1) = 0,58$$

Шляхом лінійної інтерполяції визначили, що ($\eta = 0,58$)
Тоді опір штучного заземлювача трансформаторної підстанції:

$$R_{шт} = \frac{1}{\eta(\eta_{дв} - g_r)} = \frac{1}{0,58(4 \cdot 0,0141 + 0,06)} = 14,8 \text{ Ом}$$

Тобто: $14,8 \text{ Ом} < 18,97 \text{ Ом}$.

5.10. Блискавозахист будівель і споруд

Блискавозахист будемо здійснювати за допомогою одиночного тросового

Блискавковідводного – пристрою, утвореного горизонтальним тросом, закріпленим на двох опорах, по кожній з яких прокладається струмовідвід, який приєднується до окремого заземлювача.

Зона захисту одиночного тросового блискавозахисту висотою до 150 м.

За урахуванням стріли провисання тросу перерізом (30-50 мм²) при відомій висоті $h_{0.П}$ та довжині прольоту $a < 120$ м висота тросу ($h = h_{0.П} - 2$).

Розміри зони захисту одиночного тросового блискавковідводу типу Б:

$$h_o = 0.92 \cdot h, м$$

де $h = h_{0.П} - 2 = 10 - 2 = 8$

$$h_o = 0.92 \cdot 8 = 7,36 м$$

Межі зони захисту на рівні землі розрахуємо за формулою:

$$r_o = 1.7 \cdot h, м$$

$$r_o = 1.7 \cdot 8 = 13,6 м$$

Визначимо

межі зони захисту на рівні h_x за формулою:

$$r_x = 1.7 \left(h - \frac{h_x}{0.92} \right), м$$

де h_x висота споруди, $h_x = 5,1$ м

$$r_x = 1.7 \left(8 - \frac{5,1}{0.92} \right) = 4,18, м$$

Блискавковідвід складається із блискавоприймача, струмовідводу та заземлювача.

Опори тросових блискавковідводів виконуємо з кутникової сталі 8 мм.

5.11. Система протипожежного захисту.

Пожежна безпека забезпечується використанням негорючих матеріалів, конструкцій, захисних м'яких, відповідного сертифікованого обладнання, автоматичним відключенням струмів короткого замикання, дотримання

безпечної відстані між кабелями, проводами і будівельними частинами (0.6 м). При будівництві та експлуатації тваринницьких приміщень необхідно не тільки не допускати пожежі, а при виникненні швидко їх обмежити та негайно

загасити. Питання попередження виникнення пожежі можна вирішити правильним вибором конструкції й обладнання тваринницьких ферм за їх вогнестійкістю та загоранням.

Протипожежна профілактика поділяється на організаційну і технічну.

Проектом передбачені наступні організаційні міроприємства:

- створення добровільної пожежної дружини;
- проведення масової роз'яснювальної роботи серед працівників ферми.

Технічні міроприємства:

застосування електрообладнання, апаратури керування і захисту відповідно

до умов оточуючого середовища;

передбачено блискавозахист будівель;

для ліквідації пожежі передбачено протипожежна ємність;

Відповідно до вимог ДНАОП 0.00-1.21-98 електрощитова повинна бути укомплектована основними захисними засобами персоналу, а також первинними засобами пожежогасіння.

Таблиця 6.3

Перелік первинних засобів пожежогасіння.

Назви пристроїв і засобів пожежогасіння	Тип, марка	Місце встановлення	Кількість	Ємність, л
Вогнегасник вуглекислотний	ОУ-5	В приміщенні	4	5л
Вогнегасник хім.-пін.	ОХП-10	На щиті	4	10л.
Відро		На щиті	4	
Лом		На щиті		
Сокира		На щиті		
Бугор		На щиті		
Лопата		На щиті		

Ящик з піском

Біля щита

1м³

НУБІП УКРАЇНИ

5.12. Виробнича санітарія.

Виробнича санітарія - це система санітарно-гігієнічних заходів, які забезпечують на виробництві здорові, гігієнічні умови праці, які усовують шкідливий вплив окремих технологічних процесів і які забезпечують попередження виробничих захворювань.

В цехах з переробки продукції повинні бути необхідні санітарно-побутові приміщення: душові, умивальні, туалети, приміщення для відпочинку, харчування.

Всі приміщення повинні обладнуватись як природною так і штучною вентиляцією.

Усі будови при проектуванні повинні бути відокремлені від житлових кварталів санітарно-захисними зонами, ширина цих зон залежить від потужності підприємств, а також від кількості шкідливих рідин, що викидаються ними в атмосферу.

Для нормальної праці підприємств необхідно водозабезпечення та каналізація.

Територія підприємства повинна бути рівною, ями та інші поглиблення, влаштовані для технічної мети, повинні бути щільно та міцно замкнуті та огорожені.

У зимовий час проїзди та проходи необхідно очищувати від снігу, а у випадку обледеніння посипати піском.

5.13. Охорона довкілля

Один з підрозділів загальної екології, як її невід'ємна частина, є сільськогосподарська екологія, що досліджує агробіоценози.

Вплив наслідків діяльності людини в сфері матеріального виробництва, з окрема в сільськогосподарському виробництві та переробній промисловості на стан природи значний. Це можна побачити у погіршенні стану земельних ресурсів країни, людини та тварин.

Цей вплив пов'язаний з забрудненням водоймів біогенними елементами (з'єднання фосфору і азоту). У воді, що містить органічні речовини здійснюється інтенсивне розмноження мікроскопічних водоростей – синьо-зелених. Коли ці водорості відмирають, вони виділяють у воду токсичні речовини. В наслідок цього вода набуває неприємний запах та може бути отруйною.

Для уникнення негативного впливу техногенної цивілізації на природу потрібне впровадження в виробництво технологій, що забезпечують екологічну безпеку.

Застосування електричних методів у будь якій галузі та різноманітних технологіях відрізняється відсутністю в значній мірі впливу на стан природного середовища.

Електричні методи, що застосовуються як в процесах переробки продукції сільського господарства так і в процесах безпосередньо пов'язаних з охороною навколишнього середовища, відрізняються екологічністю та спрямованістю на безпеку життєдіяльності людини.

З точки зору взаємодії виробничої діяльності людини з навколишнім середовищем первинну вагу має використання таких технологій, що дозволяють зменшити вплив продуктів, що супроводжують виробничу діяльність на навколишнє середовище. Це стосується як з технологією виробництва так і з технологією кондиціонування відходів виробництва.

З цього можна зробити висновок, що запропонований флотаційний метод очистки як промислових рідин, сільськогосподарських рідин так і стоків підприємств є екологічно чистим і перспективним в галузі сільськогосподарського виробництва.

РОЗДІЛ 6.

РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

6.1. Економічна ефективність упровадження електротехнологічного комплексу очищення соняшникової олії

Економічна ефективність застосування ЕКОССС визначалась за “Методикою визначення економічної ефективності витрат на наукові дослідження і розробки та їх впровадження у виробництво “ (2001 р.), та [67, 96, 158]. В якості бази порівняння прийнято очищення прес - фільтром. Вихідні дані отримані під час проведення виробничої перевірки ЕКОСС та технічних характеристик прес – фільтру ФПР-16 (табл. 6.6). Ціни для визначення економічної ефективності взяті на період 2011...2012 років в Україні.

Таблиця 6.1

Технічні характеристики пристроїв очищення

Пристрій очищення соняшникової олії	Продуктивність, м ³ /год	Потужність, кВт	Залишковий вміст нежирових домішок, %
Прес - фільтр ФПР-16	0,64	1,1	0,03
ЕКОСС	1,2	0,28	0,02

Розрахунок проводився для продуктивності 6 м³/доб.

Відповідно до прийнятої методики показниками, що акумулюють

вигоди від упровадження науково-технічних розробок та використовуються для оцінки економічної ефективності проектів, є:

(– чистий дисконтований дохід (ЧДД);

– індекс дохідності (ІД);

період окупності інвестицій у реалізацію проекту;

внутрішня норма дохідності (ВНД).

ЧДД визначається як відношення сумарних чистих грошових потоків до формалізованого виразу його дисконтування, а саме

$$ЧДД = \sum_{t=0}^T \frac{P_t}{(1+d)^t}, \quad (6.19)$$

де t - роки реалізації інноваційно-інвестиційного проекту;

P_t - чистий грошовий потік у періоді t ;

d - норма дисконтування.

Чистий грошовий потік складається з річних значень касової готівки, що є різницею між сумою притоку та відтоку грошей

$$P_{t_i} = \Pi_{t_i} - Q_{t_i}, \quad (6.20)$$

де P_{t_i} - чистий грошовий потік у t_i періоді реалізації проекту;

Π_{t_i} - надходження грошей у цьому періоді;

Q_{t_i} - витрачання грошей у цьому періоді.

Інтегральний чистий грошовий потік є сумою потоків за весь період життєвого циклу проекту, тобто

$$P_t = \sum_{t=0}^T \Pi_t - Q_t. \quad (6.21)$$

Дисконтування грошових потоків здійснюється відповідно до моменту або часу започаткування проекту.

Коефіцієнт чистого дисконтованого доходу (індекс дохідності) визначається як співвідношення ЧДД та необхідної дисконтованої вартості

інвестицій. Це співвідношення дозволяє одержати дисконтовану норму прибутку і обчислюється за формулою:

$$ID = \frac{ЧД}{ДВІ}, \quad (6.22)$$

де ID - індекс дохідності;

$ЧД$ - чистий дисконтований дохід;

$ДВІ$ - дисконтована вартість інвестицій (вартість капітальних і одноразових витрат) в інновації.

ВНД визначається як розрахункова ставка дисконту, за якої сумарні чисті приведені надходження дорівнюють сучасній (дисконтованій) вартості витрат на проект.

Визначення здійснюються за таким виразом

$$\sum_{t=0}^T \frac{P_t}{(1+d')^t} = 0, \quad (6.23)$$

де d' - внутрішня норма дохідності (ВНД);

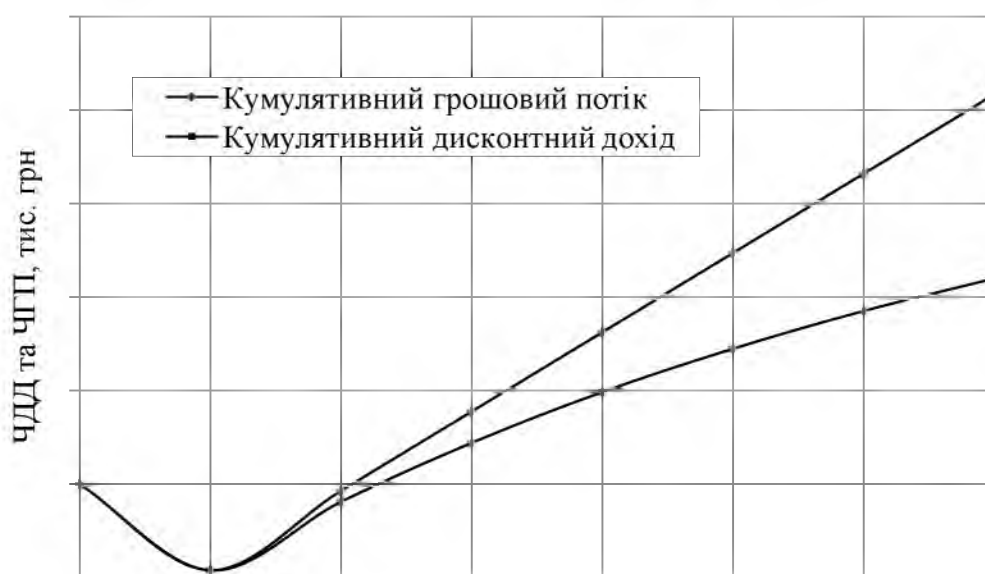
P_t - чистий грошовий потік у періоді t .

Рівняння (6.23) вирішується відносно невідомої його складової d' задля визначення мінімально допустимої норми ефективності, за якої чистий дисконтований дохід дорівнює 0, або дисконтовані прибутки дорівнюють започаткованим інвестиціям.

Період окупності інвестицій визначається як термін для відшкодування первісно започаткованих інвестиційних коштів на основі накопичених чистих реальних грошових потоків, зумовлених реалізацією проекту. Моментом окупності з урахуванням дисконтування є той найбільш ранній момент часу в

розрахунковому періоді, після якого ЧДД стає і надалі залишається не негативним.

Розрахунок економічної ефективності зведено в таблиці додатку П. За даними таблиці П.1 ціна ЕКОСС складає 15374 грн. З результатами розрахунків по формулам (6.19)...(6.21) та результатів розрахунку економічних показників ЕКОСС (табл. П.2) визначені грошові потоки (табл. П.3) на підставі яких побудовано графічні залежності кумулятивного чистого грошового потоку та кумулятивного ЧДД від терміну існування проекту.



Період існування проекту, років

Рис. 6.21. Залежності кумулятивного чистого грошового потоку та кумулятивного ЧДД від терміну існування проекту

На підставі залежності кумулятивного ЧДД від терміну існування проекту визначено період окупності інвестицій, який склав 2,3 роки.

За формулою (6.22) розраховано індекс доходності, залежність якого від часу існування проекту показана на рис. 6.22.

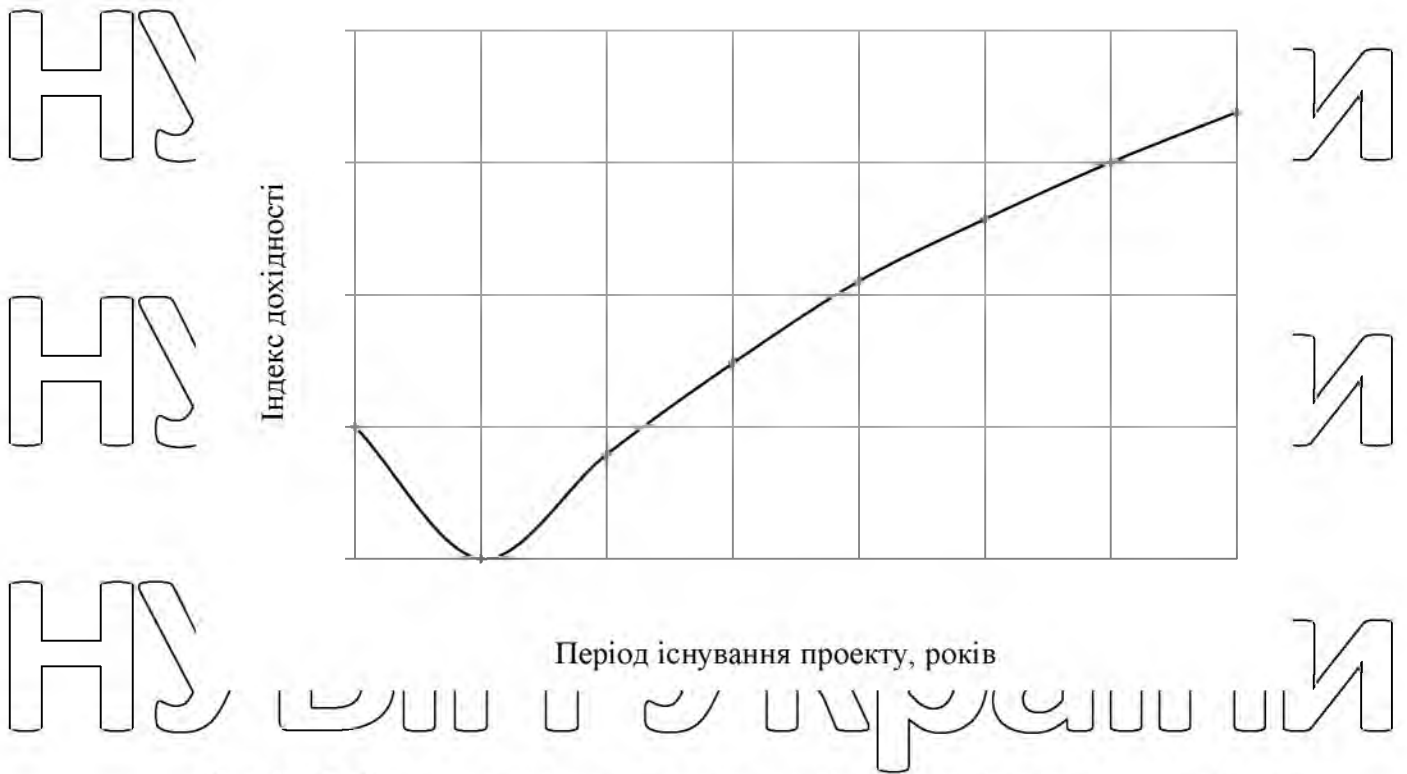


Рис.6.22. Залежності індексу дохідності від терміну існування проекту

Проект має високий індекс дохідності на протязі всього періоду існування починаючи від періоду окупності і після 7 років величина індексу складає 3,4.

На рис 6.23 показана залежність внутрішньої норми дохідності від норми дисконтування. З визначення внутрішньої норми дисконту витікає, що вона відповідає нормі дисконтування при якій ЧДД дорівнює нулю. З рис 6.23 величина внутрішньої норми дохідності складає 0,9. Норма дисконту проекту

$d = 0,16 < 0,9$, тобто проект є прийнятним.

В роботі на основі аналізу існуючих способів очистки рідин було запропоновано додатково очищувати сільськогосподарські рідини флотаційним методом. Обґрунтовано технологію очистки олії методом флотації в ультразвуковому полі.

Аналіз існуючих методів очистки олії дозволив обрати найбільш доцільний з них. Проведено розрахунок конструктивних та електричних параметрів магнітострикційного перетворювача.

Вибрано ультразвуковий генератор для системи флотаційної очистки олії. Здійснено техніко-економічний аналіз прийнятих рішень, згідно до якого річний економічний ефект складає 393000 грн, а термін окупності – 0,35 роки.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП УКРАЇНИ

Список використаної літератури

1. Снявський О. Ю. Електропривод і автоматизація / О.Ю. Снявський, П.І. Савченко, В.В. Савченко. – К.: «Аграр Медіа Груп», 2013. – 586 с.

2. Іноземцев Г. Б. Дипломне проектування енергетичних та електротехнічних систем в АПК / Г.Б. Іноземцев, В.В. Козирський, М.Т. Лут. – К.: «Аграр Медіа Груп», 2014. – 526 с.

3. Ревенко І. І. Механізація і автоматизація тваринництва / І.І. Ревенко. – К.: Віща освіта, 2004. – 399 с.

4. Баран О. В. Автоматика і автоматизація технологічних процесів / О.В. Баран, П.Г. Самойленко, С.Є. Гранат. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 577 с.

5. Василега П. О. Електротехнологічні установки / П.О. Василега. – Суми: СумДУ, 2010. – 548 с.

6. Єрмолаєв С. О. Проектування систем електропостачання в АПК / С.О. Єрмолаєв, В.Ф. Яковлев, В.О. Мунтян. – Мелітополь.: Люкс, 2009. – 568 с.

7. Червінський Л.С., Електричне освітлення та опромінення / Л.С. Червінський, Л.О. Сторожук. – К.: «Аграр Медіа Груп», 2011. – 214 с.

8. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів – Вид. офіц. – К., 2013.

9. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів – Вид. офіц. – К., 2013.

10. Лут М. Т. Безпека праці в сільських електроустановках / М.Т. Лут. – К.: ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2012. – 430 с.

11. Кашенко П. С. Електропривід сільськогосподарських машин / П.С. Кашенко. – К.: НМЦ, 2005. – 410 с.

12. <http://kovelselmash.com/en/nkc-7.html>

13. http://promcomplex.ru/ventilyaciya_dlya_pticevodstva
14. <http://www.pkc-elektro.ru/prilozheniya/prilozheniya/>
15. http://agrosystem.com.ua/index.php?page=shop.product_details&category_id=15&flypage=flypage-ask.tpl&product_id=453&option=com_virtuemart&Itemid=11&vmcchk=1&Itemid=11

16. <http://agrar.ru/комплексная-механизация-птицеводства/оборудование/для-содержания-кур-несушек-промышленного-стада>

17. <http://tiu.ru/pl2822-transporter-skrebkovyj-dlva.html>

18. http://elibrary.nubip.edu.ua/4644/1/Практикум_з_ЕПСГ.pdf

19. <http://www.gczsa.ru/vspomogatelnoe-oborudovanie/24-transporter-unificirovannyj-universalnyj--tuu-2.html>

20. <http://www.energodrive.ru/electromotor.asp?id=13>

21. <http://forca.ru/knigi/arhiv/energospabzhenie-selskohozyaystvennyh-potrebiteley-7.html>

22. Гинзбург А.С., Громов М.А. Теплофизические свойства пищевых продуктов: Справочник. – М.: Агропромиздат, 1990.-287 с.

23. Кубрицкая Г.Н., Сорокина В.Н. Установка ЭФА для удаления взвесей из яблочного сока при его осветлении // Электронная обработка материалов.- 1992, №1.-33-34 с.

24. О.В.Кравець, М.С.Стручаев. Методичні вказівки до економічної частини дипломних проектів ФЕСВ. Мелітополь, 2004. – 4 с.

25. Мацибора В.І. Економіка сільського господарства : Підручник – К.: Вища школа, 1994 – 415 с.