

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

Ступінь вищої освіти «Бакалавр»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри енергетики та
електротехнічних систем

_____ доцент **Чепіжний А.В.**

(підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

_____ Павленку Олександр Ігоровичу

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема проекту: Реконструкція системи електрифікації олійного цеху ТОВ «ВЕЛЕТЕНЬ» м. Глухів, Шосткинського району, Сумської області з розробкою автоматизованої системи керування лінією виробництва соняшникової олії
керівник проекту: Сіренко Юлія Володимирівна, PhD, доцент.

затверджено наказом по університету від «08» лютого 2024 р. № 407-ос.

2. Термін подання здобувачем закінченого проекту: «20» травня 2024 р.

3. Вихідні дані до проекту: матеріали обстеження об'єкту, технічна література, нормативна документація, державні стандарти, посібники, методичні рекомендації до виконання проекту, інтернет-джерела

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):

Вступ.

1. Аналіз виробничої діяльності ТОВ «ВЕЛЕТЕНЬ»

2. Технологія виробництва олії в цеху ТОВ «ВЕЛЕТЕНЬ».

3. Вибір силового електрообладнання для цеху виробництва соняшникової олії.

4. Розробка системи автоматизованого керування процесом отримання соняшникової олії.

5. Проектування силової електропроводки олійного цеху.

6. Розрахунок освітлювальної установки цеху з виробництва соняшникової олії.

7. Охорона праці.

8. Економічне обґрунтування

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точною вказівкою обов'язкових креслень):

1. Технологія виробництва соняшникової олії. Схема технологічна

2. Цех олійний. Технологічне та електросилове обладнання. Схема електрична розташування.

3. Цех олійний. Електричне освітлення. Схема електрична розташування.

4. Цех олійний. Мережа освітлювальна. Схема електрична принципова.

5. Автоматизована система керування процесом виробництва олії. Схема електрична принципова.

6. Автоматизована система керування процесом виробництва олії. Шафа керування. Схема електрична з'єднань.

7. Автоматизована система керування процесом виробництва олії. Схема електрична підключень.

8. Показники техніко-економічні. Таблиця.

6. Консультанти розділів проєкту (з вказівкою розділів, що відносяться до проєкту):

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
Охорона праці	доцент Василенко О.О.	
Економічне обґрунтування	доцент Барсукова Г.В. ст. викладач Шашков С.В.	
Нормоконтроль	ст. викладач Рибенко І.О.	

КАЛЕНДАРНИЙ ГРАФІК

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційного проєкту	Строк виконання етапів кваліфікаційного проєкту	Примітки
1	Збір інформації про діяльність господарства	05.09.2023 р. – 30.09.2023 р.	
2	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	02.10.2023 р. – 02.12.2023 р.	
3	Складання плану роботи	04.12.2023 р. – 09.12.2023 р.	
4	Написання вступу та розділу 1	11.12.2023 р. – 21.12.2023 р.	
4	Написання розділів 2 та 3. Підготовка листа 1 та 2 графічної частини.	05.02.2024 р. – 02.03.2024 р.	
5	Написання розділів 4, 5 та 6. Підготовка листів 3 та 4 графічної частини.	04.03.2024 р. – 06.04.2024 р.	
6	Написання розділів 7, 8 та 9. Підготовка листа 5 та 6 графічної частини.	08.04.2024 р. – 04.05.2024 р.	
8	Написання висновків	06.05.2024 р. – 11.05.2024 р.	
9	Подання проєкту на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 13.05.2024 р.	
10	Подання проєкту на рецензування	до 20.05.2024 р.	
11	Подання до попереднього захисту	до 27.05.2024 р.	

Здобувач вищої освіти

_____ (Олександр ПАВЛЕНКО)
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційного проєкту

_____ (Юлія СІРЕНКО)
(підпис) (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Реконструкція системи електрифікації олійного цеху ТОВ «ВЕЛЕТЕНЬ» м. Глухів Шосткинського району Сумської області з розробкою автоматизованої системи керування лінією виробництва соняшникової олії. Кваліфікаційний проект / Павленко Олександр Ігорович – Суми: СНАУ, 2024 р. – 50 с.

В кваліфікаційному проекті розроблено проект щодо реконструкції системи електрифікації олійного цеху ТОВ «ВЕЛЕТЕНЬ» м. Глухів Шосткинського району Сумської області.

Проведено детальний аналіз технології виготовлення олії в цеху ТОВ «ВЕЛЕТЕНЬ». Складено паспортні дані технологічних машин лінії. Проведено перевірочні розрахунки силових електричних машин за умовами пуску та перевантажувальній здатності.

Розроблено автоматизовану систему керування пресом для виробництва олії із рослинної сировини. Складено принципову схему керування та схеми з'єднань та підключень обладнання пресу. Обрано пускозахисну апаратуру та провідники для живлення обладнання пресу.

Проведено проектування системи електричного освітлення цеху. Обрано типи джерел світла, розраховано освітлювальну мережу.

Розглянуто питання організації питань охорони праці в олійному цеху. Зроблено техніко-економічні показники проекту.

Ключові слова: олійний цех, лінія виробництва олії, схема керування пресом, автоматизація, електродвигун, електропривід пресу.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТОВ «ВЕЛЕТЕНЬ»	8
1.1. Загальні відомості про ТОВ «ВЕЛЕТЕНЬ»	8
1.2. Основні види робіт та призначення олійного цеху	8
1.3. Існуючий стан системи електрифікації олійного цеху	9
1.4. Висновки та пропозиції	10
2. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ОЛІЇ В ЦЕХУ ТОВ «ВЕЛЕТЕНЬ» .	11
2.1. Опис прийнятої технології виробництва олії в цеху ТОВ «ВЕЛЕТЕНЬ»	11
2.2. Характеристика приміщень олійного цеху	14
2.3. Складання паспортних даних технологічних машин олійного цеху.....	14
2.4. Технологічні вимоги до системи електрифікації олійного цеху.....	16
3. ВИБІР СИЛОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЦЕХУ ВИРОБНИЦТВА СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ	17
3.1. Вибір електроприводу для технологічних машин олійного цеху.....	17
3.2. Перевірочний розрахунок силового електрообладнання олійного цеху.....	17
3.4. Розробка схеми розташування технологічного та силового електрообладнання цеху з виробництва олії.....	21
4. РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ОТРИМАННЯ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ	22
4.1. Технологічна схема преса-екструдера для віджиму олії	22
4.2. Розробка та опис принципової електричної схеми керування процесом віджиму олії.....	23
4.3. Розробка схеми з'єднань системи керування процесом віджиму олії ..	24
4.4. Розробка схеми підключень системи керування процесом віджиму олії.....	24
4.5. Вибір регуляторів температури для системи віджиму олії	25
4.6. Складання переліку матеріалів та обладнання для системи керування процесом віджиму олії.....	26
5. ПРОЕКТУВАННЯ СИЛОВОЇ ЕЛЕКТРОПРОВІДКИ ОЛІЙНОГО ЦЕХУ	27

5.1. Визначення номінальних струмів обладнання олійного цеху	27
5.2. Вибір провідників для живлення технологічних машин олійного цеху	28
5.3. Вибір автоматичних вимикачів для захисту обладнання олійного цеху.....	28
5.4. Вибір магнітних пускачів для обладнання олійного цеху.....	30
5.5. Складання переліку матеріалів та обладнання для системи електрифікації цеху.....	32
6. РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ЦЕХУ З ВИРОБНИЦТВА СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ.....	33
6.1. Система та вид освітлення в приміщеннях цеху з виробництва олії	33
6.2. Визначення нормованої освітленості приміщень.....	33
6.3. Вибір джерела світла та схеми розташування світильників	34
6.4. Розрахунок системи освітлення цеху.....	34
6.5. Проектування освітлювальної електричної мережі	38
7. ОХОРОНА ПРАЦІ	40
8. ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА	Ошибка! Закладка не определена.
9. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	43
ВИСНОВКИ	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	48
ДОДАТКИ.....	Ошибка! Закладка не определена.

ВСТУП

Автоматизація процесів виробництва олії в олійному цеху є важливим етапом у сучасній промисловості, яка стежить за підвищенням продуктивності, ефективності та якості продукції. Цей процес відіграє критичну роль у забезпеченні конкурентоспроможності підприємства на ринку, а також в забезпеченні сталого виробництва.

Одним із ключових аспектів важливості автоматизації є збільшення ефективності виробництва. Автоматичні системи дозволяють оптимізувати час та ресурси, що використовуються у виробничих процесах. Вони можуть автоматизувати такі етапи, як контроль температури, регулювання тиску, моніторинг якості продукції та багато інших. Це дозволяє підприємствам знижувати витрати на оплату праці та збільшувати обсяги виробництва.

Крім того, автоматизація допомагає зменшити ризик виникнення помилок у виробничому процесі. Системи автоматичного контролю та моніторингу забезпечують постійний нагляд за параметрами виробництва і можуть автоматично реагувати на будь-які відхилення. Це сприяє забезпеченню стабільності процесу та зниженню кількості бракованої продукції.

Також важливою перевагою автоматизації є поліпшення безпеки працівників. Автоматичні системи дозволяють віддалено контролювати та керувати цими процесами, мінімізуючи ризик випадків травмувань чи інших аварій.

Загалом, автоматизація процесів виробництва олії в олійному цеху відіграє критичну роль у підвищенні ефективності, забезпеченні якості продукції та зниженні витрат, що робить її важливим елементом у сучасній промисловості. Даний дипломний проект присвячений вирішенню питання автоматизації системи керування пресом для отримання олії в цеху ТОВ «ВЕЛЕТЕНЬ» Сумської області.

1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТОВ «ВЕЛЕТЕНЬ»

1.1. Загальні відомості про ТОВ «ВЕЛЕТЕНЬ»

У 2001 році компанія «ВЕЛЕТЕНЬ» виникла під час реформування КСП «Велетень», що включало в себе різні населені пункти, такі як с. Гудунівка, с Привілля, с Хотминівка, с Сліпород, с Шевченкове. Відтоді вона пройшла шлях від фінансових проблем до статусу лідера у своєму районі. Сьогодні це велике підприємство, яке спеціалізується на виробництві якісної продукції, що відповідає міжнародним стандартам, і має конкурентні переваги на ринках як в Україні, так і за кордоном.

Безліч благодійних заходів підтверджує активну громадську позицію компанії, яка постійно підтримує різні сфери життя громади, включаючи комунальні, освітні, медичні, культурні та спортивні ініціативи.

Розташоване підприємство в м. Глухів Шосткинського району Сумської області. Керівниками підприємства на сьогодні є Тітов Анатолій Васильович, Габенко Микола Опанасович та Шпак Валентина Володимирівна. Статутний розмір капіталу складає близько 2 млн. грн [1, 2].

Компанія «ВЕЛЕТЕНЬ» спеціалізується у вирощуванні та продажі зернових культур, виробництві молока і утриманні великої рогатої худоби.

На території ТОВ «ВЕЛЕТЕНЬ» розташований сучасний молочно-товарний комплекс, який налічує 2200 голів великої рогатої худоби. З них 900 голів становить основне стадо, яке виробляє приблизно 11300 літрів молока на одну дійну корову щорічно.

1.2. Основні види робіт та призначення олійного цеху

Олійний цех ТОВ «ВЕЛЕТЕНЬ» є важливим виробничим підрозділом, спеціалізованим на переробці соняшникових насіннь у високоякісну

соняшникову олію. Робота цього цеху охоплює широкий спектр процесів, починаючи з приймання сировини – соняшникових насінин. Цей етап включає не лише контроль якості поступаючої сировини, а й її очищення від різноманітних домішок та підготовку до подальшої обробки.

Після приймання настає етап віджиму, де проводиться відокремлення олії від соняшникового шроту, що є важливим кроком у виробництві якісної олії. Після цього настає процес розрахунку, де відбувається видалення залишкової вологи та додавання спеціальних добавок для підвищення якості та тривалості зберігання продукту.

Загалом, олійний цех ТОВ «ВЕЛЕТЕНЬ» забезпечує високоякісне виробництво соняшnikової олії, здійснюючи ретельний контроль кожного етапу виробництва та дотримання вимог якості та безпеки.

1.3. Існуючий стан системи електрифікації олійного цеху

У системі використовуються провідники таких марок, як КГ, ПВС, ВВГ, що відповідають вимогам навантаження та умовам експлуатації. Серед електричних апаратів, які використовуються в системі, можна відзначити автоматичні вимикачі АП-50, контактори типу ПМЛ, та реле напруги РТ різних модифікацій.

Однак, аналіз показав наявність серйозних пошкоджень та недоліків у системі електрифікації. Зокрема, виявлено перегрів провідників КГ через перевищення їхньої номінальної потужності, що створює ризик пожежі та аварійних ситуацій. Також виявлені корозійні пошкодження у з'єднаннях проводів, що може призвести до погіршення контакту та виникнення перебоїв у подачі електроенергії до обладнання.

Зазначені типи обладнання та провідників характеризуються недостатньою ефективністю, низькою енергоефективністю та високим ризиком аварійного відмовлення. Вони також сприяють великим втратам електроенергії через теплові втрати та низьку якість світла.

Загальний стан системи електрифікації не задовільний і потребує негайної реконструкції. Відновлення та модернізація провідників, заміна пошкоджених електричних апаратів на нові, а також проведення профілактичного обслуговування з метою попередження подібних проблем у майбутньому є невідкладними завданнями для забезпечення безпеки та ефективності роботи олійного цеху.

1.4. Висновки та пропозиції

Аналіз стану системи електрифікації олійного цеху ТОВ «ВЕЛІТЕНЬ» виявив ряд пошкоджень та недоліків, що потребують негайної уваги та реконструкції.

По-перше, було виявлено проблеми зі станом проводки та електроприладів. Багато елементів електромережі мають ознаки зношеності, що призводить до періодичних перебоїв в електропостачанні та збоїв у роботі обладнання. Також спостерігається недолік у системі заземлення, що може створювати загрозу для безпеки працівників та обладнання.

Загалом, стан системи електрифікації олійного цеху не задовільний і потребує комплексної реконструкції. Необхідно провести оновлення електромережі, замінити застаріле обладнання на енергоефективне, а також вдосконалити систему заземлення для забезпечення безпеки працівників та стабільності роботи усіх процесів в цеху.

Також система освітлення потребує суттєвого оновлення та модернізації. Рекомендується замінити застарілі світильники на сучасні світильники з високою енергоефективністю та довговічністю.

Найбільше уваги в проекті буде приділено питанням автоматизації пресу для отримання соняшникової олії, що дозволить підвищити продуктивність апарату, зменшити споживання електричної енергії та покращити якість готової продукції.

2. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ОЛІЇ В ЦЕХУ ТОВ «ВЕЛЕТЕНЬ»

2.1. Опис прийнятої технології виробництва олії в цеху ТОВ «ВЕЛЕТЕНЬ».

Головним джерелом для виробництва рослинних олій є насіння соняшника, які складаються з лушпиння, білого насіння (ядра) і насінневої оболонки. Від загальної маси сім'янки лушпиння становить від 22 до 56 відсотків. Вміст олії в насінні соняшника перевищує 50%, а в очищеному ядрі складає близько 70%.

Склад рослинних олій, отриманих з насіння соняшника, включає 95-98% тригліцеридів, 1-2% вільних жирних кислот, 1-2% фосфоліпідів і 0,3-0,1% стеринів, а також каротиноїди та вітаміни. У складі соняшnikової олії міститься 55-71% лінолевої та 20-40% олеїнової кислот [3, 4, 5].

Процес виготовлення рослинних олій на невеликих підприємствах включає такі етапи: підготовку насіння соняшника до зберігання, відокремлення та подрібнення ядра, гідротермічну обробку м'яки, пресування, очищення, фасування і зберігання готової продукції.

Підготовка насіння до зберігання включає етапи, коли насіння, що зібране для зберігання, має вміст вологи, який перевищує оптимальні значення для подальшої зберігання і обробки. Один з найпоширеніших методів для зниження вмісту вологи в насінні соняшника перед зберіганням – це теплова сушка. Під час цього процесу насіння нагрівається за допомогою сушильного агента, який зазвичай складається з повітря та димових газів. Сушильний агент із температурою 300...350 °С направляється в сушарку, де він контактує з насінням, що проходить через неї, знижуючи вміст вологи на 10...12%. Після проходження процесу сушіння насіння охолоджують та направляють у бункер для подальшого використання.

Відокремлення ядра є важливою операцією, яка включає поділ насіння на великі та дрібні фракції згідно з їх геометричними розмірами, а також відокремлення домішок, які мають аеродинамічні та феромагнітні властивості, від основної культури.

Процес відокремлення оболонки від ядра включає руйнування покривних тканин насіння, таке як обвалення, та подальший поділ (відвіювання) отриманої суміші, яка складається з ядра та лушпиння. Однією з ключових вимог до процесу обвалення є збереження цілісності ядра. Ротори машин для обвалювання обертаються з частотою 35...40 обертів за хвилину, а обвалювання відбувається через одноразовий удар уздовж великої осі насінини.

Процес поділу рушанки на лушпиння і ядро базується на їх розмірах та аеродинамічних властивостях. Спочатку отримують фракції рушанки, що містять частинки лушпиння і ядра одного розміру, а потім в потоці повітря рушанку поділяють на лушпиння і ядро. Цей метод використовується в аспіраційних рушально-вієчних машинах.

Подрібнення ядра необхідне для вилучення олії з насіння шляхом руйнування клітинної структури їх тканин. Після цієї операції олія, що міститься в клітинах насіння, стає доступною для подальших технологічних операцій. Отримана м'ятка має велику питому поверхню, оскільки під час подрібнення не лише руйнується клітинна оболонка, а й порушується внутрішньоклітинна структура масловмісної частини клітини. Частка масла вивільняється та адсорбується на поверхні частинок м'ятки.

Щоб мати добре подрібнену м'ятку, важливо, щоб вона складалася з однорідних за розміром частинок, які можуть пройти через сито з отворами діаметром 1 мм, і не містила цілих, неруйнованих клітин. В той же час вміст дрібних часток у ній повинен бути невеликим. Для отримання такої м'ятки на малих підприємствах використовують вальцьові верстати з діаметром валків 600 мм та частотою обертання 5,0 обертів за секунду.

Гідротермічна обробка м'ятки має на меті ослаблення поверхневих сил, що утримують олію на частинках м'ятки. На міні-підприємствах процес

приготування мезги здійснюється у дві стадії. Перша стадія включає зволоження м'ятки до 8...9 % та підігрів до температури 80...85 °С, що сприяє рівномірному розподілу вологи в м'ятці та частковій інактивації гідролітичних та окисних ферментів насіння, що погіршує якість олії. Друга стадія включає нагрівання м'ятки до 105 °С та її підсушування до кінцевого вмісту вологи 5...6%.

Очищення рослинної олії полягає у видаленні з неї твердих механічних домішок і суспензій, що можуть бути присутніми.

Фасування та упаковка рослинної олії зазвичай проводяться в прозору пластикову тару, яка закупорюється та етикетується за допомогою відповідних машин. У деяких випадках використовується упаковка пластикової тари в термозбіжну плівку. Після фасування та упаковки продукція готується до зберігання та подальшої реалізації у торговельній мережі.

Для виробництва олії в цеху ТОВ «ВЕЛЕТЕНЬ» використовується комплекс технологічних машин типу КМ-400, який призначений для переробки соняшнику продуктивністю 400 кілограм на годину. Технологічна схема комплексу показана листі графічної частини КП 06.3.012.ТХ.

Процес включає наступні операції.

Насіння зі складу подається в сепаратор 1, призначений для відокремлення домішок, що відрізняються від основної культури за їхніми розмірами, аеродинамічними та феромагнітними властивостями за допомогою системи рухомих сит, нагнітального вентилятора та магнітів.

Очищене насіння соняшника потрапляє до рушально-віечної машини 2 для відділення ядер від лушпиння. Це досягається шляхом проходження насіння між обертовим бичовим барабаном і рифленою поверхнею нерухомих дек з подальшим просіюванням через сито.

Відокремлене лушпиння використовується для топки в жаровнях 5, де проводиться гідротермічна обробка м'ятки.

Після цього м'ятка направляється на вальцевий верстат 3 для подрібнення перед пресуванням.

Подрібнена та оброблена мезга потрапляє в прес-екструдер 6, де від неї відокремлюється рослинна олія. Після чого отримана олія проходить очистку та фільтрування у прес фільтрі 7.

2.2. Характеристика приміщень олійного цеху

Приміщення олійного цеху є частиною виробничого приміщення по прийманню, зберіганню та переробці зернових. Приміщення має такі розміри 53х30,8х4,5м.

Схема розташування технологічних машин олійного цеху ТОВ «ВЕЛЕТЕНЬ» наведено на аркуші графічної частини проекту КП 06.3.012.Е7.

2.3. Складання паспортних даних технологічних машин олійного цеху.

Паспортні дані технологічних машин олійного цеху ТОВ «Велетень» наведено в таблицях 2.2.-2.5.

Таблиця 2.2. Технічні параметри сушарки насіння К4-УС2-А

Характеристика	Значення
Продуктивність, кг/год	400
Продуктивність при сушінні насіння соняшника по відношенню до продуктивності при сушінні пшениці, %	80
Вид палива	дизельне
Споживання палива, кг/год	76,5
Габаритні розміри сушарки, мм:	
- в транспортному положенні	9200х2750х4000
- в робочому положенні	9200х4300х5300

Маса без зерна, кг	10200
--------------------	-------

Таблиця 2.4. Технічні параметри обрушувальної машини Б6-МРА-1

Характеристика	Значення
Продуктивність, кг/год	1000
Встановлена потужність, кВт	3,7
Габаритні розміри, мм	2182x1150x1415
Маса без зерна, кг	700

Таблиця 2.6. Технічні параметри жаровні Е8-МЖА

Характеристика	Значення
Продуктивність, кг/год	500
Встановлена потужність, кВт	8
Габаритні розміри, мм	2000x1500x1025
Маса без зерна, кг	1300

Таблиця 2.7. Технічні параметри преса-екструдера ЕПЧ-75

Характеристика	Значення
Тип екструдера	горизонтальний, двочерв'ячний
Продуктивність по насінню соняшника, кг/год	120...150
Встановлена потужність, кВт	13,1
Габаритні розміри, мм	1270x3100x950
Маса без зерна, кг	740

2.4. Технологічні вимоги до системи електрифікації олійного цеху

Система електрифікації для олійного цеху повинна відповідати вимогам безпеки, ефективності і надійності. Тому до системи електрифікації ставимо наступні технологічні вимоги:

- відповідність електроустановок нормам техніки безпеки та електробезпеки;
- заземлення обладнання та встановлення захисних пристроїв для запобігання короткому замиканню та іскрам;
- використання спеціальних матеріалів, які стійкі до високих температур та агресивних середовищ;
- використання енергоефективних систем та обладнання для зменшення споживання електроенергії;
- застосування автоматизованих систем керування та моніторингу для оптимізації роботи обладнання та мінімізації енерговитрат;
- урахування специфіки виробництва олійного цеху при проектуванні системи електрифікації;

Вказані вимоги допоможуть створити систему електрифікації, яка буде надійною, безпечною та ефективною для олійного цеху.

3. ВИБІР СИЛОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЦЕХУ ВИРОБНИЦТВА СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ

3.1. Вибір електроприводу для технологічних машин олійного цеху

При виборі електроприводу для технологічних машин олійного цеху необхідно враховувати кілька ключових вимог. По-перше, важливо визначити номінальну напругу, яка відповідає електромережі об'єкту. Це забезпечить сумісність і безпечну експлуатацію приводів. Крім того, потрібно враховувати кліматичне виконання приводів, оскільки робоче середовище в олійному цеху може бути підвищеної вологості чи температури.

Ще однією важливою характеристикою є категорія розміщення. Олійний цех може мати зони з підвищеним ризиком вибуху або небезпекою пожежі, тому обрані електроприводи повинні відповідати відповідним стандартам безпеки і мати відповідний ступінь захисту від вологи, пилу та інших агресивних середовищ.

Також слід враховувати потужність приводу, яка повинна бути достатньою для ефективної роботи машин в олійному цеху. Важливо обрати приводи з високою стійкістю до навантажень і здатністю працювати в інтенсивному режимі.

Для олійного цеху обираємо силові електричні апарати з робочою напругою 220/380 В змінного струму. Щоб забезпечити захист від можливої високої запиленості повітря у приміщенні, машини та апарати повинні мати ступінь захисту не нижче IP44. Також ми встановлюємо апарати з кліматичним виконанням типу У та категорією розміщення 3 [7, 8].

3.2. Перевірочний розрахунок силового електрообладнання олійного цеху

Перевірочний розрахунок силового електрообладнання для олійного цеху проведемо на прикладі електроприводу преса-екструдера для віджиму олії ЕПЧ-75.

Теоретична продуктивність преса-екструдера для віджиму олії визначається за формулою [9, 10]:

$$Q = 47,1 \cdot D_3^2 \cdot L_{ш} \cdot n \cdot (1 - \psi) \cdot \rho \cdot (1 - k_g), \quad (3.1)$$

де D_3 – значення зовнішнього діаметра шнека преса-екструдера, м;

$$D_3 = 0,15 \text{ м [10];}$$

$L_{ш}$ – довжина одного витка шнека преса, м; $L_{ш} = 0,35 \text{ м};$

n – швидкість обертання шнека преса-екструдера, об/хв;

$$Q = 47,1 \cdot 0,15^2 \cdot 0,35 \cdot 48 \cdot (1 - 0,55) \cdot 410 \cdot (1 - 0,728) = 177,4 \text{ кг / год}$$

Розрахункова потужність, необхідна для стиснення насіння [10]:

$$P_{стис} = \frac{b \cdot Q_1 \cdot n}{e^{0,022w} \cdot \rho^v} \cdot (e_{np}^{6,5} - 1), \quad (3.2)$$

де Q_1 – кількість соняшника, яка надходить до пресу за 1 повне обертання шнеку, кг;

b – коефіцієнт, значення якого залежить від температури очищених ядер соняшнику при встановленій вологості насіння, $b = 0,001$ [10];

w – вологість соняшнику, %; $w = 14...16\%$;

Практичну ступінь стискання подрібненого насіння соняшнику у пресі знайдемо за формулою [10]:

$$e_{np}^{np} = 0,97 \cdot [\varepsilon_{np}^T - (21,8 - 1,16 \cdot \delta)], \quad (3.3)$$

де δ – величина щілин преса-екструдера, мм; $\delta = 10 \text{ мм};$

ε_{np}^T – значення теоретичної ступені стискання подрібнених ядер соняшнику в процесі віджиму, $\varepsilon_{np}^T = 15,8$.

Тоді

$$e_{np}^{np} = 0,97 \cdot [15,8 - (21,8 - 1,16 \cdot 10)] = 5,5$$

$$P_{стис} = \frac{0,001 \cdot 0,07 \cdot 48}{2,71^{0,022 \cdot 0,16} \cdot 410^{0,6}} \cdot (5,5^{6,5} - 1) = 5,8 \text{ кВт}$$

Вибір електроприводу для преса екструдера виконують за наступною умовою [10]:

$$P_n \geq P_{розр.ЕД}, \quad (3.4)$$

де P_n – номінальне значення потужності електроприводу для преса, кВт.

Номінальне значення потужності електроприводу для преса знайдемо за виразом [10]:

$$P_{розр.ЕД} = \frac{P_{стис}}{\eta_{заг}}, \quad (3.5)$$

де $\eta_{заг}$ – сумарне значення ККД передачі приводу преса.

$$\eta_{заг} = \eta_{нк} \cdot \eta_{он.шків} \cdot \eta_{рп}, \quad (3.6)$$

де $\eta_{нк} = 0,99$ [10] – ККД підшипникових вузлів;

$\eta_{он.шків} = 0,99$ [10] – ККД на шківу;

$\eta_{рп} = 0,97$ [10] – ККД пасових передач.

$$\eta_{заг} = 0,99 \cdot 0,99 \cdot 0,97 = 0,95$$

$$P_{розр.ЕД} = \frac{5,8}{0,95} = 6,1 \text{ кВт}$$

Обираємо електродвигун з короткозамкненим ротором типу АИР132S4У3, призначений для використання в умовах з певним кліматичним фактором (виконання "У"), для розміщення у зоні з категорією 3, і має захист від навколишнього середовища на рівні IP55. Цей двигун розрахований на тривалий робочий режим (S1). Технічні характеристики цього двигуна, призначеного для преса-екструдера

Перевірка електропривода преса за умовами пуску проводиться за методикою наведеною в [10]:

$$M_{ндв} = M_n \cdot \mu_n \cdot K_u^2; \quad (3.7)$$

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H}; \quad (3.8)$$

$$\omega_H = \frac{\pi \cdot n_H}{30}; \quad (3.9)$$

$$\omega_H = \frac{3,14 \cdot 1450}{30} = 151,77 \text{ рад/с};$$

$$M_H = \frac{7500}{151,77} = 49,4 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{ндв}} = 49,4 \cdot 2 \cdot 0,9^2 = 80 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{ндв}} \geq M_0; \quad (3.10)$$

$$M_0 = \frac{P_{\text{стис}}}{\omega_H}; \quad (3.11)$$

$$M_0 = \frac{5800}{151,77} = 38,2 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{ндв}} = 80 \text{ Н} \cdot \text{м} > M_0 = 38,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Оскільки моменти опору преса-екструдера, які становлять 38,2 Нм, менше пускового моменту обраного електродвигуна, який має значення 80 Нм, можемо зробити висновок, що обраний ЕД задовольняє умовам пуску (3.10).

Перевірка електропривода преса за умовами перевантажувальної здатності проводиться за методикою наведеною в [10]:

$$M_{\text{max}} = M_H \cdot \mu_{\text{max}} \cdot K_u^2, \quad (3.12)$$

$$M_{\text{max}} = 49,4 \cdot 2,3 \cdot 0,9^2 = 92 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{PM\text{max}} = M_0 = 38,2 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.13)$$

$$M_{\text{max}} \geq M_{PM\text{max}} \quad (3.14)$$

Так, як $M_{\text{max}} = 92 \text{ Н} \cdot \text{м} > M_{PM\text{max}} = 38,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$, робимо висновок, що електродвигун для преса-екструдера обрано вірно.

3.4. Розробка схеми розташування технологічного та силового електрообладнання цеху з виробництва олії

Розробка схеми розташування технологічного та силового електрообладнання цеху з виробництва олії - це важливий етап проектування, що передбачає оптимальне розміщення устаткування з урахуванням технологічного процесу та безпеки праці. На початковому етапі необхідно вивчити всі вимоги до розміщення обладнання, включаючи вимоги до пожежної та техногенної безпеки. Для цього проводиться аналіз технологічного процесу, розташування комунікаційних мереж, потреби у енергоносіях та інші аспекти, що впливають на розміщення обладнання.

Далі проводиться детальне проектування, де враховуються конкретні характеристики кожного пристрою, його розміри, потужність, вимоги до підключення електрики та інші технічні аспекти. Важливо також враховувати ергономіку робочих місць, зручність обслуговування та можливість віддаленого моніторингу та управління обладнанням.

Після розробки схеми розташування проводиться узгодження з відповідними службами та організаціями, з метою впевненості в дотриманні всіх вимог технічної та екологічної безпеки. Також враховується можливість майбутнього розширення цеху та модернізації обладнання [12].

Схема електрична розташування технологічного та силового обладнання цеху з виробництва соняшникової олії, складена на основі вище згаданих рекомендацій, показана на аркуші графічної частини КП 06.3.012.E7.

4. РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ТРИМАННЯ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ

4.1. Технологічна схема преса-екструдера для віджиму олії

Преси-екструдери типу ЕПЧ-75 спроектовані для виготовлення неочищених рослинних олій із насіння різних олійних культур, таких як соняшник, льон, соя, ріпак, бавовник, коноплі та інші. Технологічна схема преса показана на рис. 4.1 [13].

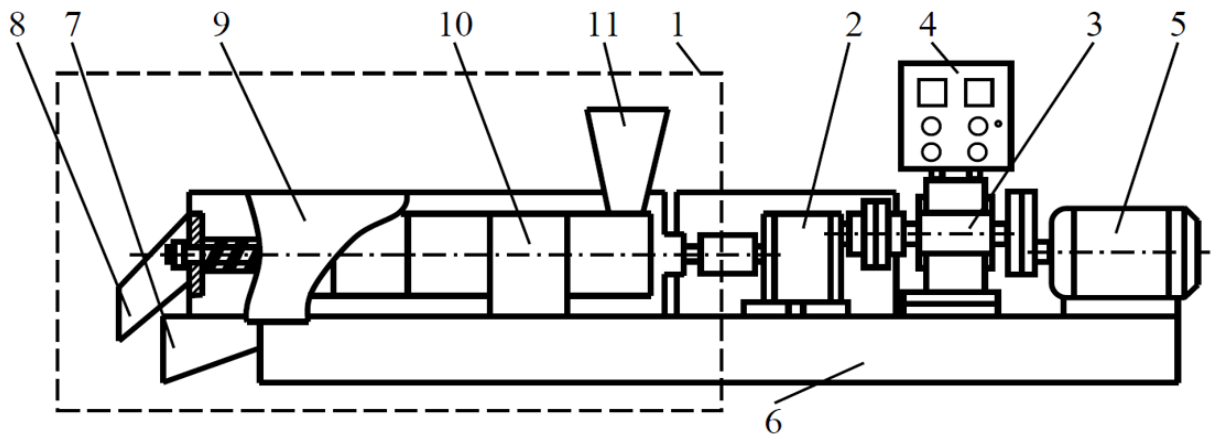


Рис. 4.1. – Технологічна схема олійного преса-екструдера типу ЕПЧ-75:

1 – прес-екструдер; 2 – блоки роздвоювачі; 3 – редуктори; 4 – шафа керування; 5 – привідний електродвигун; 6 – станина; 7 – піддони для олії; 8 – жолоба для макухи; 9 – захисні кожухи; 10 – корпуси нагрівання; 11 – бункер завантаження.

Робота преса-екструдера ґрунтується на комбінованій дії активного елемента конструкції на ядра насіння. При завантаженні ядра насіння в бункер завантаження, сировина потрапляє на шнеки, які обертаються в одному напрямку. Перші шнеки, що мають великий крок, ущільнюють сировину та розпочинають процес стискання. По ходу руху сировини крок шнеку зменшується до мінімальних значень в матрицях. Сировина, проходячи через

проточні частини преса-екструдера, піддається стиранню групою кулачків, розташованих між шнеками. В результаті сировина, віддаючи олію, нагрівається та стискається, перетворюючи лушпиння в дрібнодисперсний стан. На виході отримуємо макуху, яку можна використовувати для виготовлення корму або кормових добавок для тварин.

Електричне устаткування преса-екструдера складається з електродвигуна та системи нагріву корпусу. Система нагрівання корпусу преса включає нагрівальні елементи, які прямо закріплені на корпусі. Тепло передається від нагрівальних елементів до корпусу екструдера завдяки тісному контакту між ними.

Система управління пресом-екструдером реалізована як окремий блок і забезпечує можливість ручного включення та відключення електродвигуна та нагрівальних елементів.

4.2. Розробка та опис принципової електричної схеми керування процесом віджиму олії

Принципова електрична схема керування процесом віджиму олії показана на аркуші графічної частини КП 06.3.012.Е3.

У ручному режимі керування перемикач SA1 переводиться в положення "Р". Після вмикання кнопки пуску SB2.2 нагрівачі екструдера EK1 вмикаються. Після досягнення заданої температури корпусу екструдера натисканням кнопки SB1.2 вмикається електродвигун M1, що приводить шнеки пресу-екструдера в рух.

Електродвигун M1 та нагрівачі EK1 вимикаються натисканням відповідних кнопок SB1.1 для зупинки двигуна, а також SB2.1 для зупинки нагрівачів.

У автоматичному режимі керування перемикач SA1 переводиться в положення "А". Після подачі напруги на схему магнітний пускач KM2 вмикає нагрівальні елементи EK1. При досягненні заданої температури корпусу

екструдера спрацьовує терморегулятор SK1, що замикає його контакт SK1.1 і вмикає електродвигун преса M1.

У разі перевищення встановленої температури корпусу преса відбувається спрацювання датчика регулятора температури SK2. Це призводить до розмикання його контакту SK2.1, що відключає нагрівачі EK1 від напруги.

4.3. Розробка схеми з'єднань системи керування процесом віджиму олії

При розробці схеми з'єднань системи керування процесом віджиму олії важливо враховувати ряд ключових аспектів. По-перше, необхідно з'ясувати всі складові системи віджиму олії, такі як віджимні преси, насоси, регулятори тиску та інші елементи. Далі потрібно визначити послідовність дій та зв'язки між цими складовими, враховуючи логіку та ефективність процесу. Зокрема, потрібно уникати зайвих або зайво складних з'єднань, які можуть призвести до збоїв або неефективності системи [12].

Враховуючи всі ці аспекти, можна розробити оптимальну схему з'єднань системи керування процесом віджиму олії, яка забезпечить надійну та ефективну роботу всього обладнання.

Схема електрична підключень шафи керування системою керування процесом віджиму соняшникової олії представлена на аркуші КП 06.3.012. Е4 графічної частини проекту.

4.4. Розробка схеми підключень системи керування процесом віджиму олії

При розробці схеми підключень системи керування процесом віджиму олії необхідно враховувати різноманітні аспекти та взаємозв'язки між компонентами системи. По-перше, слід визначити всі основні елементи системи, такі як віджимні преси, насоси, фільтри та регулятори температури. Потім потрібно встановити послідовність дій та зв'язки між цими

компонентами з метою забезпечення ефективного та безперебійного процесу віджиму.

Важливо також передбачити системи моніторингу та контролю, які дозволять вчасно виявляти та усувати можливі несправності або аварійні ситуації.

Крім того, важливо враховувати стандарти та нормативні вимоги щодо безпеки та надійності обладнання при розробці схеми підключень. По завершенні цього процесу можна створити оптимальну схему підключень системи керування, яка забезпечить ефективну та надійну роботу всього комплексу обладнання [12].

Схема електрична підключень обладнання системи керування процесом віджиму соняшникової олії показана на аркуші КП 06.3.012. Е5 графічної частини проекту.

4.5. Вибір регуляторів температури для системи віджиму олії

При виборі регуляторів температури для системи віджиму рослинної олії важливо врахувати кілька ключових чинників. По-перше, потрібно визначити діапазон температур, які необхідно забезпечити для оптимального віджиму олії з рослинних матеріалів. Це може залежати від конкретного типу рослин, їхнього складу та властивостей. Після цього важливо вибрати регулятори температури, які забезпечать точність та стабільність температурного режиму в процесі віджиму.

Далі важливо врахувати середовище, в якому працюватиме обладнання, та його вимоги до енергоефективності та безпеки. Наприклад, у деяких випадках може бути доцільним використання регуляторів температури з інтегрованими системами захисту від перевищення температури або аварійних ситуацій.

Крім того, слід враховувати можливість моніторингу та віддаленого керування температурним режимом для забезпечення оптимального контролю над процесом віджиму. Загалом, правильний вибір регуляторів температури

допоможе забезпечити стабільність процесу віджиму олії та досягнення бажаних результатів з якістю та кількістю отриманої продукції [10].

В нашому випадку для системи автоматизації процесу віджиму соняшникової олії обираємо терморегулятори серії DigiTOP ТК-4Н [10].



Рис. 4.2. Терморегулятор серії DigiTOP ТК-4Н

Терморегулятор ТК-4Н забезпечує контроль та стабілізацію температури у приміщеннях шляхом управління нагрівальним обладнанням. Він моніторить температуру за допомогою одного датчика та відображає її значення на цифровому світлодіодному дисплеї. Довжина дроту датчика становить 1.5 метра, але за потреби його можна подовжити до 100 метрів за допомогою кабелю типу "кручена пара". Такий підхід дозволяє розташувати датчик у зоні, де потрібно контролювати температуру, забезпечуючи ефективне функціонування системи регулювання.

4.6. Складання переліку матеріалів та обладнання для системи керування процесом віджиму олії

Повний перелік матеріалів та обраного обладнання для реалізації схеми автоматизованого керування системою керування процесом віджиму олії наведено на листі КП 06.3.012. ЕЗ графічної частини та в розділі економічного обґрунтування при визначенні капіталовкладень в систему реконструкції.

5. ПРОЕКТУВАННЯ СИЛОВОЇ ЕЛЕКТРОПРОВІДКИ ОЛІЙНОГО ЦЕХУ

5.1. Визначення номінальних струмів обладнання олійного цеху

З метою вибору провідників для підключення обладнання олійного цеху до електричної мережі проведемо визначення номінальних значень струмів обладнання за нижче наведеними виразами [12]:

$$I_H = \frac{P_H \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H}, \quad (5.1)$$

де P_H – номінальне або розрахункове значення потужності машин олійного цеху, кВт;

U_H – напруга мережі цеху з виробництва соняшникової олії, В;

$\cos \varphi_H$ – коефіцієнт потужності машин олійного цеху;

η_H – ККД машин олійного цеху.

Визначення розрахункових струмів проведемо на прикладі електроприводу преса-екструдера:

$$I_{H M1} = \frac{7,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,84 \cdot 0,87} = 15,6 A$$

Номінальні струми магістральних ділянок, що живлять електрообладнання олійного цеху, визначаємо за формулою:

$$I_p = K_0 \cdot \sum I_H, \quad (5.2)$$

Тоді струм ділянки, що живить прес для віджиму олії буде рівним:

$$I_{A1-A2} = 1 \cdot (15,6 + 9,5) = 25,1 A.$$

Таким же чином проводимо розрахунки номінальних струмів інших магістральних ліній та технологічного обладнання олійного цеху.

5.2. Вибір провідників для живлення технологічних машин олійного цеху

Вибір проводів та кабелів для підключення електричних машин та апаратів олійного цеху робимо за умовою [12]:

$$I_{mp.\dot{d}on} \geq I_n, \quad (5.3)$$

де $I_{mp.\dot{d}on}$ – табличні значення максимального допустимого струму для жил обраного кабеля, А.

Вибір кабелів проведемо на прикладі преса для віджиму соняшникової олії. Для підключення електродвигуна преса для віджиму соняшникової олії до мережі приймаємо кабель типу ВВГнг-П (4x1,5) із $I_{mp.\dot{d}on} = 19 \text{ А}$ [12, 14].

Перевіряємо виконання умови (5.3). Оскільки $I_{mp.\dot{d}on} = 19 \text{ А} > I_{M1} = 15,6 \text{ А}$, робимо висновок, що кабель задовольняє умовам по нагріву, отже обраний вірно.

Таким же чином здійснюємо вибір провідників для підключення інших електроспоживачів олійного цеху до мережі. Результати вибору провідників для електроспоживачів олійного цеху показано на електричній схемі підключень обладнання, яка наведена на листі КП 06.3.012. ЕЗ.

5.3. Вибір автоматичних вимикачів для захисту обладнання олійного цеху

При виборі автоматичних вимикачів для захисту обладнання олійного цеху потрібно враховувати кілька ключових факторів. По-перше, необхідно звернути увагу на специфіку роботи цеху та характеристики обладнання, що використовується. Оскільки в олійних цехах можуть присутні багато електроприладів та механізмів, які працюють під великим навантаженням, вимикачі повинні мати високу потужність та надійність.

Далі, слід враховувати середовище, в якому будуть встановлені вимикачі. Олійний цех може бути зволеним або пиловим, тому обрані вимикачі повинні мати відповідний захист від вологи, пилу та інших зовнішніх факторів, які можуть впливати на їхню роботу.

Крім того, важливо вибрати вимикачі з правильними параметрами вимикання. Це включає в себе врахування потужності підключеного обладнання, струму короткого замикання та інших електричних параметрів, які можуть впливати на безпеку роботи цеху та його обладнання.

Враховуючи всі ці фактори, вибір автоматичних вимикачів для захисту обладнання олійного цеху повинен бути здійснений з урахуванням найвищих стандартів безпеки та надійності, щоб забезпечити ефективну та безперебійну роботу установки.

Вибір автоматичних вимикачів для захисту обладнання олійного цеху розглянемо на прикладі вимикача, який призначений для захисту електродвигуна преса, який використовується для віджиму соняшникової олії. Використовуємо методичку, що описана у джерелі [10, 12], для належного вибору вимикачів:

– з урахуванням серії або типу вимикача: NXB-63 3P

– за значеннями номінальної напруги електромережі олійного цеху:

$$U_{н. АВ} \geq U_{м} \quad (5.4)$$

$$400 В > 380 В$$

– за номінальними струмами автоматичного вимикача та обладнання:

$$I_{н. АВ} \geq I_{розр} \quad (5.5)$$

$$25 А > 15,6 А.$$

– за типом виконання автоматичного вимикача:

- по кількості силових полюсів – триполюсний;
- за типом розчіплювачів – комбінованого типу;

– за струмами вставки відсічки електромагнітного розчіплювача апарату:

$$I_{відс. ЕМР} \geq 1,5 \dots 1,8 \cdot I_{П}, \quad (5.6)$$

$$I_{відс.EMP} = \kappa \cdot I_{н.АВ},$$

де κ – кратність відсічки розчіплювача, для апаратів з характеристиками «С» $\kappa=10$, тоді:

$$I_{відс.EMP} = 10 \cdot 25 = 250 \text{ A},$$

$$250 \text{ A} > 1,8 \cdot 15,6 \cdot 7,5 = 210,6 \text{ AA}.$$

– кліматичне виконання: відповідно до помірного клімату встановлюється тип «У»;

– категорія розташування: для закритих приміщень використовується позначка «З»;

– ступінь захисту від навколишнього середовища: обрано IP20.

Аналогічний підхід застосовується при виборі вимикачів для інших споживачів електричної енергії та освітлення в олійному цеху. Результати вибору автоматичних вимикачів для електрифікації олійного цеху можна знайти на принциповій схемі керування обладнанням, що подана на листі КП 06.3.012. ЕЗ.

5.4. Вибір магнітних пускачів для обладнання олійного цеху

При виборі магнітних пускачів для обладнання олійного цеху необхідно враховувати ряд ключових аспектів. Перш за все, слід звернути увагу на потужність пускача, оскільки обладнання в цеху може мати різні потужності і потребувати відповідних параметрів пуску. Далі важливо оцінити надійність та довговічність пускача, оскільки в умовах цеху вони піддаються значному навантаженню та можуть працювати протягом тривалих періодів без перерви.

Крім того, слід врахувати специфіку робочого середовища олійного цеху, зокрема наявність вологи, пилу та інших агресивних факторів, які можуть впливати на роботу пускача. Тому важливо обрати модель, яка має відповідний захист від вологи та пилу, щоб забезпечити надійну роботу обладнання в усіх умовах. Також слід враховувати можливість розширення системи у

майбутньому, особливо якщо в планах розвиток цеху або додавання нового обладнання. Обираючи магнітний пускач, варто звернути увагу на його сумісність з іншими компонентами електричної системи та можливість легкої інтеграції нових пристроїв.

Варто врахувати економічні аспекти, такі як вартість пускача, витрати на обслуговування та енергоспоживання. Оптимальний вибір магнітних пускачів допоможе забезпечити ефективну та безперебійну роботу обладнання олійного цеху, зменшити витрати на обслуговування та підвищити загальну продуктивність цеху.

Розглянемо вибір магнітного пускача для керування нагрівачами преса-екструдера в олійному цеху як приклад комутації електричних кіл. У цьому випадку важливо врахувати наступні умови для вибору оптимального пускача [10, 12]:

- з урахуванням серії або типу: Chint NXC-12 220V 1NO+1NC (рис. 5.2) [15];



Рис. 5.2. Магнітний пускач Chint NXC-12 220V 1NO+1NC

- за значенням напруги на контактах силового струму:

$$U_{н.МП} \geq U_{мережі} \quad (5.7)$$

$$400V > 380V$$

- за інтенсивністю електричного струму через силові контакти:

$$I_{н.МП} \geq I_{н.М} \quad (5.8)$$

$$12 A \succ 9,5 A.$$

– за напругою схеми керування:

$$U_{н.МП} \geq U_{кер} \quad (5.9)$$

$$230 B \succ 220 B.$$

– кліматичне виконання: відповідно до помірного клімату встановлюється тип «У»;

– категорія розташування: для закритих приміщень використовується позначка «З»;

– ступінь захисту від навколишнього середовища: обрано IP20.

Аналогічний підхід застосовується при виборі контакторів для інших споживачів електричної енергії та освітлення в олійному цеху. Результати вибору магнітних пускачів для електрифікації олійного цеху можна знайти на принциповій схемі керування обладнанням, що подана на листі КП 06.3.012. ЕЗ.

5.5. Складання переліку матеріалів та обладнання для системи електрифікації цеху

У розділі економічного обґрунтування при визначенні капіталовкладень у процес реконструкції системи електрифікації олійного цеху зазначено повний список матеріалів та електрообладнання, необхідних для цієї системи.

6. РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ЦЕХУ З ВИРОБНИЦТВА СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ

6.1. Система та вид освітлення в приміщеннях цеху з виробництва олії

Відповідно до рекомендацій, які містяться у нормативних документах та технічній літературі [16, 17], для олійного цеху обираємо для розрахунків систему освітлення, яка буде рівномірно розподілена по всій площі. Тип освітлення, що використовується в проекті, буде робочим [16, 17].

6.2. Визначення нормованої освітленості приміщень

Нормовані значення освітленості робочих поверхонь в приміщеннях цеху з виробництва олії наведено в таблиці 6.1 [16, 17].

Таблиця 6.1. Нормовані значення освітленості робочих поверхонь в приміщеннях цеху з виробництва олії

№ п/п	Назва приміщення	Довжина А, м	Ширина В, м	Висота Н, м	Нормована Освітленість, лк
1	Цех виробництва соняшnikової олії	30,2	27,4	4,5	150
2	Лабораторія	6,6	6,4	4,5	300
3	Кімната для персоналу	6,4	4,9	4,5	150
4	Коридор	8,6	2,8	4,5	50
5	Вакуум-насосна	8,5	6,8	4,5	100
6	Вентиляційна	8,5	4,4	4,5	20
7	Тамбур - експедиція	18,7	8,9	4,5	75
8	Склад готової продукції	10,5	5,4	4,5	30
9	Котельня	7,5	5,4	4,5	100

Визначення нормованої освітленості приміщень олійного цеху полягає у встановленні відповідності рівня освітлення зони роботи вимогам нормативних документів. Це необхідно з метою забезпечення комфортних та безпечних умов праці для працівників цеху. Для цього проводяться вимірювання освітленості за допомогою спеціальних приладів, які фіксують кількість світла, що падає на певну площу.

Отримані дані порівнюються з встановленими нормами освітленості для робочих приміщень. У разі виявлення нестачі освітлення в порівнянні з вимогами нормативних документів, приймаються заходи для його підвищення, такі як встановлення додаткових джерел світла або оптимізація розміщення наявних ламп і люстр.

6.3. Вибір джерела світла та схеми розташування світильників

При виборі джерел світла та розташуванні світильників в олійному цеху враховуються різні фактори. По-перше, необхідно обрати світильники, які відповідають вимогам безпеки і стандартам освітлення промислових приміщень. Це можуть бути люмінесцентні лампи з високою стійкістю до вологи і пилу.

Загалом, оптимальна схема розташування світильників в олійному цеху має бути ретельно розроблена з урахуванням вимог безпеки, ефективності освітлення та зручності обслуговування. [16, 17].

В усіх приміщеннях розміщуємо світильники рівномірним способом, які розташовані паралельно один одному.

6.4. Розрахунок системи освітлення цеху

Розрахунки проведемо на прикладі основного приміщення – цеху з виробництва соняшникової олії. На рисунку 1.1 наведено план приміщення з такими характеристиками: висота (H) – 4,5 м, ширина (B) – 27,4 м, довжина (A)

– 30,2 м. Дане приміщення відноситься до категорії сухих приміщень з підвищеною небезпекою ураження людей електричним струмом відповідно до умов навколишнього середовища та ступеню безпеки.

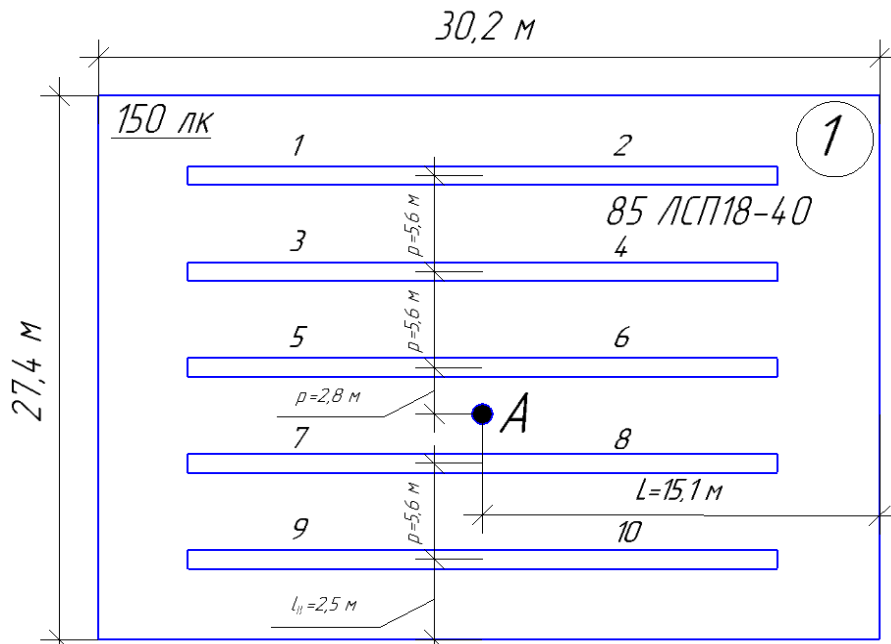


Рис. 6.1. План розташування світильників в цеху виробництва соняшникової олії

Висота приміщення цеху з виробництва олії для розрахунків [16, 17]:

$$H_{розр} = H - H_{зв} - H_{рп}, \quad (6.1)$$

де H – висота приміщення, м, складає 4,5 м;

$$H_{розр} = 4,5 - 0,2 - 0,8 = 3,5 \text{ м.}$$

Враховуючи рекомендації [16], розташовуємо ряди світильників паралельно більшій стороні приміщення. Згідно з [17], визначаємо оптимальні відстані між рядами світильників з точки зору як світлотехнічних, так і економічних параметрів.

$$\lambda_c = 1,4 \dots 1,6; \lambda_e = 1,6 \dots 2,1.$$

Оптимальна або найбільш ефективна відстань між рядами:

$$L_g = (\lambda_c - \lambda_e) \cdot H_{розр}; \quad (6.2)$$

$$L_g = (1,4 \dots 1,6) \cdot 3,5 = 4,9 \dots 5,6 \text{ м.}$$

Задаємося $L_g = 5,6$ м.

Встановлюємо відстань між рядом світильників та стіною:

$$l_B = (0,3 \dots 0,5) \cdot L_B; \quad (6.3)$$

$$l_B = (0,3 \dots 0,5) \cdot 5,6 = 1,68 \dots 2,8 \text{ м,}$$

Задаємося $l_B = 2,5$ м.

Число рядів світильників в олійному цеху:

$$N_B = \frac{B - 2l_B}{L_B} + 1; \quad (6.4)$$

$$N_B = \frac{27,4 - 2 \cdot 2,5}{5,6} + 1 = 5 \text{ шт.}$$

Обираємо до монтажу $N_B = 5$ рядів.

Розрахункова довжина напівряду світильників:

$$L = \frac{A}{2}; \quad (6.5)$$

$$L = \frac{30,2}{2} = 15,1 \text{ м.}$$

Визначаємо відстань від розрахункової точки, яка розташована посередині приміщення між рядами, до світлового ряду.

$$P = \frac{L_B}{2}; \quad (6.6)$$

$$P^1 = \frac{5,6}{2} = 2,8 \text{ м; } P^2 = 5,6 + 2,8 = 8,4 \text{ м; } P^3 = 8,4 + 5,6 = 14 \text{ м}$$

$$P^* = \frac{P}{H_{розр}}; \quad (6.7)$$

$$P^{*1} = \frac{2,8}{3,5} = 0,8; \quad P^{*2} = \frac{8,4}{3,5} = 2,4; \quad P^{*3} = \frac{14}{3,5} = 4.$$

$$L^* = \frac{L}{H_{розр}}; \quad (6.8)$$

$$L^{*1} = L^{*2} = \dots = L^{*10} = \frac{15,1}{3,5} = 4,3.$$

Визначаємо значення умовної освітленості (e) за допомогою графіків лінійних ізолюкс [17], і потім систематизуємо отримані результати у таблицю 6.2.

При використанні декількох рядів світильників або їх частин для освітлення точки А, відносну освітленість визначають окремо від кожного ряду і після цього знаходять суму отриманих значень:

$$\sum e = 374 \text{ лк.}$$

Світловий потік, який генерується світловою лінією довжиною 1 м:

$$F' = \frac{1000 \cdot E_n \cdot k_3 \cdot H_{розр}}{\sum e_A \cdot \mu} \quad (6.9)$$

де μ – коефіцієнт додаткової освітленості, що враховує вплив світильників, розташованих на відстані, і відбитий світловий потік, застосовується для промислових приміщень, $\mu = 1,1$ [17];

$$k_3 = 1,3 \text{ [17]}$$

$$F' = \frac{1000 \cdot 150 \cdot 1,3 \cdot 3,5}{374 \cdot 1,1} = 1659 \frac{\text{лм}}{\text{м}}$$

Вибираємо світильники з однією лампою ЛБ 40-4, які мають світловий потік $\Phi_{л} = 3000$ лм, номінальну потужність $P_{лн} = 40$ Вт і довжину світильника $l_{св} = 1,214$ м.

Знаходимо необхідний світловий потік для одного ряду:

$$F_{ряда} = F' \cdot A \quad (6.10)$$

$$F_{ряда} = 1659 \cdot 30,2 = 50102 \text{ лм.}$$

Розраховуємо світловий потік, який випромінює світильник:

$$F_{св} = \Phi_{л} \cdot n \quad (6.11)$$

$$F_{св} = 3000 \cdot 1 = 3000 \text{ лм.}$$

Число джерел світла в одному ряду:

$$N_{ряда} = \frac{F_{ряда}}{F_{св}}, \quad (6.12)$$

$$N_{\text{ряда}} = \frac{50102}{3000} = 16,7 \text{ св.}$$

Обираємо 17 світильників.

Розриви між джерелами світла в ряду:

$$\Delta l = \frac{A - l_{\text{св}} \cdot N_{\text{ряда}}}{N_{\text{ряда}}}, \quad (6.13)$$

$$\Delta l = \frac{27,4 - 1,214 \cdot 17}{17} = 0,56 \text{ м.}$$

Перевірка умови неперервності ряду:

$$\Delta l_{\text{фак}} < 0,5 H_p; \quad (6.14)$$

$$0,56 \text{ м} < 1,75 \text{ м.}$$

Умова виконується, ряд неперервний.

Встановлена потужність освітлювальної установки в приміщенні цеху з виробництва олії:

$$P_{\text{вст}} = 1,25 \cdot P_l \cdot n \cdot N_A \cdot N_B; \quad (6.15)$$

$$P_{\text{вст}} = 1,25 \cdot 40 \cdot 1 \cdot 17 \cdot 5 = 4250 \text{ Вт.}$$

Величина питомої потужності освітлювальної установки в приміщенні цеху з виробництва олії:

$$P_{\text{вст}} = \frac{P_{\text{вст}}}{S}; \quad (6.16)$$

$$P_{\text{вст}} = \frac{4250}{827,5} = 5,1 \text{ Вт / м}^2.$$

6.5. Проектування освітлювальної електричної мережі

Розрахунок освітлювальної установки в інших допоміжних приміщеннях цеху з виробництва олії робимо за таким же алгоритмом. Результати розрахунку системи освітлення зведені до світлотехнічної відомості, а також розрахунок освітлювальної мережі цеху наведені у додатках. Схема електрична розташування освітлювальної установки на плані олійного цеху

та принципова схема освітлювальної мережі наведені на аркушах КІ 06.3.012. Е7 та КІ 06.3.012. Е3 графічної частини проекту.

7. ОХОРОНА ПРАЦІ

Організація роботи з охорони праці в цеху з виробництва соняшникової олії. На підприємстві, що займається виробництвом соняшникової олії, організація роботи з охорони праці є невід'ємною складовою ефективного функціонування. Планування заходів з охорони праці проводиться відповідно до вимог законодавства та внутрішніх положень підприємства. Ресурсне забезпечення на ці заходи здійснюється через відповідний бюджетний ресурс, що включає фінансування необхідних заходів технічного, матеріального та інформаційного характеру.

Умови колективного договору, які стосуються охорони праці, розробляються з урахуванням специфіки виробництва на підприємстві. Вони включають в себе права та обов'язки роботодавця та працівників у сфері безпеки й здоров'я, порядок проведення інструктажів та навчання з охорони праці, а також механізми вирішення конфліктних ситуацій.

Організація навчання з охорони праці на підприємстві передбачає наявність програм навчання, інструкцій з охорони праці, а також ведення журналів реєстрації проведених інструктажів та протоколів атестації. Ці заходи спрямовані на підвищення рівня безпеки та здоров'я працівників.

Забезпечення спецодягом, засобами індивідуального захисту та санітарно-побутовими умовами є однією з важливих складових системи охорони праці. Працівники мають доступ до необхідних засобів захисту та регулярно проходять інструктажі з їх правильного використання.

Відповідальність посадових осіб за роботу з охорони праці здійснюється відповідно до законодавства. Керівництво підприємства несе відповідальність за створення безпечних умов праці, а керівники відділів з охорони праці забезпечують контроль за їх виконанням на практиці [18, 19].

Небезпечні та шкідливі фактори при виконанні робіт в цеху з виробництва соняшникової олії. При виконанні робіт в цеху з виробництва

соняшникової олії існують різноманітні небезпечні та шкідливі фактори, які потенційно можуть загрожувати здоров'ю працівників. Одним із найбільш поширених є пил та пари, що утворюються під час обробки та переробки сировини. Їх вдихання може призвести до подразнення дихальних шляхів, а в деяких випадках навіть до розвитку алергічних реакцій або захворювань легень.

Також серед небезпечних факторів варто відзначити можливість травматичних пошкоджень, пов'язаних із роботою з обладнанням та механізмами виробництва. Недотримання правил безпеки при роботі зі складними механізмами може призвести до травмування працівників.

Додатково, велика увага також має бути приділена питанням пожежної безпеки. Внаслідок використання теплового обладнання та великої кількості органічних матеріалів може збільшуватися ризик виникнення пожежі. Тому необхідно забезпечити належний контроль над пожежною безпекою, вчасно проводити перевірки обладнання та здійснювати профілактичні заходи.

Крім того, важливо враховувати можливість отруєння робочими речовинами, які використовуються в процесі виробництва. Контакт з хімічними речовинами може мати негативний вплив на здоров'я працівників та призвести до отруєння.

Отже, ефективна організація охорони праці в цеху з виробництва соняшникової олії передбачає комплексний підхід до виявлення, аналізу та управління небезпечними та шкідливими факторами, що існують на робочому місці.

Рекомендації щодо впровадження безпечних і здорових умов праці при виконанні робіт в цеху з виробництва соняшникової олії. Для забезпечення безпечних і здорових умов праці в цеху з виробництва соняшникової олії рекомендується спрямовувати увагу на декілька ключових аспектів.

По-перше, необхідно регулярно проводити аналіз небезпечних та шкідливих факторів, що існують на робочому місці, та розробляти заходи їх запобігання та мінімізації. Це може включати в себе впровадження систем вентиляції та очищення повітря, регулярне технічне обслуговування

обладнання для попередження його аварійного стану, а також використання безпечних робочих матеріалів і речовин.

По-друге, необхідно забезпечити регулярне навчання працівників з питань охорони праці та безпеки. Це включає в себе навчання щодо правильного використання засобів індивідуального захисту, процедур поведінки в екстрених ситуаціях, а також розуміння потенційних ризиків та шляхів їх уникнення.

По-третє, важливо створити ефективну систему контролю за дотриманням норм безпеки на робочому місці. Це може включати в себе регулярні перевірки стану обладнання та робочого середовища, введення процедур реагування на порушення правил безпеки та відповідність їхньому коригуванню.

Нарешті, важливо підтримувати відкриту комунікацію між керівництвом і працівниками щодо питань безпеки і здоров'я на робочому місці. Пропагування культури безпеки та залучення працівників до процесу виявлення потенційних небезпек сприяє залученню їх до активної участі у забезпеченні безпеки на роботі.

8. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Проект реконструкції системи електрифікації олійного цеху ТОВ "Велетень" Сумської області та впровадження автоматизованої системи керування процесом виробництва соняшникової олії потребує комплексного техніко-економічного обґрунтування. Перш за все, важливо визначити поточний стан системи електрифікації цеху та виявити основні проблеми, що впливають на ефективність виробництва.

На основі цього аналізу можна визначити обсяг реконструкційних робіт, необхідних для підвищення якості та надійності електромережі. Крім того, важливо врахувати потреби цеху в автоматизованому керуванні процесом виробництва соняшникової олії з метою оптимізації виробничих процесів та зниження витрат на енергопостачання.

Техніко-економічне обґрунтування проекту передбачає розрахунок вартості реконструкційних робіт, впровадження автоматизованої системи керування та очікувані економічні результати від їх впровадження. Враховуючи витрати на матеріали, працю та обладнання, можна зробити прогнозовану оцінку ефективності проекту з урахуванням потенційних знижень у витратах на енергію, підвищення продуктивності та зменшення часу простою обладнання.

Загалом, техніко-економічне обґрунтування проекту реконструкції системи електрифікації олійного цеху та впровадження автоматизованої системи керування процесом виробництва соняшникової олії є ключовим етапом у процесі його реалізації. Воно дозволяє не лише оцінити ефективність вкладення коштів, але й забезпечити оптимальне використання ресурсів та максимальний економічний результат для підприємства.

У таблиці 9.1 наведено розрахункові витрати на придбання обладнання для модернізації системи електрифікації олійного цеху. Це включає в себе автоматизовану систему керування процесом віджиму олії та встановлення енергоефективного освітлення.

Таблиця 9.1 Розрахункові витрати на придбання обладнання для модернізації системи електрифікації олійного цеху

Найменування	К-ть, шт.,м.	Ціна за одиницю, грн.	Загальна вартість, грн.
Система освітлення олійного цеху			
Щит освітлювальний ЩО-9Н	1	750	750
Ввідний щит ПР11-3054	1	1250	1250
НСП01	6	225	1350
СПП200	1	350	350
ПВЛМ (2x40)	7	225	1575
ЛСП18 (1x40)	101	227	22927
Г 230-240-100	2	20	40
Б 220-230-60	1	18	18
ЛБ 40-4	115	42	4830
ЛХБ 150	8	105	840
Автоматичний вимикач Chint NXB-63 63 А, 3Р, С	1	279	279
Кабелі:			
ВВГнг-П (5x4)	3	65	195
Система керування віджимом соняшникової олії			
Диференційний автоматичний вимикач Chint NB310L/3N 3P+N С40 30мА	1	2155	2155
Автоматичний вимикач Chint NXB-63 С16 А, 3Р, С	1	255	255
Магнітний пускач Chint NXC-12 220В 1NO+1NC	1	320	320
Теплове реле CHINT NXR-25 I _r =12-18А	1	397	397
Індикатор Chint ND16-22D/2 АС/DC 230В	1	100	100
Терморегулятор DigiTOP ТК-4Н	2	2500	5000
Перемикач кулачковий Chint LW32-32/3 "1-0-2" 32А 3Р	1	350	350
Разом:			56925

Якщо взяти 40% від загальної суми капіталовкладень як витрати на монтаж, то загальні капіталовкладення будуть складати:

$$K_{заг} = K_{обл} + K_{монт} \quad (9.1)$$

$$K_{заг} = 56925 + (56925 \cdot 0,4) = 79695 \text{ грн.}$$

Переведення системи електрифікації у режим реконструкції дозволить використовувати енергоефективне обладнання, що в свою чергу знизить споживання електроенергії і зменшить експлуатаційні витрати на 10-15% [21].

Після проведення реконструкції витрати електроенергії в олійному цеху цеху зменшаться і будуть становити [21]:

$$W_n = W_{\bar{o}} - \frac{W_{\bar{o}} \cdot k}{100}, \quad (9.2)$$

де $W_{\bar{o}}$ – витрати електроенергії в олійному цеху до впровадження модернізації системи, кВт·год; $W_{\bar{o}} = 85000 \text{ кВт} \cdot \text{год}$.

$$W_n = 85000 - \frac{85000 \cdot 10}{100} = 77000 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Сума грошових заощаджень від скорочення споживання електроенергії буде становити [21]:

$$E_{ел} = (W_{\bar{o}} - W_{np}) \cdot C, \quad (9.3)$$

де C – ціна за спожиту електроенергію, грн/кВт·год.

$$E_{ел} = (85000 - 77000) \cdot 4 = 32000 \text{ грн.}$$

Термін окупності капіталовкладень [21]:

$$T_{ок} = \frac{K_{заг}}{E_{ел}}, \quad (9.4)$$

$$T_{ок} = \frac{79695}{32000} = 2,5 \text{ років}$$

Коефіцієнт економічної ефективності [18]:

$$E_{e.e.} = \frac{E_{ел}}{K_{заг}}, \quad (9.5)$$

$$E_{e.e.} = \frac{32000}{79695} = 0,4.$$

Інформація щодо показників економічної ефективності проекту реконструкції системи електрифікації олійного цеху, включаючи розробку детальної автоматизації процесу отримання олії, подана на графічній частині листа КП 06.3.012. ТБ.

Висновки. Автоматизація системи виробництва соняшникової олії та впровадження енергоефективної системи освітлення в олійному цеху дозволить скоротити споживання електроенергії на 8 тис. кВт·год на рік, що зменшить витрати коштів на оплату спожитої електроенергії на суму 32000 грн на рік.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційному проєкті проведено реконструкцію системи електрифікації цеху з виробництва соняшникової олії ТОВ «ВЕЛЕТЕНЬ» Шосткинського району Сумської області з розробкою системи автоматизованого керування процесом виробництва олії.

Автоматизація системи віджиму соняшникової олії та встановлення енергоефективних джерел світла та сучасних типів електротехнічної продукції в олійному цеху дозволить:

- оптимізувати виробничі процеси, скорочуючи час, потрібний для виготовлення продукції, що може збільшити загальний обсяг виробництва без збільшення витрат на ресурси або працю;

- зменшити споживання електроенергії за рахунок використання сучасних світильників, які споживають менше енергії і мають довший термін служби, допоможе знизити витрати на електроенергію і зменшить вплив на навколишнє середовище;

Автоматизація системи виробництва соняшникової олії та впровадження енергоефективної системи освітлення в олійному цеху дозволить скоротити споживання електроенергії на 8 тис. кВт·год на рік, що зменшить витрати коштів на оплату спожитої електроенергії на суму 32000 грн. на рік. Термін окупності впровадження розроблених рішень складає 2,5 років.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ТОВ «ВЕЛЕТЕНЬ». Офіційний сайт. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://veleten.com.ua/>.
2. ТОВ «ВЕЛЕТЕНЬ». Оpendatabot. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://opendatabot.ua/c/03778450>.
3. Оптимізація виробництва олійної сировини в Україні до 2025 року (методичні рекомендації). Видання четверте, доповнене). Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. Інститут олійних культур НААН. СГП-НЦНС, 2020. – 108 с.
4. Глуханюк, А. Р. , Кузьмінчук, Т. А. , Чижович, Р. А. , Семенишин, Є. М., Іващук, О. С. (2020). Дослідження впливу ступеня подрібнення та природи полярних розчинників на ефективність вилучення олії з рослинної сировини екстракційним методом. *Chemistry, Technology and Application of Substances*, 3(1), 161-168.
5. Бандура, В., Маренченко, О., & Пилипенко, Є. (2017). Енергетичний моніторинг олійного виробництва. *Scientific Works*, 81(1). <https://doi.org/10.15673/swonaft.v81i1.671>.
6. Harish, N., Anil Kumar, K., D. Srinivas & Sivala Kumar. (2017). Review on Oil Extraction Techniques. *International Journal of Agricultural Science and Research (IJASR)*, 567-576
- 7 . Семенишин, Є.М., Іващук, О.С., Римар, Т.І. (2018). Дослідження кінетики екстрагування олії з рослинної сировини органічними розчинниками. *Вісник НУ „Львівська політехніка”*. Хімія, технологія речовин та їх застосування, 886, 177-184.
8. ПУЕ. Правила улаштування електроустановок (перше переглянута, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання, станом на 21.08.2017).

9. Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК : підручник / І. І. Мартиненко, В. П. Лисенко, Л. П. Тищенко, І. М. Болбот, П. В. Олійник. – К.: НМЦ Мін-ва аграрної політики України, 2008. – 330 с; 2020. – 330 с.
10. Електропривод с.г. машин, агрегатів та потокових ліній. Є.Л. Жулай, Б.В. Зайцев, Ю.М. Лавриненко, О.С. Марченко, Д.Г. Войтюк. За ред. Жулая Є.Л. – Вища освіта, 2001. – 288 с.
11. Каталог електричних двигунів АИР. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://xn--80aqy.com.ua/uk/katalog_elektrovyguniv_air/.
12. Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК : підручник / І. І. Мартиненко, В. П. Лисенко, Л. П. Тищенко, І. М. Болбот, П. В. Олійник. – К.: НМЦ Мін-ва аграрної політики України, 2008. – 330 с; 2020. – 330 с.
13. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник / Барало О.В., Самойленко П.Г., Гранат С.Є., Ковальов В.О. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557 с.
14. Каталог кабельної продукції. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.avtomats.com.ua/3307-wire_apv.html.
15. Каталог електротехнічної продукції CHINT. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://chint.ua/modulnoe-oborudovanie-new>.
16. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Електричне освітлення та опромінення» для студентів факультету енергетики і автоматики / Л.С. Червінський, Л.О. Сторожук, Б.М. Ковалишин – Київ, НУБіП, 2014 р. – 63 с.
17. Кушлик Р.В., Яковлев В.Ф., Куценко Ю.М., Лисиченко М.Л., Кунденко М.П., Федюшко Ю.М. Електричне освітлення та опромінення: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. Х: ТОВ «Планетапрінт», 2016. 332 с.
18. Закон України "Про охорону праці" від 14 жовтня 1992 р. (Редакція станом на 20.01.2018).
19. Яковлев В. Ф., Барсукова Г. В. Методичні вказівки до виконання розділу «Екологічна експертиза» в випускних роботах здобувачами вищої

освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальностей 2 першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. – Суми: СНАУ, 2021.– 12 с.

20. Кравець О.В. Методичні вказівки до економічної частини дипломних проектів ФЕСВ / О.В. Кравець, М. І. Стручаєв. – Мелітополь : ТДАТА, 2004. – 15 с.