

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення та дослідження автоматизованої системи керування технологічним процесом виробництва цегли на базі платформи FIT

Виконав: студент

VI курсу, групи КТм-61

спеціальності

174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Сидорко Ю.Д.
(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Стухляк Д.П.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Левицький В.В.
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Микитишин А.Г.
(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Дмитрів О.Р.
(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)
Кафедра Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Микитишин А.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка
(шифр і назва спеціальності)
Студенту Сидорко Юрій Дмитрович
(прізвище, ім'я, по батькові)
1. Тема роботи Розроблення та дослідження автоматизованої системи керування
Технологічним процесом виробництва цегли на базі платформи FIT
Керівник роботи Стухляк Д.П., к.т.н., доцент кафедри КТ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
Затверджені наказом ректора від «29» 10 2024 року № 4/7-1030
2. Термін подання студентом завершеної роботи 23 грудня 2024р.
3. Вихідні дані до роботи Наукові публікації про процес виготовлення цегли

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
1 Аналітична частина: Опис виробництва та постановка задачі, виробничі системи.
Бережливе, гнучке та стає виробництво. 2 Технологічна частина: Класифікація машин та
Технологія виробництва дірчастої цегли. 3 Конструкторська частина: Методологія
моделювання, розробка системи інтернет речей та інтеграція IoT з додатком. 4 Науково-
дослідна частина: проведено дослідження з моделюванням стійкості різних агрегатів до
витривалості під час роботи. 5 Спеціальна частина: Опис програмного забезпечення
ANSYS 6 Організація охорони праці при роботі з сис. управління, розрахунок заземлення.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
1 Тема роботи та виконавці. 2 Актуальність роботи. 3 Мета роботи, об'єкт дослідження,
предмет дослідження. 4 Цілі та завдання, які необхідно було вирішити. 5 Модель гнучкого
виробництва. 6 Стратегії FIT-Sigma. 7 Схема імітаційної моделі. 8 Розробка системи IoT.
9 Інтерфейс платформи IoT. 10 Дослідження з моделюванням стійкості. 11 Висновки
12 Фінальний.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці			
Безпека в надзвичайних ситуаціях			

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	25.11.2024	Виконано
2.	Підбір наукових джерел по темі роботи	26.11.2024-28.11.2024	Виконано
3.	Опрацювання наукових публікацій та збір даних по темі роботи	29.11.2024-1.12.2024	Виконано
4.	Виконання дослідження згідно мети кваліфікаційної роботи	2.12.2024-4.12.2024	Виконано
5.	Оформлення першого та другого розділів	5.12.2024-7.12.2024	Виконано
6.	Оформлення третього розділу	8.12.2024-10.12.2024	Виконано
7.	Оформлення розділу четвертого розділу	11.12.2024-13.12.2024	Виконано
8.	Виконання завдання до підрозділу «Охорона праці»	14.12.2024-15.12.2024	Виконано
9.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека в надзвичайних ситуаціях»	16.12.2024-17.12.2024	Виконано
10.	Оформлення кваліфікаційної роботи	18.12.2024-19.12.2024	Виконано
11.	Нормоконтроль	19.12.2024-20.12.2024	Виконано
12.	Перевірка на плагіат	21.12.2024	Виконано
13.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	22.12.2024	Виконано
14.	Захист кваліфікаційної роботи		

Студент

(підпис)

Сидорко Ю.Д.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Стухляк Д.П.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра яка складається з записки та графічної частини та ілюстративний матеріал – слайди. Об'єм ілюстративного матеріалу дипломної роботи становить 12 слайдів.

Об'єм пояснювальної записки складає 86 друкованих сторінок формату А4.

У роботі було проведено розробка та дослідження автоматизованої системи керування технологічним процесом виробництва цегли на базі платформи FІT.

Було розглянуто основні аспекти процесу формування цегли, основні параметри, як необхідно контролювати. Також було встановлено, що процес має характерні особливості та вимагає активного процесу керування в режимі реального часу.

Для побудови автоматизованої системи було описано технічні характеристики виробничої лінії виготовлення цегли, розроблено конфігурацію системи, описано основні функції керування.

В роботі було розроблено систему автоматизованого керування процесом виготовлення цегли з використанням технології FІT. На основі аналізу основних залежностей та моделей процесу виготовлення було розроблено ефективну систему керування на базі контролера ARDUINO.

Впровадження розробленої системи забезпечить покращення якості виробництва цегли та зменшення кількості браку на виробництві.

Інтелектуальна інтегрована машина для виробництва цегли була розроблена, щоб забезпечити прийнятну продуктивність із доступними інвестиціями. Це автоматизована модель із простим алгоритмом. Це багатофункціональна машина, яка може виготовляти різні види цегли високої якості, просто змінивши форму. Виробнича собівартість машини складає лише близько сорока чотирьох тисяч шістсот п'ятдесяти. Машина була розроблена для виконання завдання протягом короткого періоду часу. Це

може досягти масового виробництва, що підвищує ефективність заводу, що зменшує робоче навантаження, а також знижує вартість виробництва.

Цегла є важливою вимогою для будівництва та основним доходом для багатьох людей в Індії. Дитяча праця є однією з важливих проблем, яка, як не дивно, здебільшого задіяна у виробництві цегли. Це може зменшити дитячу працю, використовуючи автоматичну машину для виготовлення цегли. Прийняття цих машин дозволить підвищити продуктивність підприємства. У майбутньому буде великий попит на різні типи цегли, які можна отримати за допомогою автоматизованих машин для виробництва цегли. Нижче наведені рекомендації.

- Датчик температури можна розмістити поблизу двигуна, який може сприймати вищий діапазон температури та подавати сповіщення як тривогу.
- Верстат можна зробити рухомим.
- Конвеєрну стрічку можна прикріпити на вихідній стороні для збору викинутої цегли.

Ключові слова: КОНТРОЛЕР, ЦЕГЛА, АВТОМАТИЗОВАНА ЛІНІЯ, ШЛАК, АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1.1. Опис виробництва, та постановка задачі.....	8
Виробничі системи.....	8
Бережливе виробництво	11
Гнучке виробництво.....	11
Стале виробництво	12
1.2 Перспектива виробництва FIT	13
1.3 Потреба у виробництві FIT	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	21
2.1 Технологія виробництва обпаленої дірчастої цегли	21
2.2 Класифікація машини для виготовлення цегли	27
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	31
3.1 Методологія моделювання.....	31
3.2 Розробка системи IoT.....	46
3.3 Інтеграція з додатком Smart IoT.....	49
4. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	54
5.1 Опис програмного забезпечення ANSYS	66
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	72
6.1 Організація охорони праці при роботі з системою управління	72
6.2 Електробезпека	74
6.3 Розрахунок заземлення	77
ОСНОВНІ ВИСНОВКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	81
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	83

ВСТУП

У зв'язку з розвитком промислових технологій і зростанням їхньої доступності для широкого кола виробників, можна прогнозувати, що дедалі більше галузей будуть інтегрувати автоматизовані рішення у свою діяльність. Зокрема, автоматизація у виробничій сфері спрямована на підвищення якості продукції, продуктивності праці та забезпечення стабільності виробничих процесів.

Напіваавтоматизовані процеси реалізують автоматизацію в межах параметрів, визначених оператором. Такі процеси характеризуються підвищеною гнучкістю у виробничій діяльності, оскільки дозволяють задавати широкий спектр налаштувань, а також здійснювати проміжний контроль якості та коригування для забезпечення відповідності технологічним вимогам. У цих процесах людино-машинний інтерфейс відіграє ключову роль, забезпечуючи передачу необхідних параметрів автоматизації та управління окремими елементами виробничої системи. У контексті виробництва цегли особливого значення набуває застосування технології FIT.

Технологія FIT базується на управлінських і виробничих принципах, що спрямовані на створення доданої вартості шляхом усунення втрат і оптимізації ресурсів. Її основними аспектами є зменшення часу на виробничі та логістичні процеси за допомогою впровадження передових систем Інтернету речей (IoT).

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Опис виробництва, та постановка задачі.

Підвищення продуктивності та зменшення відходів завжди стоїть в центрі уваги сучасного виробництва. Яскравими прикладами передових виробничих стратегій є загальне управління якістю, "точно в строк", реінжиніринг бізнес-процесів, гнучке виробництво, ощадливе виробництво та "Шість сигм". Багато з них досягли успіху за різних умов. Організації висловлюють гордість, асоціюючи себе зі стратегією виробництва, яку вони застосовують.

Існує ймовірність, що ці інноваційні методи можуть вважатися непридатними як довгострокова стратегія, незважаючи на їх здатність забезпечувати короткострокові економічні вигоди, оскільки робоча сила часто повертається до попередніх моделей роботи. Доречність цього припущення залишається предметом обговорення, оскільки дедалі більше виробничих компаній інтегрують сучасні виробничі стратегії у свою діяльність.

Виробничі системи

Сучасні виробничі системи стали більш складними та автоматизованими порівняно з традиційними моделями, які базувалися на людях, як основному ресурсі. Виробництво розглядалося як трансформаційний процес. Його класифікували як систему, яка перетворює сировину на продукти. У цьому процесі цінність продукту зростає.

Це було класифіковано у вхідні дані, які перетворюються на вихідні. Існує твердження, що "виробничі системи залучають багато людей і існують для того, щоб служити людям, і чітке визнання цього фундаментального моменту має вирішальне значення для ефективного контролю". Це можна порівняти з останніми змінами у сфері виробничих систем завдяки

впровадженню Індустрії 4.0 як стандарту для наслідування, яка фокусується більше на технологіях, ніж на людях.

Виробничі системи, які підлягають змінам, були класифіковані як «гнучкі». «Гнучку виробничу систему (FMS) визначають як інтегрований, керований комп'ютером комплекс автоматизованих пристроїв обробки матеріалів і верстатів з числовим програмним керуванням, які можуть одночасно обробляти середні обсяги різних типів деталей». Це визначення в порівнянні з передовими автоматизованими фабриками все ще актуальне та показує зростання сектора та зміни. Варто зазначити, що загальна зміна пов'язана з прогресом технологій, а не філософією, що стоїть за цим.

наступні 8 гнучких навичок є життєво важливими для функціонування виробничого сектору:

- a) Гнучкість машини
- b) Гнучкість процесу
- c) Гнучкість продукту
- d) Гнучкість маршрутизації
- e) Гнучкість обсягу
- f) Гнучкість розширення
- g) Гнучкість роботи
- h) Гнучкість виробництва

Іншою концепцією виробничої системи була Reconfigurable Manufacturing System (RMS). Основних характеристик наведено нижче:

- a. *Автоматизованість: можливість змінювати ступінь автоматизації та підвищувати або знижувати рівень автоматизації на рівні збірки.*
- b. *Діагностичність: здатність системи автоматично визначати поточну ситуацію і розуміти дефекти у виробництві та причину відхилень. Таким чином, ця система може контролювати операціями.*
- c. *Модульність: спосіб, у який різні елементи виробничої одиниці змінюються відповідно до вимог виробничого плану і отримання*

найкращої оптимальної компоновки для задоволення виробничих потреб.

- d. *Конвертованість*: здатність системи переходити від однієї функції до іншої всередині системи. Наприклад, машини, інструменти та інтерфейси керування для задоволення нових вимог виробництва.
- e. *Масштабованість*: здатність системи легко змінювати поточний обсяг виробництва шляхом змін в організації виробничої системи (зміна компонентів).
- f. *Інтегрованість*: здатність системи поєднувати всі існуючі модулі. Це має бути швидким і точним, і для цього система використовуватиме різні інтерфейси (механічні, електричні тощо).
- g. *Мобільність*: можливість переміщати всю систему або змінювати розташування елементів чи підчастин.

Ці системи перетворилися на останній стандарт Industry 4.0, який поєднує виробничі технології вбудованої системи та інтелектуальні виробничі процеси. Історія промислової революції була спроектована, як показано в Рис.1.1.

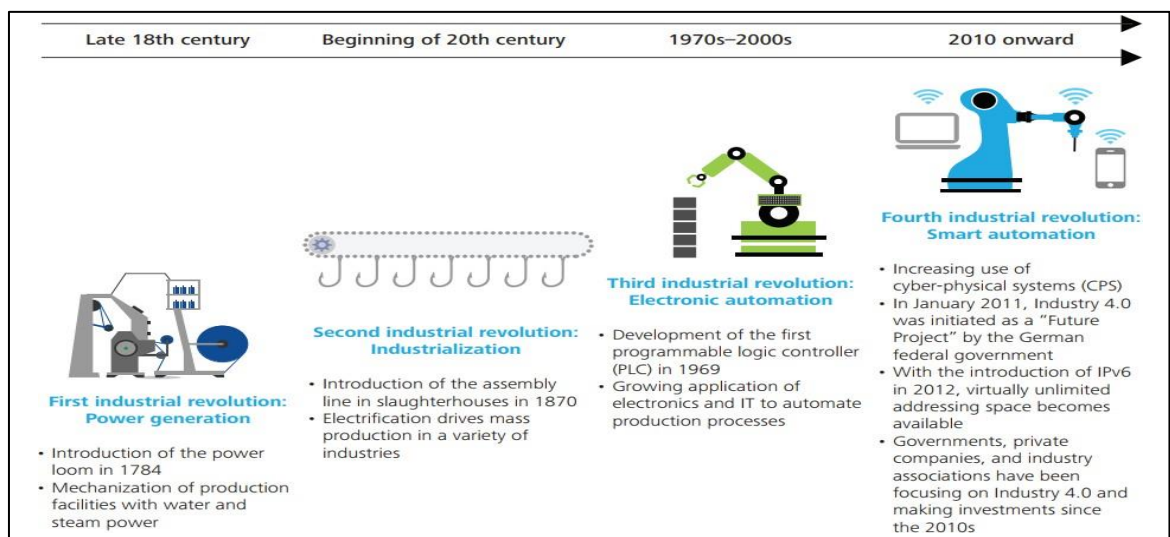


Рисунок 1.1: Історія промислових революцій

У поточній роботі особлива увага приділяється впровадженню виробництва FIT, компоненти якого пояснюються нижче.

Бережливе виробництво

Це набір виробничих принципів або принципів управління, які зосереджуються на доданій вартості шляхом усунення відходів. Концепція розроблена з точки зору замовника. Термін «цінність» визначається як будь-який процес або дія, за яку клієнт готовий заплатити. Таким чином, все інше класифікується як відходи і зводиться до мінімуму. Ощадливе виробництво розвинулося з виробничої системи Toyota (TPS) у 1990-х роках.

Історія успіху очевидна, оскільки більшість підприємств розвинених країн застосовують технології економії у виробництві.

Однак, стійкість принципів бережливого виробництва часто ставиться під сумнів. Стверджується, що успіх ощадливого виробництва в компаніях часто відображає класичну криву змін - поліпшення продуктивності після втручання відбувається стрімко, за яким слідує стійке зниження до базового рівня, а іноді навіть нижче базового рівня».

Вважається, що бережливе виробництво не має можливості реалізувати цілісний підхід, оскільки він в основному керується процесом. Залучення інформаційних технологій у виробництво, стилі керівництва, довгострокова стратегія – це інші сфери, які ощадливе виробництво не стосується.

Гнучке виробництво

Здатність організації швидко адаптуватися до мінливих вимог клієнтів і коливань ринку прийнято називати гнучкістю. Це дає компанії конкурентну перевагу, оскільки вона може постачати свою продукцію швидше, ніж її конкуренти.

Якщо бережливе виробництво зосереджується на додаванні вартості через зменшення відходів, то гнучкість зосереджується на швидкому реагуванні на вимоги клієнтів. Вважається, що гнучке виробництво базується на ощадливому виробництві.

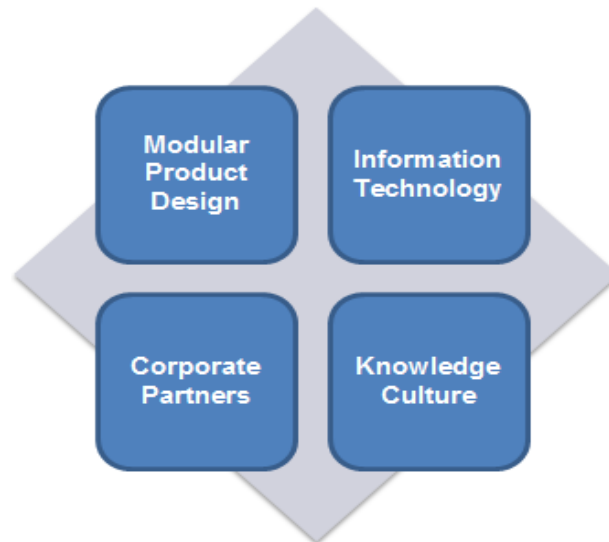


Рисунок 1.2: Модель гнучкого виробництва

Ключові елементи гнучкості, показані на Рис. 1.2:

- Модульний дизайн продукту: проектування продуктів за модульним принципом, що дозволяє швидко реагувати на зміни.
- Інформаційні технології.
- Корпоративні партнери.
- Культура знань: вказує на інвестиції в працівників для сприяння швидким змінам.

Гнучкі виробники визначають свій виробничий процес таким чином, щоб він міг швидко реагувати на вимоги клієнтів без значних капіталовкладень.

Стале виробництво

Здатність організації проникати на нові ринки, розширюватися та процвітати за рахунок вдосконалення продукції та диверсифікації споживачів називається стійкістю. Це не просто стратегія проникнення на нові ринки при збереженні поточних виробничих потужностей. Стійкість — це здатність задовольняти поточні потреби, а також здатність майбутніх поколінь задовольняти майбутні вимоги.

Оскільки бережливе та гнучке виробництво не стосується аспекту проникнення на новий ринок, стійкість має вирішальне значення для розвитку бізнесу та майбутнього компанії.

Вважаючи організацію лише бережливою та гнучкою, а не стійкою, це лише питання часу, щоб зростання операційних витрат відповідало продажам, що штовхає компанію до збитків.

Таким чином, поєднання бережливого, гнучкого та сталого виробництва є необхідним у довгостроковій перспективі, щоб будь-яка виробнича організація була стабільно прибутковою. Це основна ідея виробничої структури FIT.

1.2 Перспектива виробництва FIT

FIT-компанії визначаються як ощадливі, гнучкі та стійкі одночасно на різних рівнях. Ощадливість фокусується на доданій вартості та відходах скорочення для підвищення ефективності, що призводить до збільшення виробництва. Гнучкість - це здатність адаптуватися до мінливих вимог та обставин за мінімальний час. Стійкість означає ідею постійного оновлення процесів і інновацій продуктів разом із виявленням нових ринкових можливостей.

Адаптивність враховує аспекти ощадливості та гнучкості, водночас поєднуючи переваги обох підходів. Адаптивність — це концепція, яка найкраще підходить для всього ланцюжка поставок. Адаптивний ланцюг поставок розділяє принципи ощадливості та гнучкості через точку розмежування. Метою адаптивного ланцюга поставок залишається відкласти продукцію якомога далі до кінцевого споживача, щоб ефективно впоратися з ситуацією, пов'язаною з коливаннями попиту. Концепція FIT ще більше розвиває ідею поєднання різних виробничих моделей з максимальною вигодою для підприємства.

Вважається, що прийняття виробничої структури FIT (FIT Manufacturing Framework або FMF) допоможе виробничим компаніям підвищити свою операційну ефективність і економічну стійкість. Концепція базується на інтеграції інноваційних підходів до існуючих виробничих ідей.

Отже, згідно з наведеним вище визначенням, компанія має бути ощадливою, гнучкою та стійкою, щоб її можна було класифікувати як підприємство FIT.

1.3 Потреба у виробництві FIT

Доведено, що бережливе та гнучке виробництво забезпечує бажані результати. Але ефективність бережливого та гнучкого виробництва залежить від попиту та обсягів виробництва. Вони менш ефективні для компаній, чий продукт вимагають більшого рівня налаштування, залишаючи компанію в невідгідному становищі. Однак вважається, що ощадливий підхід не включає стратегію, процеси, лідерство та технології.

FMF пропонує цілісний підхід, який можна застосувати в будь-якій виробничій компанії для підвищення ефективності.

Стратегії для виробничої компанії, щоб стати FIT

Існують різні стратегії для оцінки придатності компанії або для перетворення виробничої компанії на FIT-компанію:

- **Фокус:** однією з головних визначених ідей, яка покращує придатність компанії, є зосередженість на меті. Орієнтація на ціль змушує компанію зосереджувати зусилля на результатах, що призводить до збільшення вартості та зменшення відходів.
- **Важелі:** Компанії, які використовують силу для покращення різних розділів, таких як фінанси, ресурси та людські елементи для максимізації виробництва, сприяють підвищенню придатності компанії.
- **Імпульс:** Вважається, що придатна компанія використовує імпульс у комерційному середовищі на свою користь.

Кожна виробнича фірма різною мірою бере участь у всіх цих різних аспектах. Отже, всі виробничі компанії можна, безперечно, визначити як придатні до FIT. Це створює плутанину під час спроби визначити придатність компанії.

Таким чином, для того, щоб компанію можна було ефективно назвати придатною виробничою фірмою, має бути певний рівень бережливості, гнучкості та стійкості. Отже, виникає необхідність кількісно оцінити або визначити придатність компанії.

Відповідна виробнича компанія не лише максимізує свій потенціал, але й проникає на нові ринки, заохочує розробку нових продуктів залежно від життєздатності ідеї продукту.

FMF розбивається на 3 етапи: основний, операційний і бізнес. Рух є послідовним, починаючи з основного, операційного і потім бізнесового. До наступного етапу можна приступати тільки після успішного завершення попереднього.

Нижче наведено короткий опис стратегії на кожному етапі:

Ядро

Першим кроком є створення однієї об'єднаної стратегії, яка об'єднує маркетингову, виробничу, операційну та всі відповідні ключові стратегії в одному документі. Це перший крок, який необхідно зробити для впровадження FMF. Мета створення однієї основної стратегії полягає в тому, щоб забезпечити існування лише одного бачення для всієї організації, яка керує всіма аспектами, такими як маркетинг, виробництво, операції тощо.

Наступним запропонованим кроком є проведення фінансового аналізу компанії, метою якого є визначення прибутковості кожного продукту, фінансового профілю компанії та потенціалу підтримки подальших змін.

Одночасно компанія повинна визначити конкурентів, клієнтів і потенційні ринки. Також важливо визначити життєвий цикл продукту, якщо

він доречний, і ця інформація дозволяє компанії розробляти стратегії для максимізації ефективності.

Останній етап, запропонований в основі FMF, полягає в аудиті та визначенні поточної бази знань і набору навичок персоналу. Це включає аналіз управлінських і лідерських навичок усіх працівників, а також навичок на виробництві. Це має на меті виявити прогалину в навичках і ресурсах у компанії, які дозволять їм розробити стратегію для задоволення майбутніх вимог і відповідності баченню компанії.

Коли організація успішно завершує етап «Основної», вона переходить до операційного етапу.

Операційний

Відправною точкою в розробці операційної стратегії є наявність чіткого плану сталого розвитку. Операційна стратегія визначається відповідно до плану сталого розвитку, спрямованого на збільшення прибутку та скорочення витрат. У цьому розділі обговорюються ідеї щодо нових продуктів і потреби клієнтів.

Вимоги до ощадливості та гнучкості визначаються та обговорюються в рамках операційної роботи FMF. При цьому потрібен комплексний підхід етап, щоб визначити правильну вимогу до бережливості/гнучкості. Компанії, які масово виробляють однакові набори продуктів, більше зосереджуються на зменшенні відходів, тобто бережливості, тоді як компанії, які виживають завдяки виготовленим на замовлення продукції, зосереджуються на факторі гнучкості.

Результатом цього етапу є чітко визначена операційна стратегія для компанії, яка пов'язана з основною стратегією.

Бізнес

Основна відмінність придатної виробничої бізнес-системи від бережливої чи гнучкої полягає в багатоваріантному підході. Відповідна виробнича система — це не лише здатність змінюватися, але й адаптуватися

до змін у вимогах клієнтів і коливаннях ринку. Компанія швидше реагує на зміни обставин.

Метою розробки трьох основних стратегій: основної, операційної та бізнес-стратегії є підтримувати одна одну та підтримувати єдине бачення компанії, оскільки розробка кожного етапу, що спирається на наступний, робить реалізацію ефективнішою. Вони служать точками контролю якості.

Кейс-стаді

Ефективність FMF описана в прикладі, представленому в статті. Для дослідження ефективності FMF було обрано шість аналогічних компаній (МСП). Три компанії розробляли FMF протягом 2 років, а дві інші компанії впроваджували принципи економії лише для того, щоб виявити різницю.

Ефективність FMF вимірювалася за допомогою чотирьох ключових показників ефективності (KPI), а саме:

- Загальна ефективність обладнання (OEE)
- Термін виготовлення від точки запиту
- Своєчасна доставка (OTD)
- Внесок валової доданої вартості (ВДВ).

Результати на основі KPI після 2-річного застосування FMF наведені на рисунках нижче.

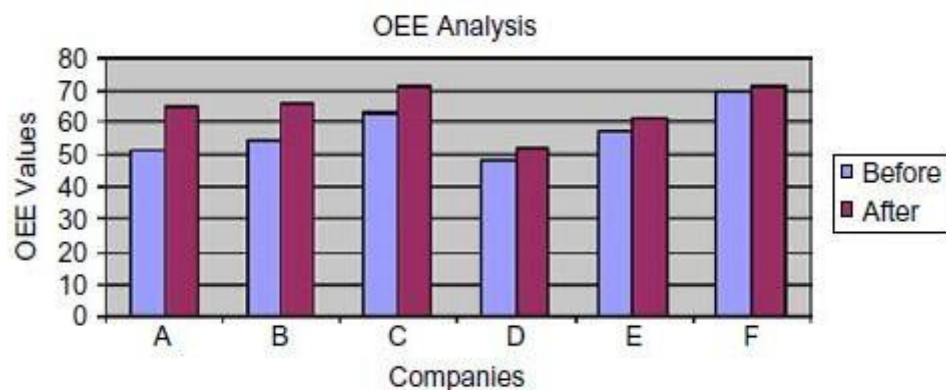


Рисунок 1.3: OEE

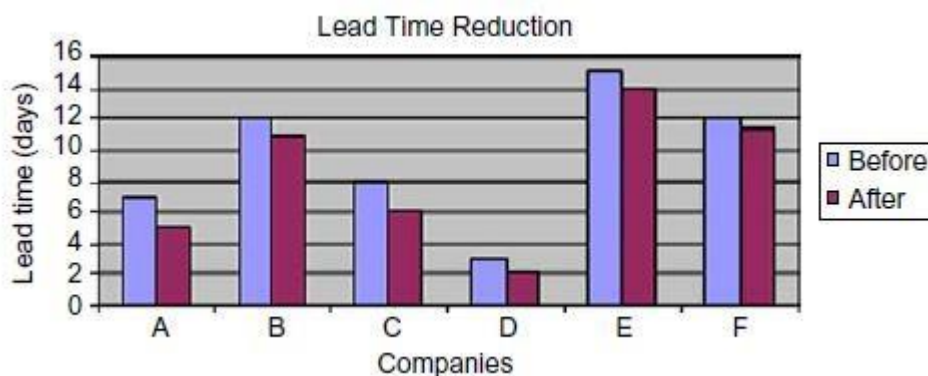


Рисунок 1.4: Скорочення часу виконання



Рисунок 1.5: Своєчасна доставка

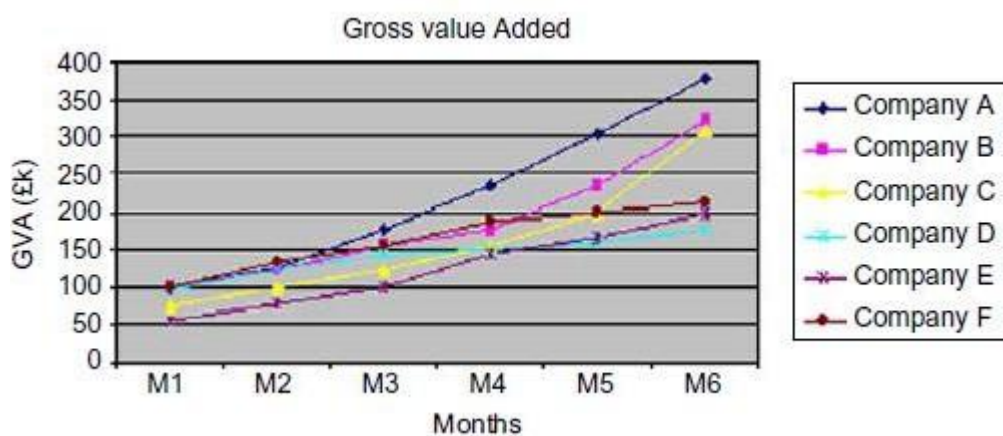


Рисунок 1.6: Валова додана вартість

Для всіх відібраних компаній у всьому діапазоні KPI відзначено значні покращення на 10-20%, що чітко вказує на ефективність впровадження FMF.

Хоча ефективність FMF безсумнівно доведена, слід відзначити, що робоча сила схильна дотримуватись традиційних методів роботи. Це ускладнює кількісну оцінку масштабів застосування FMF, а окремі внески

економічного, гнучкого та сталого виробництва досі не зрозумілі. Також необхідно докласти зусиль для мінімізації впливу шумових факторів.

FIT Sigma – інтегрована стратегія сталого розвитку виробництва

Пропонована конструкція системи керування наведена на рисунку 1.7.

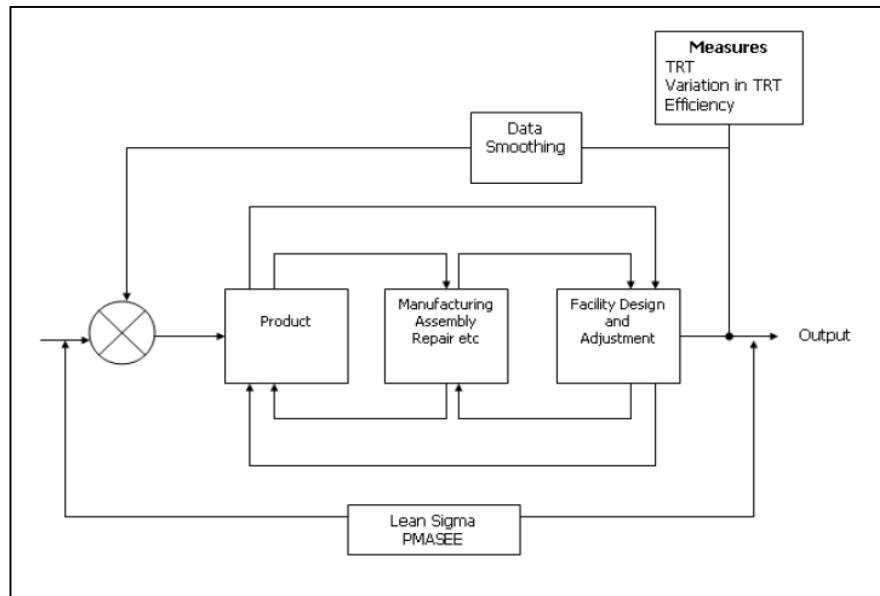


Рисунок 1.7: Система керування FIT Sigma

Стратегії FIT-Sigma включає:

- Високоєфективна система ланцюга поставок
- Комбінована система економічного та гнучкого виробництва та
- Розробка системи стійкості.

Таким чином, цілісна структура FIT-Sigma об'єднує принципи ощадливості, гнучкості та шести сигм для підвищення економічної стійкості.

Але знову ж таки, запропонована тут теоретична модель FIT-Sigma не має підтверджених результатів. Немає очікуваних кількісних переваг. Усі компанії вже будуть використовувати більшість із цих принципів у формі спроб зменшити відходи, покращити економічну стабільність тощо. Таким чином, важливо визначити, де знаходиться компанія в масштабі речей, і визначити потенційні покращення. Необхідно визначити різні стратегії FIT залежно від галузі та розміру, наприклад МСП або великі фірми, сектори послуг або виробничі фірми тощо.

Впровадження прогресивної технології виробництва

Попередньо визначені якісні та кількісні дані були зібрані під час опитування, яке наведено нижче для компаній, які впровадили та ще не впровадили АМТ.

- Фінансові дані
- Профіль компанії
- Тип бізнесу
- Ставлення до техніки
- Ставлення до розвитку бізнесу
- Операційний процес
- Робочий процес
- ІТ, інформаційно-комунікаційний процес

Найважливішим висновком опитування є нездатність змінити культуру в компанії. Існує також небажання визнавати всі переваги АМТ. Етап впровадження було визначено як найскладніший етап, на якому відбувається максимальна кількість відмов. Розмір компанії також відіграв важливу роль у впровадженні АМТ.

Малим і середнім підприємствам також не вдалося виміряти вплив впровадження АМТ, оскільки їм бракувало контрольного показника, за яким можна було б вимірювати. Наведена модель FIT показує структуру, яку можна застосувати до різних сценаріїв.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Зі швидким розвитком урбанізації та збільшенням площі житлового будівництва зростає попит на вироби з цегли та черепиці. У той же час традиційний процес виробництва обпаленої повнотілої цегли мав багато недоліків, таких як низька автоматизація, високий рівень забруднення та споживання енергії. Це не тільки важко задовольнити зростаючий ринковий попит з точки зору виробничих потужностей, але це також приносить величезне забруднення навколишньому середовищу. Тоді як обпалена перфорована цегла може значно заощадити земельні ресурси та паливо, а також зменшити споживання газу та заощадити кошти.

У процесі виробництва обпаленої дірчастої цегли актуальним стає удосконалення технології виробництва. У той же час розробка та вдосконалення механічного обладнання, яке відповідає виробництву обпаленої перфорованої цегли, стало новою можливістю та викликом для виробників машин для цегли та плитки.

2.1 Технологія виробництва обпаленої дірчастої цегли

Технологія виробництва обпаленої перфорованої цегли в основному поділяється на чотири частини:

1. Сировина підготовка;
- Формування зеленої цегли;
- Сушка напівфабрикату;

Випал готового продукту. Взаємозалежність чотирьох частин впливає на якість готової цегли.

Підготовка сировини

Найдавнішу обпалену цеглу виготовляли переважно з глини. Але розробка глин завдала шкоди земельним ресурсам. В даний час глину як основну сировину для випаленої дірчастої цегли замінили сланці, кам'яні вугільні породи і зола-винесення. З підвищенням обізнаності людей про

охорону навколишнього середовища останніми роками нові матеріали для виробництва цегли, такі як промислові відходи, будівельні відходи та річковий мул, поступово застосовуються для виробництва обпаленої перфорованої цегли. Наприклад, замінили глину вапняним шламом, побічним продуктом процесу виготовлення паперу, і найвищий коефіцієнт заміни міг досягати 20% за умови відповідності вимогам міцності. Інші використали деградоване сміття як матеріал для виробництва випаленої цегли. Не тільки зменшити використання глини, але й заощадити до 8% палива за рахунок використання теплотворної здатності спалювання відходів. Додавання різноманітних нових матеріалів не тільки захищає земельні ресурси, але й знижує вартість виробництва обпаленої перфорованої цегли.

У процесі підготовки сировини необхідно змішувати та подрібнювати сировину та виконувати інші процедури обробки. Крім того, деяка сировина потребує спеціальної обробки в процесі підготовки. Наприклад, перфорована цегла з високим вмістом спаленої золи-винесення потребує високоякісної сировини, яку потрібно витримувати протягом 1,5-2 років, щоб покращити дисперсію частинок і якість сировини. Підготовлена сировина повинна мати добру пластичність, що сприяє подальшому формуванню сирої цегли.

Формування зеленої цегли

Відповідно до різних методів виробництва, формування зеленої цегли можна розділити на два типи: пресування та екструзія. Компресійне формування цегли означає поміщення розчину в порожнину форми, потім закриття форми для пресування утвореної глини. При екструзійному формуванні сировина безперервно екструдуються вакуумним екструдером, а потім формується зелена цегла шляхом різання дроту. Порівняно з компресійним формуванням, екструзійне формування має переваги безперервного виробництва, постійного тиску та високої ефективності виробництва. Тому на більшості виробничих підприємств для виробництва

обпаленої перфорованої цегли заготовки використовують екструзійне формування.

Через пластичність глиняна стрічка буде деформуватися в процесі екструзії зеленої цегли. Її можна вирішити, регулюючи вологість сировини. У той час як тріщини, малюнок серцевини та відсутність кутів зустрічаються в зеленій цеглі, спричинені зміщенням або зносом екструзійної матриці. Дефекти можна зменшити регулярним обслуговуванням формувального обладнання. Сформована зелена цегла повинна мати завершену форму і структуру. Крім того, якість зеленої цегли безпосередньо впливає на якість зовнішнього вигляду готової цегли.

Сушіння напівфабрикатів

Розрізняють два способи сушіння напівфабрикатів: природне сушіння і штучне сушіння. Час природного висихання залежить від регіону та клімату. Зазвичай це займає 10-15 днів і потребує більшого майданчика для укладання напівфабрикату. Щоб підвищити ефективність виробництва та зменшити охоплену площу, у фактичному виробничому процесі більшість виробників обпаленої перфорованої цегли використовують метод штучного сушіння.

Штучне сушіння - це розміщення напівфабрикату в сушильній камері, висушування його штучним нагріванням і обдуванням гарячою парою вентилятором. Більшість заводів використовують відпрацьоване тепло печі для випалу для забезпечення тепла, а тунельну сушильну піч використовують як сушильну камеру. Час висихання різної сировини матеріали різні. Як правило, висихання може завершитися через 48 годин.

Випал готової продукції

Спосіб випалу готових виробів включав одноразове випалювання і дворазове випалювання відповідно до кількості кодових цеглин. Вибір режиму випалу залежить від продуктивності сировини, вологості мокрої заготовки та характеристик продукту.

Після встановлення в процесі випалювання мокра заготовка кладеться на сушильну машину та безпосередньо сушиться в тунельній печі, щоб отримати готову цеглу. Одноразова установка в процесі спалювання проста і вимагає менших інвестицій, але вона має деякі недоліки, такі як низька продуктивність, високе споживання вугілля та більше тріщин. В основному використовується для обпаленої сланцевої цегли. При цьому розмір виробу не повинен бути занадто великим, а міцність мокрої заготовки повинна бути вище.

Подвійна установка в процесі випалу означає укладання мокрої заготовки на вантажівку печі та висушування її в сушильній камері, а потім заміну та випал у тунельну піч для отримання продукту. На рисунку 2.1 представлена технологічна схема виробництва обпаленої дірчастої цегли шляхом двократного випалу на підприємстві. Дворазове схоплювання в процесі випалу підходить для пористої цегли різного розміру. Хоча врожайність збільшується, інвестиції в обладнання вищі, а виробничий цикл довший, ніж один раз у процесі випалу.

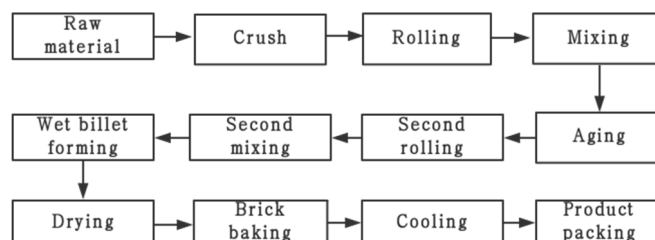


Рисунок 2.1. Процес виробництва обпаленої перфорованої цегли шляхом дворазової витримки в процесі випалу

Ключове обладнання для виробництва пітної перфорованої цегли

Виробниче обладнання і технологія виробництва доповнюють один одного. З постійним удосконаленням технології виробництва постійно оновлюється техніка автоматизації цегельно-черепичних підприємств. Удосконалення автоматизації цегельних підприємств значно знизило

собівартість і трудомісткість підприємств, значно підвищилася ефективність виробництва продукції.

Застосування дробильного обладнання при підготовці сировини

Розмір сировини для обпаленої перфорованої цегли, як правило, повинен бути менше 2 мм. Одноразове дроблення не може відповідати вимогам. Потребує грубого подрібнення, середнього подрібнення навіть багаторазового подрібнення. Це також вимагає взаємодії різного дробильного обладнання.

Щокова дробарка, ударна дробарка та молоткова дробарка зазвичай використовуються в процесі дроблення сировини. В основному вони спрямовані на крихку, середньотверду та маловодовмісну сировину, таку як кам'яне вугілля, сланці. Щокова дробарка в основному використовується для первинного подрібнення сировини. Подрібнену сировину двічі подрібнюють ударною дробаркою або молотковою дробаркою для подальшого очищення сировини. Нарешті, вони подрібнюються валковою дробаркою відповідно до вимог застосування. Енергоспоживання дробарок зазвичай менше 10%, значна частина якої перетворюється на шум і вібрацію. Важливо підвищити ефективність дроблення та зменшити споживання енергії для дробильного обладнання.

Застосування формувального обладнання у виробництві зеленої цегли

З тих пір, як перший вакуумний екструдер був успішно запущений в 1965 році, вакуумний екструдер поступово став найважливішим обладнанням у виробництві цегли. З розвитком технологій продуктивність вакуумного екструдера була значно покращена. Ступінь вакууму має було піднято на 96%, тиск екструзії досяг понад 3 МПа, швидкість екструзії бурового стрижня може досягати більше 30 м/хв.

На даний момент структура вакуумного екструдера складається з входу для подачі, вакуумної коробки, гвинтового стрижня та системи прес-форм. Під час роботи бруд послідовно проходить через вхідний отвір, бак мішалки і

вакуумна камера. Повітря витягується у вакуумну камеру, а тиск забезпечується спіральним розширювачем, потім формування цегли завершується системою форми.

Застосування автомата для випалювання цегельних заготовок

Цегляну заготовку слід покласти на печі перед входом у піч. Традиційне ручне введення програми є неефективним і трудомістким, воно не підходить для масового виробництва. Повністю автоматична система широко використовується на цегельних та черепичних підприємствах через її переваги, такі як менша кількість робочої сили, невелика площа, що займається, вища ефективність.

Автоматична установка в основному складається з чотирьох частин: рухомого механізму, підйомного пристрою, утримуючого пристрою та обертового пристрою. Під час роботи автоматичної установочної машини заготовка затискається пристроєм для утримання заготовки, заготовка піднімається за допомогою підйомного пристрою, а крокуючий пристрій рухає заготовку для переміщення до печі. Щоб підвищити якість випалу, два сусідніх шари цегли потрібно розмістити хрест-навхрест. Таким чином, у процесі відправки цегли з конвеєрної стрічки до печі, обертовий пристрій починає працювати, щоб дозволити цеглі повертатися на 90°. Потім позиціонує цеглу на задану висоту через підйомний пристрій. Нарешті, він розпушує цеглу за допомогою утримуючого пристрою та формує цілу стопку цегли.

Застосування автоматичного пакувального обладнання в упаковці готової продукції

Для транспортування готової цегли, яка зазвичай укладається в штабелі по 1-1,5 м³ перед пакуванням. Так, до складу автоматичного пакувального устаткування входить пристрій автоматичного захоплення. Принцип роботи автоматичного затверджувача подібний до автоматичного затверджувача, що використовується для випалювання цегли. Але на відміну від автоматичного установочного обладнання, автоматичне пакувальне обладнання поміщає

готовий цегляний код, охолоджений з кабіни печі, на штабельну дошку пакувальника.

Після завершення укладання передавальний пристрій транспортує штабель цегли до робочої станції прес-підбирача. Завершено вертикальне та горизонтальне пресування відповідно. Як останній крок у виробництві обпаленої перфорованої цегли, упаковка готової цегли накопичує помилки в усьому виробничому процесі, який все ще потребує ручного контролю в процесі використання. Автоматичне пакувальне обладнання потребує постійного вдосконалення.

2.2 Класифікація машини для виготовлення цегли

Машини для виготовлення цегли з ручним керуванням

Це цегельні машини, які керуються вручну. Вони не використовують жодної форми гідравлічної системи для формування цегли. Перевага цих машин в тому, що вони не потребують електроенергії для роботи. Усі операції виконуються вручну, витрати на технічне обслуговування є значно меншими, а для роботи з машиною не потрібні. Крім того, цегельні машини з ручним керуванням дешевше придбати порівняно з іншими категоріями цегельних машин.

Деякі перешкоди для використання цього типу машини полягають у тому, що швидкість виробництва нижча, ніж у більш автоматизованих систем, оператор швидко втомлюється від безперервної роботи, оскільки система вимагає багато фізичної сили та через відсутність системи контролю, і вироблена цегла не є повністю однорідною. Різні приклади цих типів машин включають:

FL1 40 Ручна машина для виготовлення з'єднувальної цегли (Eco-Maquinas) QMR2-40 Ручна машина для виготовлення з'єднаної цегли



Рисунок 2.2 Ручна машина для виготовлення цегли

Напівавтоматичне цегельне обладнання

Ці типи цегельних машин використовують гідравлічні системи для стиснення цегли. Її класифікують як напівавтоматизовану систему, оскільки для виконання операцій у системі все ще потрібна людина-оператор. Але на відміну від цегельних машин з ручним керуванням, ці системи не вимагають від оператора стільки людських зусиль у процесі виготовлення цегли. Вони виробляють більше цегли, ніж ручний тип, і розміри виробленої цегли є відносно однаковими. Ці системи забезпечують кращу ефективність. Недоліками напівавтоматизованої системи є вартість придбання однієї одиниці досить висока. Крім того, обслуговування такої машини дорожче, для її роботи потрібна кваліфікована робоча сила. Проте, загальна ефективність напівавтоматичного верстата для виробництва цегли все ж робить його кращим, ніж ручний тип.



Рисунок 2.3 Напівавтоматична машина для виготовлення цегли

Повністю автоматизовані машини для виготовлення цегли

Це тип верстатів для виготовлення цегли, у яких усі операції, що виконуються на машині, повністю автоматизовані. Ці типи машин не вимагають жодної форми людського втручання для роботи. Їх налаштовують та залишають на самоті виконувати своє завдання з виробництва цегли. Повністю автоматизовані машини для виробництва цегли ідеально підходять для великого промислового використання, де планується виробництво великої кількості цегли.

Ці машини більш ефективні, ніж інші категорії. Вони виробляють велику кількість цегли за короткі періоди роботи порівняно з іншими типами машин для виготовлення цегли, вони виробляють цеглу однакової форми, більш ефективні та економлять час. Хоча повністю автоматизовані машини для виробництва цегли дуже ефективні, вони дуже дорогі придбати та обслуговувати. Потрібна висококваліфікована робоча сила для проведення регулярних перевірок системи під час її роботи та моніторингу її щоденних або щотижневих операцій.



Рисунок 2.4 Повністю автоматизована машина для виготовлення цегли

Напівавтоматичні системи цегельних машин

Те, що значною мірою відрізняє напівавтоматичні машини для виробництва цегли від повністю автоматизованих машин для виробництва

цегли, так це обсяг використовуваних концепцій обробки матеріалів. Відповідно, обробка матеріалів додає витрати, але не цінність, їх слід максимально скоротити щодо часу, відстані, частоти та загальної вартості. Обробка матеріалів стосується подачі сирій глиняної суміші, переміщення конвеєра та обробки, а також маніпуляції роботом під час укладання виготовленої цегли. Усі ці класи обробки матеріалів зведені до мінімуму, як у випадку з напіваавтоматичними машинами для виготовлення цегли. Напіваавтоматичні цегельні машини вимагають більше робочого персоналу для завантаження, перенесення, викопування сировини, також укладання виробленої цегли виконується вручну. Єдиною функцією напіваавтоматизованої цегельної машини є стиснення сирій глиняної суміші за допомогою сили стиснення, що створюється переважно гідравлічними агрегатами. Серед поширених напіваавтоматичних цегельних машин є Hydraform, Eco Brava та Eco Premium. І Eco Brava, і Eco Premium.

Ці машини призначені виключно для виробництва екологічної цегли (також називають цеглою зі стисненої землі). Гідравлічні машини використовують силу рідини для виконання роботи. Під час роботи гідравлічна рідина під високим тиском передається через машину до різних гідромоторів і гідроциліндрів. Регулювальні клапани використовуються для керування потоком рідини безпосередньо або автоматично, щоб розподілити її через необхідні шланги та трубки. Оскільки рідина створює тиск у розподільних каналах і шлангах, вона впливає на рухомі компоненти машини, щоб виконувати корисну роботу лише з ґрунту, цементу та вологи. Популярність гідравлічних машин пояснюється дуже великою кількістю енергії, яку можна передавати через маленькі трубки та гнучкі шланги, а також високою питомою потужністю.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Методологія моделювання

Моделювання виконується відповідно до методології, наведеної нижче, як описано Ulgen. Це необхідно для того, щоб забезпечити надійність процесу та переконатися, що всі кроки дотримані для досягнення результату.

1. Визначте проблему
2. Дизайн дослідження
3. Побудуйте концептуальну модель
4. Сформулюйте вхідні дані, припущення та процеси
5. Побудуйте, перевірте та перевірте імітаційну модель
6. Експериментуйте з моделлю
7. Задokumentувати та представити результати
8. Визначте життєвий цикл моделі

Етапи не слід дотримуватися послідовно, оскільки деякі етапи, можливо, доведеться виконати перед іншими. Наприклад, може знадобитися зібрати дані перед визначенням проблеми, оскільки дані можуть викликати аномалії, які потребують уваги, і це може бути проблемою.

План заводу: головний завод

Компанія має 2 фабрики; один має основну виробничу лінію, а інший виробляє вузли вузлів, що називається блоком GRP (армованого склопластику). Виробництво попередньо виготовлених арок і Brick Specials відбувається на головному заводі, а виробництво облицьованих цеглою димоходів відбувається як на основному заводі, так і на заводі зі склопластику, де виготовляється вузол.

Макет основної фабрики показаний на Рис. 3.1

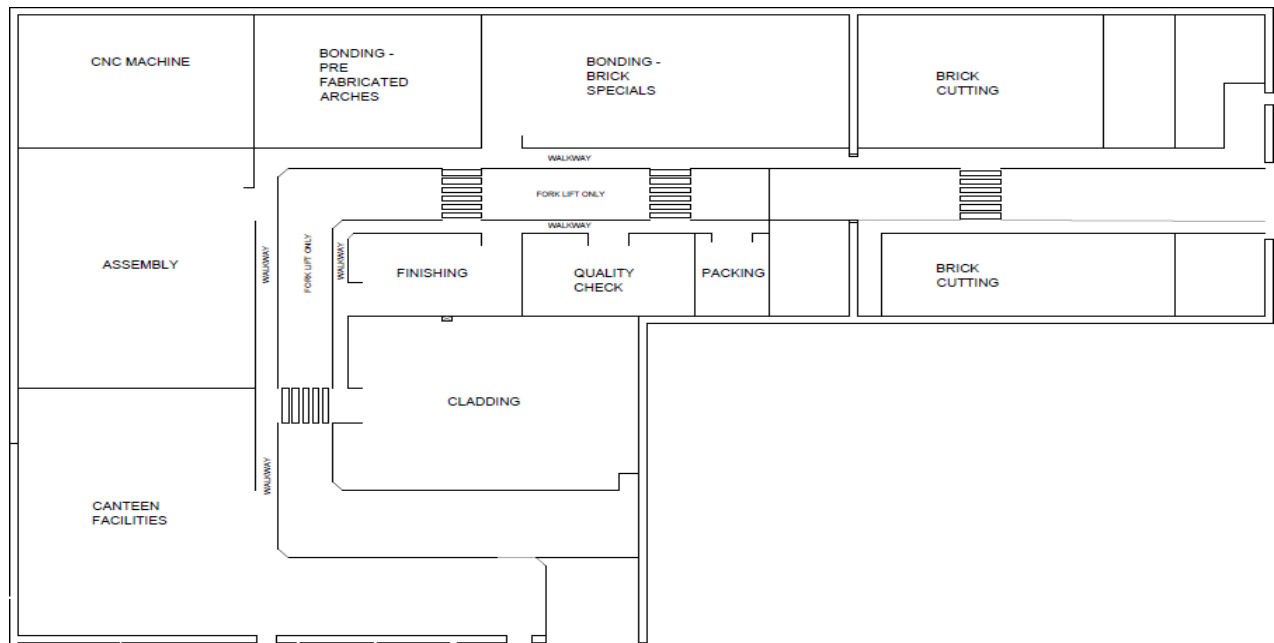


Рисунок 3.1: Розташування заводу: головний завод

Для готових арок процес протікає від різання цегли до склеювання. Те саме стосується Brick Specials. Піч, яка використовується для сушіння різаної цегли, розташована в частині процесу різання цегли. Після процесу склеювання вироби переміщуються до відсіку зберігання для перевірки якості, а потім до відсіку пакування. Після пакування продукти переміщуються на двір для доставки клієнтам.

Для виготовлення облицьованих цеглою димоходів процес починається з верстату з ЧПК, після чого йде процес складання. Після процесу складання зібраний сердечник димоходу транспортується на завод зі склопластику.

Схема заводу ВРП показана на Рисунку 3.2.

Процес ламінування та процес обробки та нанесення покриття відбувається на заводі зі склопластику. Крім того, це виробничий підрозділ для Caps & Pots. Вони виготовляються та повністю завершуються в цьому підрозділі. Після цього процесу серцевина димоходу, ковпаки та горщики доставляються на головний завод.

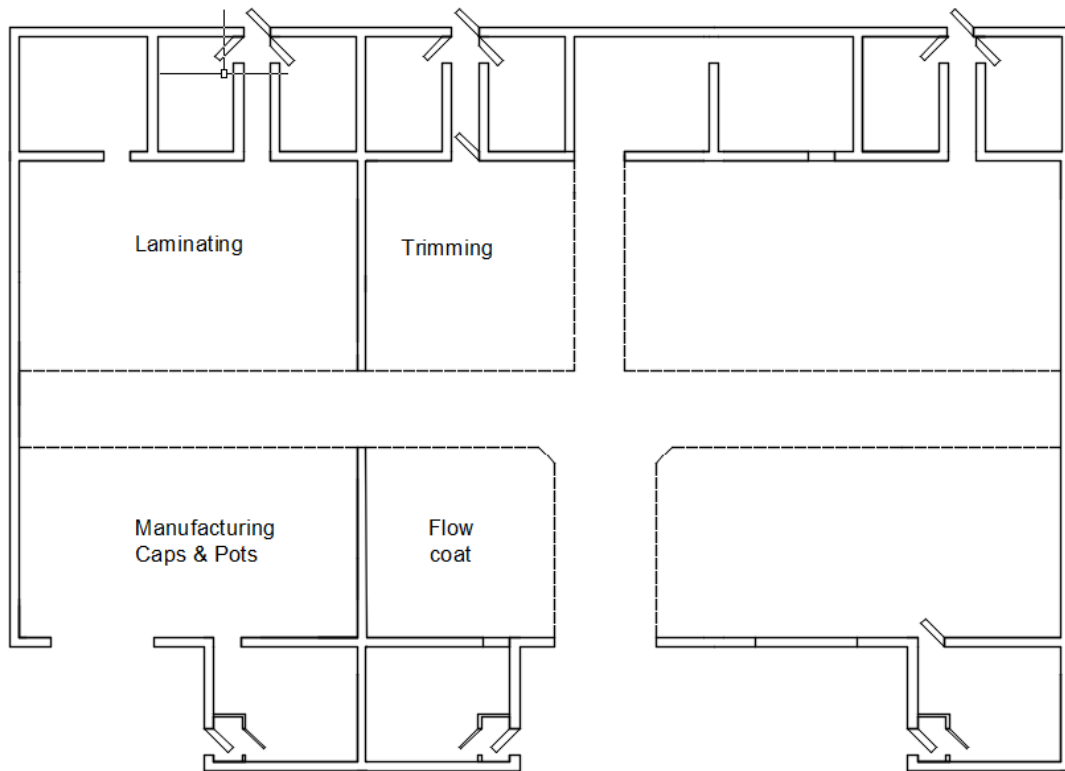


Рисунок 3.2: Розташування заводу: завод GRP

Решта процесу відбувається на головній фабриці, де цегляні листи обшиваються димоходом, а коли він закінчений, перевіряється якість і упаковується. Після упаковки димоходи транспортуються споживачам.

У наступному розділі обговорюються припущення, використані в імітаційній моделі.

Припущення

Нижче наведено припущення, використані для побудови імітаційної моделі.

1. Прибуття запчастин: деталі, які використовуються в моделі, використовуються для контролю замовлень, оброблених за день. Насправді запчастини привозять щотижня з необмеженою кількістю.

2. Місткість зони утримування: місткість зони утримання вважається нескінченною для цілей моделювання. Це неможливо на практиці з існуючою площею для зберігання незавершеного виробництва (WIP) понад ємність.

3. Кількість машин: Машини в імітаційній моделі не є репрезентативними для точних машин, а моделями, які представляють обробку замовлення. Наприклад, кількість машин, показаних у зоні складання, дорівнює двом, що означає, що 2 димоходи можуть бути зібрані під час операції одночасно, а не є репрезентативними для 2 фізичних механічних машин у цеху.

4. Масштаб: імітаційна модель створена не для масштабування на виробництві. Він змінюється відповідно до моделі та експрес-результатів.

5. Сировина: не вся сировина представлена в системі, яка потрібна для виготовлення готового продукту. Це зроблено для того, щоб модель не була надто складною. Моделюється лише сировина, необхідна для отримання результату для аналізу.

Діяльність людини, така як хвороба, зупинка, щоб поговорити з колегою, є непередбачуваною та випадковою за своєю природою. З цієї причини під час створення моделі Witness зроблено наступне припущення.

1. Трудові ресурси моделюються як такі, що працюють на повну потужність. Час у дорозі з одного місця в інше не включається.

2. Відпустки, хвороби, час, витрачений у цеху через комунікацію, також не включені в імітаційну модель.

3. Будь-яка невідповідність продуктів і час, витрачений на вирішення скарг клієнтів, вважаються нульовими або незначними.

4. Час перерв не моделюється в симуляції, оскільки очікується, що це не змінить результати.

Побудова моделі Witness

Імітаційна модель для виробництва показана на Рис. 3.3. Він показує макет заводу в імітаційній моделі, що представляє частини, машини, трудові ресурси та компонування.

На Рис.3.4, модель показана з картою процесу, яка показує рух деталей на заводі. Деталі обробляються на верстатах. Після завершення процесу деталі зберігаються в зоні зберігання перед початком наступної операції. Ці зони зберігання представлені буферами в моделі, які представлені у вигляді чисел. Перед 2 різними процесами частини зберігаються в буфері, який відображається номерами.

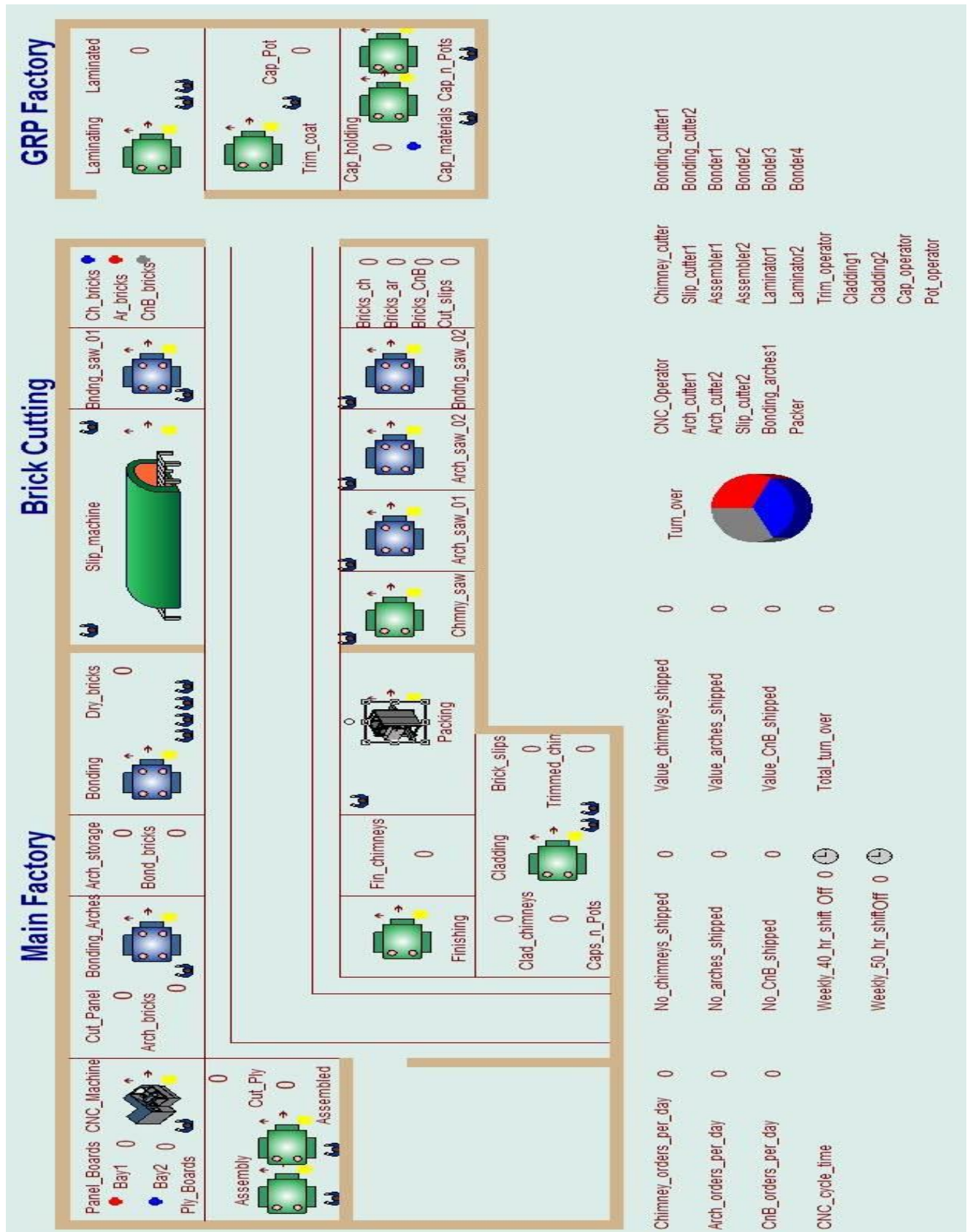


Рисунок 3.3: Імітаційна модель – уся фабрика

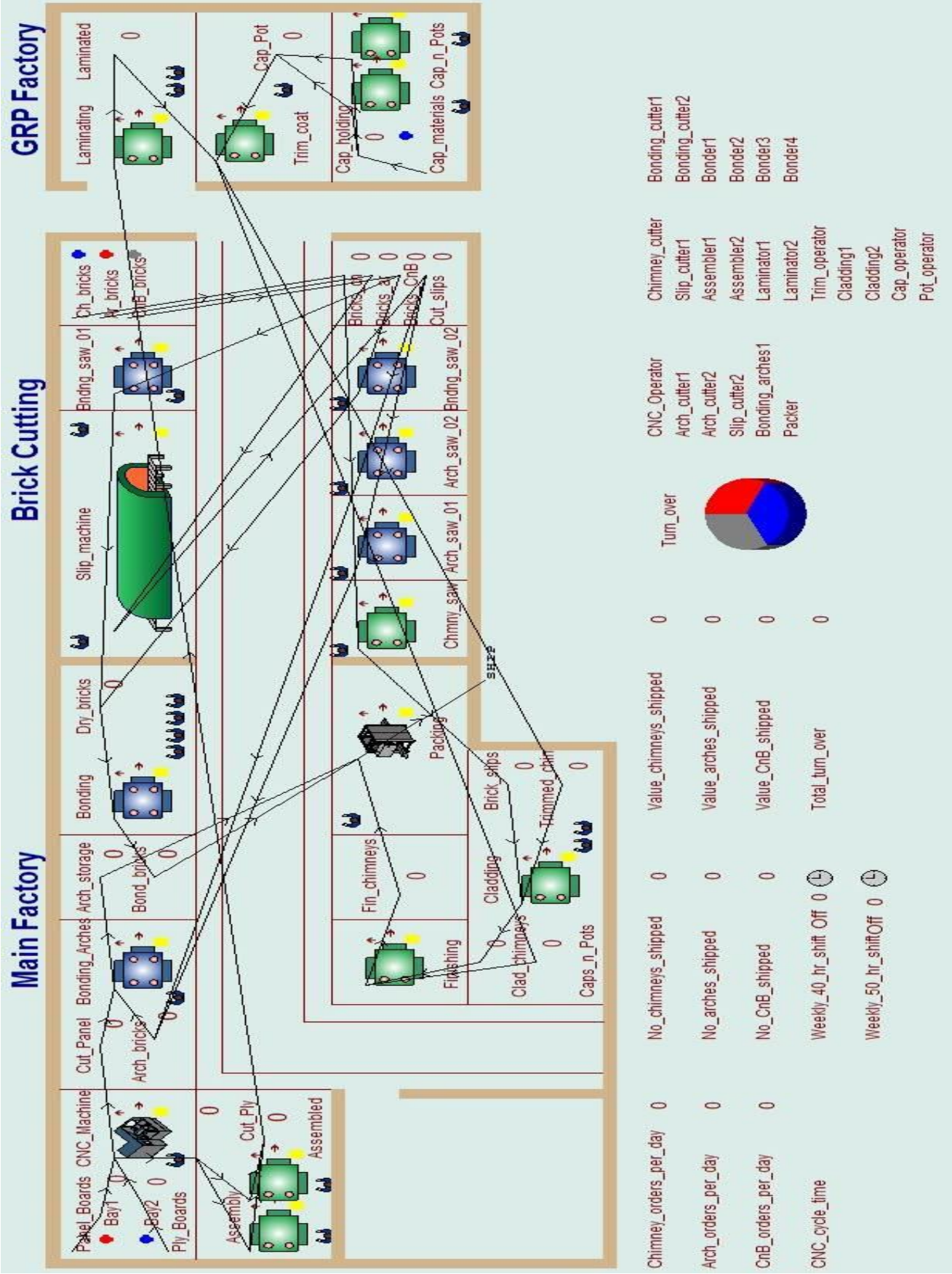


Рисунок 3.4: Імітаційна модель –з рухами частин

Запчастини

Деталі — це компоненти, які обробляються в моделі для створення готових виробів. Вони репрезентують вихідні матеріали, але, як обговорювалося в припущеннях, не всі вихідні матеріали моделюються. Частини, змодельовані в системі, наведені нижче:

- **Фанерні плити:** Це частина, яка використовується для виготовлення димоходів. У моделі він представлений як 'Ply_boards'. Деталь надсилається в буфер «Buy2», з якого «CNC_Machine» витягує деталь для виготовлення. Він представлений синім кольором. Профіль прибуття для частини контролюється параметром 'Chimney_orders_per_day', який наведено в Рис. 3.5:

The image shows a software window titled "Detail Part - Ply_Boards". It contains several tabs: "General", "Attributes", "Actions", "Costing", "Reporting", and "Notes". The "General" tab is selected. Inside the "General" tab, there are three main sections: "Arrivals", "Input to Model", and "Exit From Model".

- Arrivals:**
 - Name: Ply_Boards
 - Type: Active (dropdown menu)
 - Maximum Arrivals: Unlimited
 - First Arrival At: 0.0
 - Shift: Undefined (dropdown menu)
- Input to Model:**
 - Inter Arrival Time: 1440.0
 - Lot Size: Chimney_orders_per_day
 - Buttons: To..., Push
 - Actions on Create... (with a close button X)
- Exit From Model:**
 - Actions on Leave... (with a close button X)

At the bottom of the window are three buttons: OK, Cancel, and Help.

Рисунок 3.5: Профіль прибуття Ply_boards

Можна побачити, що розмір партії надходить у нульовий час, а потім наступний розмір партії з інтервалом у 1440 хвилин, тобто кожні 24 години.

Розмір партії контролюється змінною 'Chimney_orders_per_day', значення якої вказується під час ініціалізації моделі.

- Матеріали кришки: Це використовується для виробництва ковпаків і горщиків. Він надсилається до буфера «Cap_holding», звідки завантажується в машину «Cap_n_Pots». Матеріал представлений синім кольором. Введено профіль прибуття деталі Рис.3.6:

Рисунок 3.6: Cap_material – профіль прибуття

Можна побачити, що перший розмір партії надходить у нульовий час, а потім наступний розмір партії з інтервалами часу 24 години (1440 хвилин). Це контролюється змінною 'Chimney_orders_per_day', яка вказана під час ініціалізації моделі.

- Панель щити: Ця деталь використовується для виготовлення збірних арок. Він вставляється в буфер Bay1, який використовується

CNC_Machine для виготовлення арок. Матеріал представлений червоним кольором. Введено профіль прибуття деталі Рис3.7.

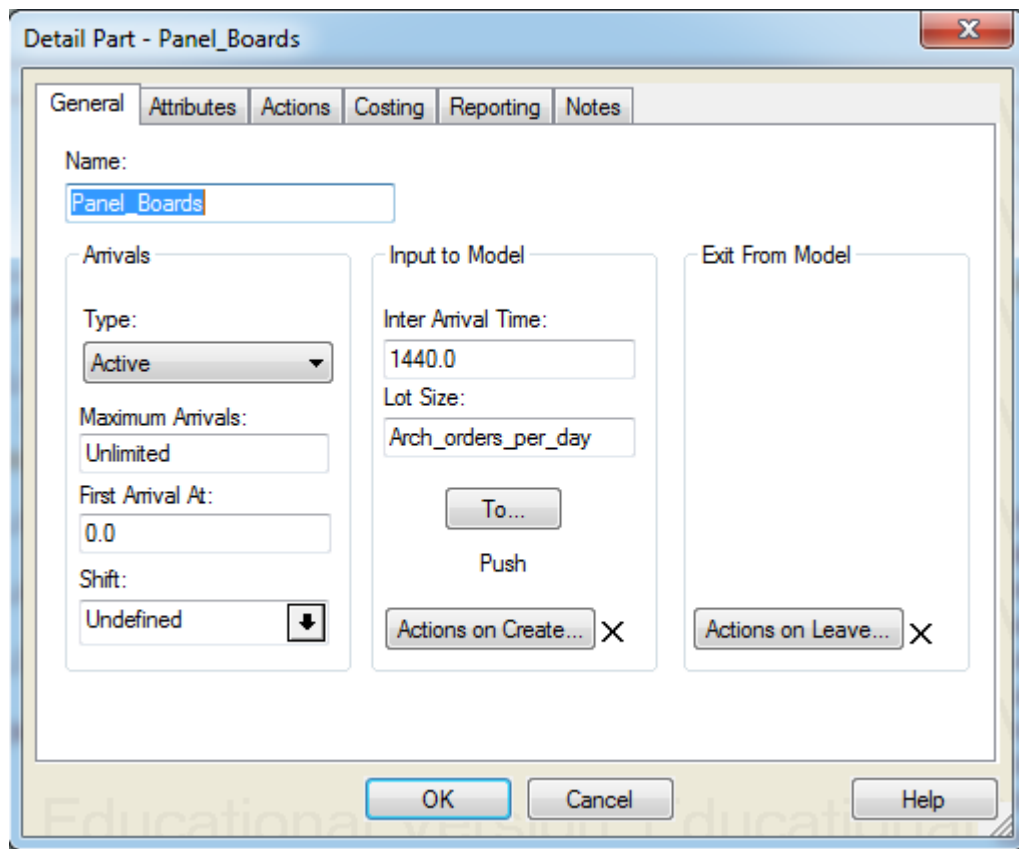


Рисунок 3.7: Panel_boards - профіль прибуття

Час прибуття та час між прибуттями подібні до інших частин і також контролюються змінною *Chimenu_orders_per_day*. Але кількість замовлень, які надійшли за день, становить 35, порівняно з димоходами – 10.

- *Ch_bricks* - це цегла, яка використовується для виготовлення димоходів. Профіль надходження подібний до іншої сировини, яка використовується для виготовлення димоходів.

- *Ar_bricks* & *CnB_bricks* - це цегла, яка використовується для виготовлення арок і спеціальної цегли. Перше надходження відбувається в нульовий момент часу, за яким слідує проміжні надходження через 24 години з розміром партії 1000 для арок і 10 для спеціальних цеглин відповідно.

Буфери

Буфери використовуються в моделі для представлення робочих зон. Наприклад, якщо присутня затримка в запуску процесу після попереднього процесу і роботу потрібно затримати на деякий час, це представлено буфером у системі.

Буфери можуть бути представлені частинами чисел. У цій імітаційній моделі буфери представлені числами, які представляють кількість частин, що містяться в буфері в певний момент часу. Наприклад, робота, оброблена верстатом з ЧПК, завершується та переміщується в секцію зберігання на заводі. Потім це обробляється зоною складання залежно від кількості завдань у черзі. Це представлено буфером "Cut_Ply" у моделі. Приклад цього буфера наведено в Рис. 3.8

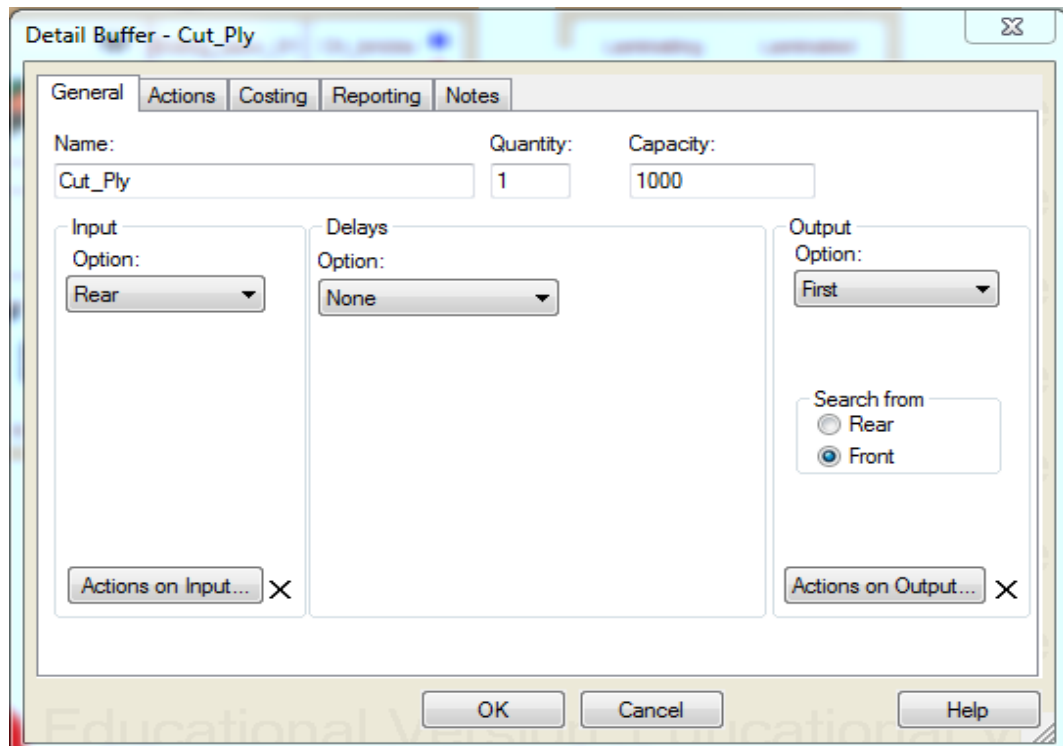


Рисунок 3.8: Буфер - «Cut_Ply»

З наведених вище подробиць видно, що буфер має максимальну ємність 1000, що означає, що він може зберігати 1000 завдань у буфері в один момент часу.

Буфери також використовуються для моделювання часу затримки. Деякі процеси потребують затримки (наприклад, час охолодження або час

затвердіння) після завершення процесу та перед початком наступного процесу. Прикладом може бути димохід, який ламінований, вимагає затримки на 8 годин перед початком наступного процесу. Це моделюється в моделюванні в буферах як час затримки, показаний у Рис. 3.9.

The screenshot shows a software window titled "Detail Buffer - Laminated". It contains several input fields and dropdown menus for configuring a buffer. The "Name" field is set to "Laminated", "Quantity" is 1, and "Capacity" is 1000. Under the "Input" section, the "Option" is set to "Rear". The "Delays" section has "Option" set to "Min" and "Minimum Time" set to 480.0. The "Shift" is set to "Undefined" and "Allowance" is 0. The "Output" section has "Option" set to "First". There are also radio buttons for "Search from" with "Front" selected. At the bottom of the dialog are "OK", "Cancel", and "Help" buttons.

Рисунок 3.9: Час затримки моделювання

Буфери, які використовуються в імітаційній моделі, наведені нижче:

- Arch_bricks
- Arch_storage
- Зібраний
- Bay1
- Bay2
- Бонд_цегла
- Brick_slips
- Bricks_ar
- Bricks_ch
- Cap_holding

- Cap_Pot
- Caps_n_Pots
- Clad_chimenys
- Cut_Panel
- Cut_Ply
- Порізки
- Суха_цегла
- Димарі
- Ламінований
- Обрізаний_чим

20 різних буферів використовуються в моделі для імітації виробничих процесів на заводі.

Машини є репрезентативними процесами на заводі, а не точними моделями механічних машин. Наприклад, у моделі машина «Складання» представляє операцію складання на фабриці, а не фізичну машину на заводі. Параметри, необхідні для моделювання машини, наведено в Рис. 3.10.

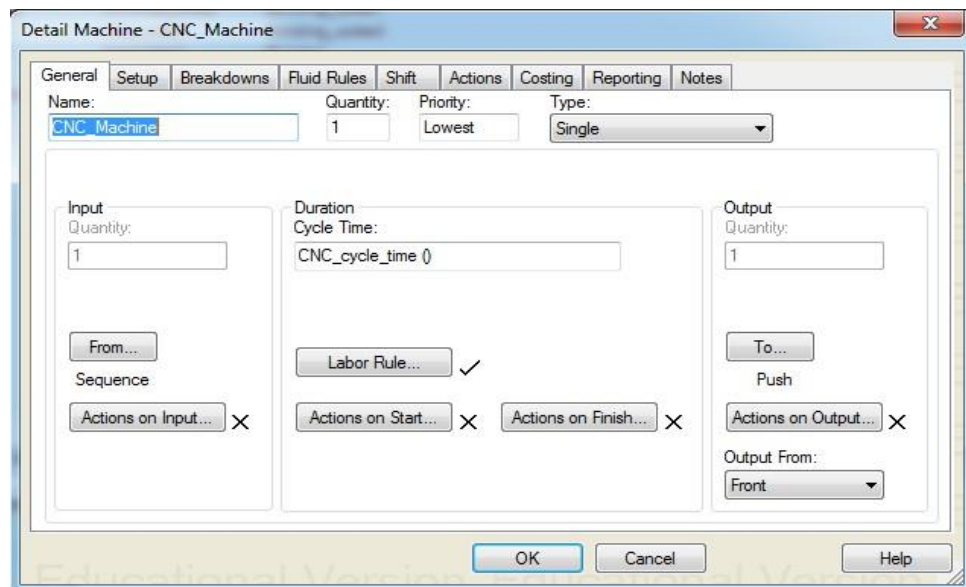


Рисунок 3.10: Моделювання верстата - CNC_Machine

Найважливішими параметрами моделювання машини є:

- Введення: це шлях, з якого деталь тягнеться до машини. Зазвичай це з буфера.
- Час циклу: Тривалість циклу є одним із найважливіших параметрів у моделі. Це кількість часу, необхідна для обробки деталі на машині. Його можна вказати як число або керувати функцією. У наведеному вище прикладі для «CNC_Machine» тривалість циклу контролюється функцією, оскільки тривалість циклу змінюється залежно від типу продукту, який обробляється. Функція, яка використовується для керування машиною, наведена в Рис 3.11.

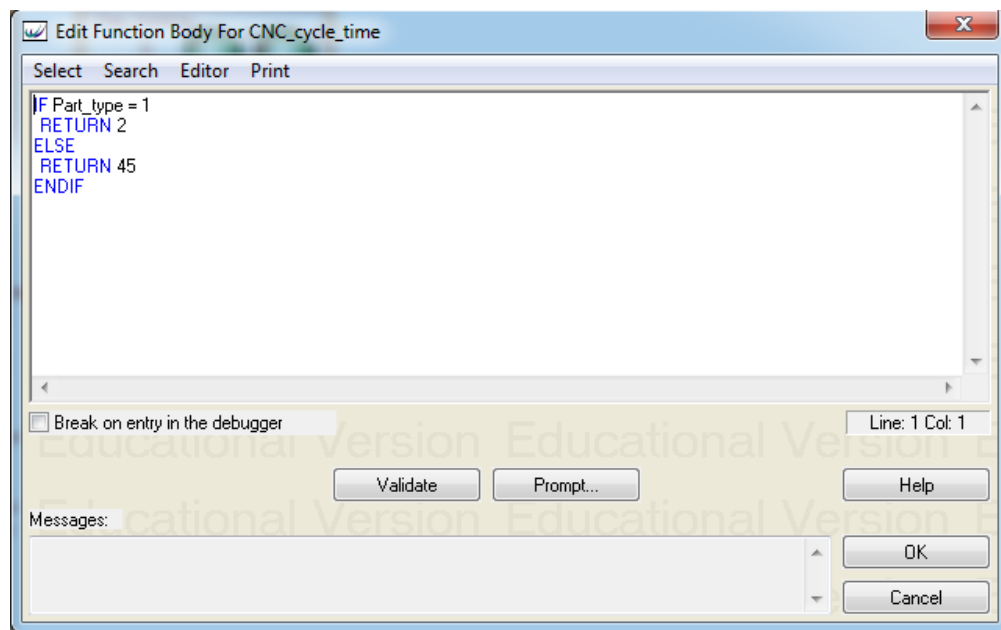


Рисунок 3.11: Функція часу циклу

Ця функція встановлює тривалість циклу на 2 хвилини, якщо обробляється «Part_type» 1, інакше на 45 хвилин.

- Правило праці: У цьому параметрі можна вказати трудові ресурси на машині. Машина може бути змодельована для одного трудового ресурсу або 2 трудових ресурсів. Це можна змодельовати в WITNESS за допомогою функції «І» або «АБО», щоб повідомити машині, яку комбінацію трудових ресурсів потрібно використовувати. Приклад машини для зв'язування наведено в Рис. 3.12:

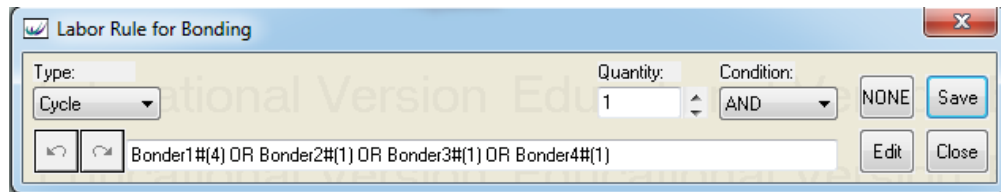


Рисунок 3.12: Норма праці для Bonding

Це показує, що будь-який із 4 бондерів потрібен лише для керування машиною «Бондінг».

- тип: Нижче наведено 7 різних типів машин, які можна моделювати за допомогою Witness:

1. неодружений
2. партія
3. Збірка
4. виробництво
5. Загальний
6. Кілька циклів
7. Кілька станцій

У цій імітаційній моделі використовуються лише одиночні та монтажні машини. В одній машині є один вхід і один вихід. У складальній машині є 2 або більше входів деталей і один вихід. Це використовується для представлення операції, яка збирає різні частини в одну. Нижче наведено приклад монтажної машини, як показано на Рис. 3.13.

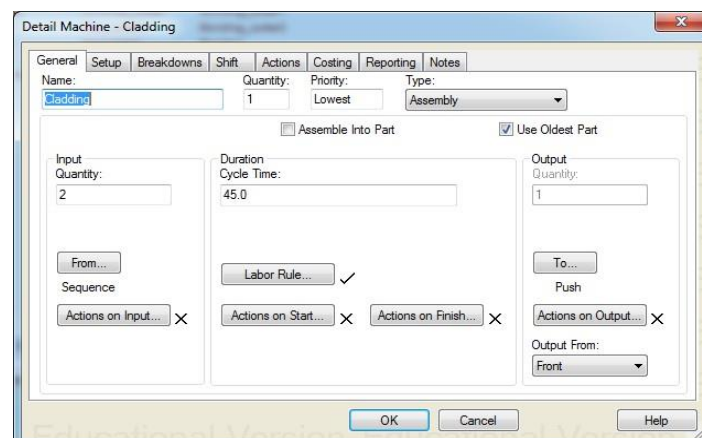


Рисунок 3.13: Приклад складальної машини

У наведеній вище машині можна побачити, що необхідна вхідна кількість задана як 2, а тип машини вибрано як Збірка, що вказує на те, що машині потрібні 2 частини для отримання результату.

- Вихід: У цій вкладці вихідні параметри машини, як зазначено. Вихідні дані машини зазвичай надсилаються до буфера за допомогою правила PUSH.

3.2 Розробка системи IoT

Процес виробництва цегли в досліджуваному випадку можна розділити на різні фази, включаючи видобуток сировини (глини), підготовку глини, яка буде використовуватися у виробництві (подрібнення та змішування, дозування змішування), формування цегли, сушіння, випал і охолодження, а також пакування кінцевої продукції перед відправкою її замовнику.

Враховуючи досвід виробників цегли було помічено багато зупинок між етапами охолодження та пакування. Між цими двома фазами цегла, яка охолоджується після того, як її витягли з печі, переміщується на конвеєр, де етап контролю якості виконується двома працівниками, які працюють над тим, щоб кінцевий продукт відповідав стандартам якості та не мав жодних плям, тріщини або пошкодження. Цеглу, яка відповідає стандартам якості, відправляють у смітник для повторної переробки. У цьому етапі також знайдено двох роботів; перший відповідає за групування цегли в однакові ряди після контролю якості та перед відправленням до іншого робота, який відповідає за розміщення цегли на піддонах перед пакуванням, щоб відправити клієнту або на склад.

Через ці зупинки в цій зоні страждає вся виробнича лінія, і час виробництва дуже часто збільшувався. Відповідно, виникла потреба визначити кількість відходів у виробничій лінії, які впливають на перебіг діяльності у виробничому процесі (тобто зупинки у виробництві), і основні причини цих відходів. Для цього була використана платформа IoT. Ця платформа базувалася на таких рівнях (Рис. 3.15):

- Рівень сприйняття (рівень датчиків): датчики, які фіксують рух цеглин, були прикріплені до першого робота, щоб обчислити час, необхідний для закриття обох сторін робота-групувальника (кожна діяльність з групування є подією). На основі даних, зібраних раніше про нормальний час для подій, було вирішено, що найкоротший час циклу становить (15 секунд), і це коли немає дефектів у виробництві; а максимальний нормальний час для циклу при наявності дефектів становить (180 секунд). Відповідно, будь-яку подію, яка триває більше 180 секунд, було вирішено вважати зупинкою або уповільненням процесу. Розташування датчиків показано на Рис. 3.16.



(a). Рівні платформи IoT (б). Потік даних всередині платформи

Рисунок 3.15. Розробка системи IoT

- Мережевий рівень: зібрані від датчиків дані про час роботи машини для групування надсилаються через Bluetooth Low Energy на планшет, який закріплено поблизу конвеєра. Доступ до планшета здійснюється через облікові записи користувачів і паролі для забезпечення безпеки даних. Інтерфейс планшета показує час і тривалість подій і опцію, яка дозволяє оператору додати причину будь-якого уповільнення або зупинки виробництва. У свою чергу стіл підключається до онлайн-сервера через Wi-Fi по безпечному протоколу (SSL). Прикладний рівень: онлайн-сервер,

підключений до планшета, відповідає за збереження, аналіз і візуалізацію даних. Прикладний рівень також включає мобільну програму, яка підключена до онлайн-сервера. Система також підключена до мобільного телефону менеджера, що дозволяє йому отримувати сповіщення щоразу, коли ланцюг зупиняється. Результати аналізу даних включають інформацію про підрахунок продуктів, оцінку продуктивності та причини ненадійного робочого процесу. Зокрема, підрахунок продукції здійснювався на основі розрахунку кількості згрупованих товарів, які після завершення етапу контролю якості відправляються на пакування. Інтерфейс надає загальну кількість продуктів за годину, день або тиждень на основі множення кількості блоків у кожній групі на кількість подій.

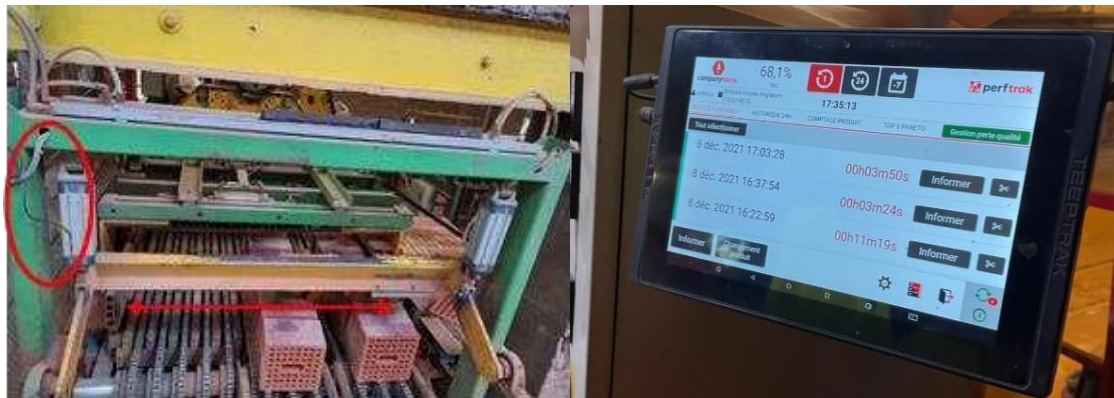


Рисунок 3.16 Розташування датчиків Рисунок 3.17. Використовуваний планшет і його інтерфейс

Система також здатна визначити відсоток дефектів, який є загальною кількістю вироблених цеглин мінус кількість згрупованих цеглин, підготовлених до пакування.

У свою чергу, оцінка ефективності базувалася на співвідношенні реальної кількості вироблених цеглин за певний період часу до очікуваної кількості цеглин за ту саму тривалість із використанням нормального часу циклу (180 с).

Нарешті, щоб виявити фактори, які найбільше впливають на потік виробленої цегли в досліджуваній зоні, було розроблено список очікуваних причин, і операторів у цій зоні попросили вибрати фактор для кожної зупинки або уповільнення процесу за допомогою планшета. Список включає кілька факторів, включаючи фактори, пов'язані з працездатністю машин (роботів або конвеєрів), або інші фактори, пов'язані з характером робочого місця або етапу процесу (наприклад, час прибирання робочого місця, потреба в роботі з технічного обслуговування, затримки на попередніх етапах, підготовка робочої зони... тощо).

На Рис.3.17 показано результати, які з'являються в інтерфейсі після аналізу даних, пов'язаних із підрахунком та оцінкою ефективності.



Рисунок 3.17 Інтерфейс платформи IoT – оцінка продуктивності та підрахунок продуктів.

3.3 Інтеграція з додатком Smart IIoT

На Рис. 3.18 представлена блок-схема, яка дає чітке уявлення про робочий механізм розумної та інтегрованої цегли, що створює машину. Як ми бачимо, коли джерело ввімкнено, воно подає живлення на Arduino та асинхронний двигун. Arduino отримує регульоване джерело живлення постійного струму за допомогою трансформатора, який знижує напругу,

випрямляча, який перетворює живлення зі змінного струму на постійний, і регулятора, який регулює живлення до 5 В, необхідних для Arduino. Крім того, Arduino забезпечує живлення електронного обладнання, такого як РК-дисплей, клавіатура, двоканальне реле. Відцентровий насос, з'єднаний з двигуном, створює необхідний тиск для циркуляції гідравлічного масла між гідроциліндром і масляним баком через колекторний блок і соленоїд.

Крім того, соленоїд управляється двоканальним реле. З іншого боку, сировина подається в бункер, а потім у форму. Таким чином, при стисненні виходить цегла.

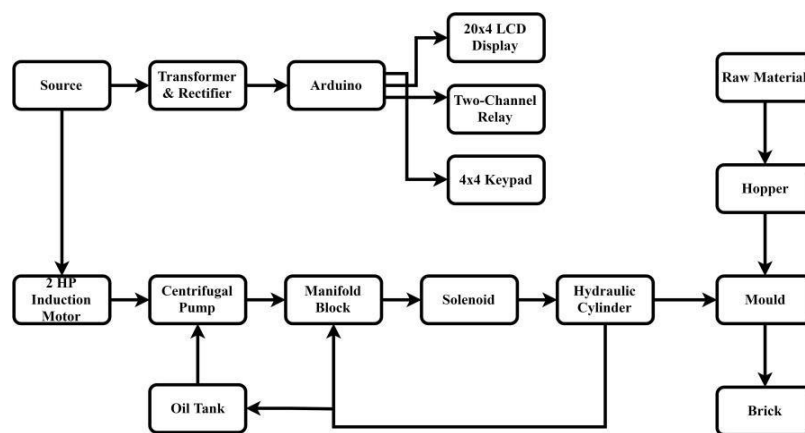


Рисунок 3.18. Блокувати Схема верстата для виготовлення цегли

При проектуванні та виготовленні конкретної машини, будуть певні припущення, які слід брати до уваги. Внутрішній тиск або напруга форми рівномірно розподіляється.

На Рис. 3.19 показано модель CAD, розроблену за допомогою AUTOCAD 2018.

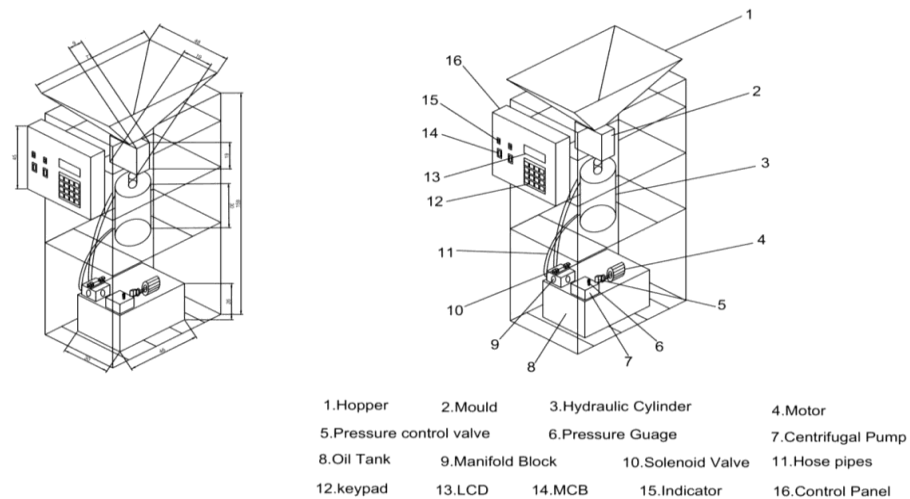


Рисунок 3.19 CAD Модель цегельної машини
Різні компоненти системи
Загальна функція системи

Електричний та електронний компонент: Він включає в себе панель керування, яка складається з двох індикаторів, один МСВ 20А для керування двигуном, один МСВ 10А для керування всім електронним обладнанням, таким як клавіатура, LCD, сервопривід, Arduino, двоканальне реле, соленоїд тощо.

Механічна частина: Машина в цілому є механічною системою, яка складається з гідравлічної системи, скелета, зборки інших компонентів, таких як форма, бункер тощо.

Програмне забезпечення: Це включає програму Android для моніторингу стану машини та віддаленого сповіщення підрахунку.

При включенні джерела живлення вмикається МСВ 10А, який активує все електронне обладнання. По-перше, РК-екран запитує унікальний пароль, який уже був запрограмований. Пароль вводиться за допомогою клавіатури. Якщо пароль збігається, на дисплеї з'явиться запит на введення кількості блоків. Таким чином, вводиться необхідна кількість цегли. Потім він просить вибрати тип цегли, який потрібно виготовити.

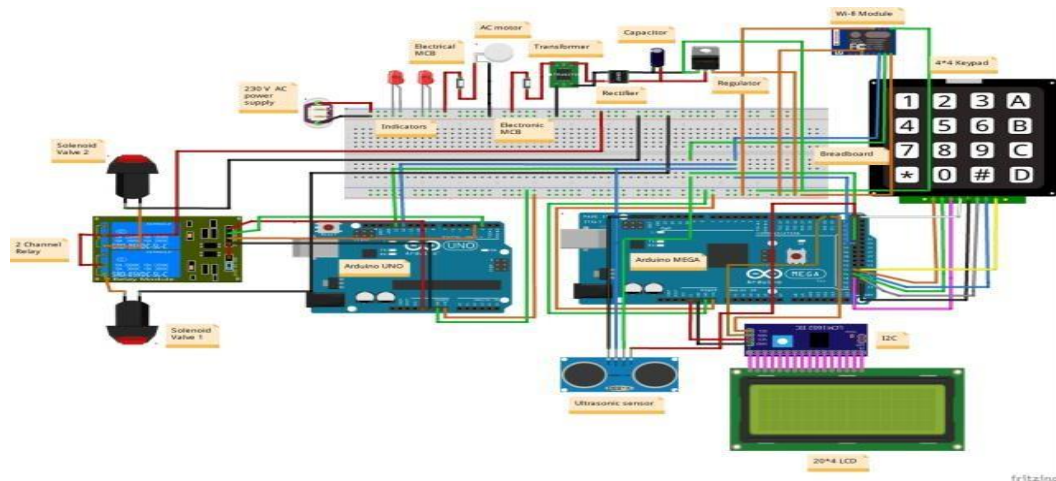


Рисунок 3.20. Підключення Схема цегельної машини

Після вибору на основі заданої кількості на РК-дисплеї відображається склад необхідної цегли. За отриманими даними сировину змішують у міксері відповідно до пропорцій. (Цей процес потрібно виконувати окремо, оскільки машина не містить міксера). Тепер суміш сировини подається в бункер. Клапан бункера відкривається за допомогою сервоприводу, щоб форма наповнювалася сировиною. Сервопривід запрограмований таким чином, що кришка відкривається та закривається на певний проміжок часу. Інтервал встановлюється таким чином, щоб клапан залишався відкритим, доки форма не заповниться сировиною, необхідною для однієї цегли, а потім клапан залишався закритим.

Для кодування модуля ESP необхідно використовувати Arduino Nano. Щоб запрограмувати ESP-12F, установіть з'єднання між ПК і платою Arduino. Підключіть плату Arduino через USB-кабель або USB-порт до ПК. Відкрийте програмне забезпечення середовища IDE Arduino та встановіть додатки ESP. Виберіть тип плати Arduino в Інструменти>Плати>Arduino Nano та послідовний порт у Інструментах>Послідовний порт >COM7 (приклад). Напишіть код і завантажте його.

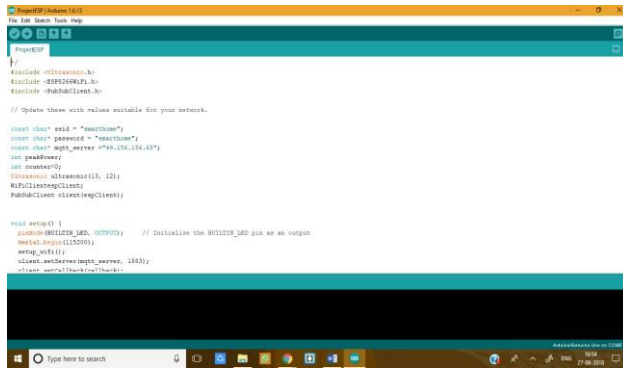


Рисунок 3.21 Arduino код для програмування ESP8266-12F

Існувало багато способів надсилання даних із датчика в хмару,

- Від датчика до хмари через Ethernet
- Датчик мобільної телефонної мережі до хмари
- Датчик далекої радіостанції в хмару
- Датчик на Wi-Fi роутер в хмару
- Сенсор до мобільного телефону до хмари

У цьому документі для передачі даних із датчика в хмару вибрано останній варіант надсилання даних із датчика в хмару за допомогою програми мобільного телефону. Щоб мати справу з хмарою, потрібен її сервер, і в цій роботі використовується сервер MQTT. Щоб почати з підключення до мережі Wi-Fi, запрограмуйте ESP-12F як після підключення, індикатор ON на модулі ESP показує, активований модуль чи ні. Після підключення опублікуйте оголошення про кількість кубиків на панелі активності.

4. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

У даному розділі було проведено дослідження з моделюванням стійкості різних агрегатів до витривалості під час роботи.

Підкреслений концептуальний дизайн нашої напівавтоматизованої машини перешкоджає орієнтації гідравлічного преса вниз, виходячи з конструктивних міркувань. Стиснення глиняної суміші в прес-формі є результатом стискаючого ефекту, який гідравлічний циліндр чинить на глиняну суміш під час роботи. Орієнтація гідравлічного преса вниз: ця конкретна система має деякі переваги та недоліки, які були враховані під час вибору. Тут рух штока вниз стискає глиняну суміш, а втягування штока з прикріпленим механізмом піднімає або викидає цеглу з ВСС (форми). Ця конкретна концепція конструкції є перевагою, оскільки сила тяжіння сприяє руху під час стиснення, оскільки гідравлічний балон працює над глиняною сумішшю у формі. Таким чином, отримана цегла є досить міцною. Недоліки цієї концепції полягають у її складності та використанні металу для проектування та виготовлення необхідних механізмів для реалізації виштовхування цегли з форми, коли гідравлічний шток втягується після стиснення. Конструкція працює на двох ступенях свободи. Перший ступінь свободи вздовж осі X дозволяє переміщати коробку для подачі вперед і назад для заповнення глиняної суміші в формувальній коробці. Другий ступінь свободи вздовж осі Y дозволяє переміщати вгору та вниз коробку для пресування та коробку для викиду. Зверніть увагу на ключі, які показують, що бункер, формування коробки, циліндр циліндра перебувають у нерухомій рамі, тоді як коробка подачі, плунжер та пресувальна коробка, виштовхувальна коробка знаходяться в рухомій рамі конструкції машини.

Проектні розрахунки були проведені на наступних ключових вузлах машини:

- Формувальна камера
- Насос

- Бункер і живильник
- Опорна рама верстата - напрямні тяги

Формувальна камера (МС) була сконструйована таким чином, щоб враховувати зміну прес-форм, які надають цеглі різні форми, тобто, МС може виготовляти цеглу з пазами та цеглу без канавок залежно від вибору виробника.

Визначення межі текучості (МПа), знаючи, що:

Максимально допустима напруга = межа текучості (МРА)/коефіцієнт міцності

Максимально допустиме напруження, що діє на стінки форми = 10 МПа, враховуючи коефіцієнт безпеки = 5

Межа текучості = максимально допустиме напруження x коефіцієнт міцності = 50 МПа, знаючи, що межа текучості для конструкційної сталі = 250 МПа

Визначаючи прогини прес-форми та допустиму товщину для визначення прогинів прес-форми, були враховані такі параметри конструкції;

- Інтенсивність розподіленого навантаження (ω) (Н/мм)
- Довжина прикладеного навантаження (L) (мм)
- Момент інерції (I) (кг/м^2)
- Модуль пружності Юнга.

Максимальний прогин визначається:

$$Y_{\max} = \omega l^4 / 384EI$$

За результатами розрахунку вище допустима товщина форми = 18 мм

Розмір прес-форми визначався на основі розміру цегли, яку необхідно виготовити, і кількості глиняної суміші, необхідної для виготовлення такої цегли. Розглянуті фактори;

Розміри цегли (Д х Ш х В) = 300 мм х 150 мм х 150 мм Товщина штампувального листа = 20 мм

Товщина бічних канавок = 10 мм

Толерантність = 20 мм Таким чином, розмір форми Ширина = ширина цегли = 150 мм Довжина = довжина цегли + товщина бічних канавок = 300 + (2 х 10) = 320 мм

Висота = висота цегли + 60% висоти цегли + додатковий допуск + товщина двох штампувальних пластин

= 150 + 90 + 20 + 40 = 300 мм Отже, розміри форми (Д х Ш х В) = 320 мм х 150 мм х 300 мм.

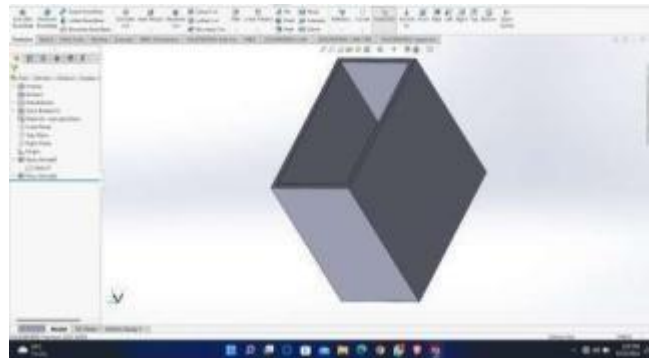


Рисунок . 4.1 Камера форми

Об'єм живильника

Живильник призначений для розміщення всього об'єму суміші, необхідного для виробництва цегли при кожному стисканні. Оскільки функція подачі полягає в тому, щоб взяти суміш із бункера та помістити її у форму, буде використано м'яку сталь товщиною 3 мм.

Об'єм форми (Д х Ш х В) = 320 мм х 150 мм х 300 мм,

Оскільки об'єм живильника має бути принаймні рівним об'єму форми, враховуються такі фактори: Товщина форми = 10 мм

Довжина прес-форми = 320 Бічні пластини для штампування, які мають товщину 10 мм з обох боків форми. Таким чином, розміри подавача:

Ширина живильника = ширина прямокутної основи бункера = 190 мм

Довжина годівниці = 320 мм + 10 мм + 10 мм = 340 мм

Висота пристрою подачі = висота цегли + 60% висоти цегли +
доданий допуск 24 = 150 + 90 + 20 мм = 260 мм



Рисунок . 4.2 Форма живильника

Отже, розмір живильника (Д x Ш x В) = 340 мм x 190 мм x 260 мм

Конструкція бункера:

Бункер буде сконструйовано таким чином, щоб вміщувати об'єм суміші, необхідний для виготовлення принаймні 80 цеглин за цикл. Бункер матиме форму усіченої прямокутної піраміди як великий контейнер, що подає до живильника необхідний об'єм суміші для кожної операції виробництва цегли.

Отже, Розміри прямокутної базової секції бункера; Ширина = 190 мм
Довжина = 340 мм

Крім того, розмір прямокутної верхньої секції бункера Width = 190 мм;

Довжина = 340 мм

Висота бункера усіченої піраміди = 575 мм. Вага бункера з глиняною сумішшю.

Це буде визначено за допомогою наведеного нижче співвідношення щільності ваги;

Вага Щільність суміші (Н/м³) = вага суміші в бункері / об'єм суміші в бункері (м³) Об'єм = $[H/3] / [(X^2Y - x^2y)/(Xx)]$

X= довжина верхнього прямокутника Y= ширина верхнього прямокутника x= довжина нижнього прямокутника y= ширина нижнього прямокутника

$$V = [570/3] [(1300 \times 2 \times 735) - (340 \times 2 \times 272) / (1300 - 340)] V = 0,341612 \text{ м}^3$$

Щільність = маса/об'єм

$$\text{Щільність суміші } D = 1800 \text{ Н/м}^3 \quad 1800 \text{ кг/м}^3 = m / 0,34161 \text{ м}^3$$

$$\text{Маса} = 630 \text{ кг} \quad B_T = M \times G$$

$$W = 630 \times 9,8 \text{ м/с}^2 \quad F = 6180 \text{ Н/с}^2$$

Сила, що діє на Хупера, становить $6180/\text{с}^2$

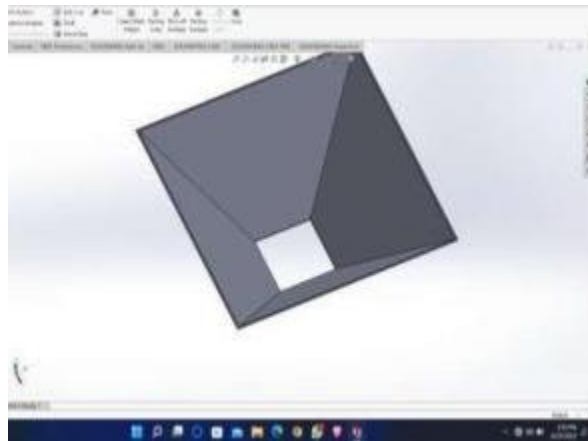


Рисунок . 4.3 Форма бункера

Для суцільного вала;

$$\text{Допустима напруга через осьове навантаження } (\sigma_a) = 4F/D^2$$

Де d --- діаметр напрямних стрижнів,

F --- Осьова сила, що прикладається до валу під час стиснення гідравлічним плунжером із використанням 10 болтових з'єднань як з'єднання натягу, так що шпилька вала та затиснуті компоненти з'єднання призначені для передачі 29 прикладеного навантаження розтягування через з'єднання за дизайном. З'єднання сконструйовано таким чином, що навантаження на затиск ніколи не подолається зовнішніми силами натягу через реакцію циліндрів подвійної дії. Отримати характеристики болтового з'єднання, коли лінія дії навантаження на вал паралельна осі болта (шпилька); тобто характеристики різьби, особливо номінальний діаметр, діаметр сердечника різьби.

Міцність на розрив кожного з'єднання можна визначити за допомогою рівняння нижче: Міцність на розрив на кожній шпильці $(W_t) = / 4 * c^2 * \sigma_t$

Де σ_t = напруга розтягу

d_c = діаметр серцевини або кореня різьби на валу.

Конструкція насоса

Знаючи тиск стиснення, необхідний для формування блоку, ми звузили наш вибір насосів до трьох різних класів. Технічні характеристики трьох різних типів насосів. Наша конструкція насоса враховує три основні параметри;

Потужність насоса

Потужність приводу

Визначення робочого об'єму насоса Робочий об'єм насоса можна розрахувати за допомогою наступного рівняння: Робочий об'єм насоса можна розрахувати за таким рівнянням: $V_p =$

$$(Q_m \cdot 1000) / n_p \cdot n_{vol.p}$$

Де:

V_p = робочий об'єм насоса ($\text{см}^3/\text{об}$)

Q_m = Швидкість потоку, необхідна насосу ($\text{літ}/\text{хв}$) n_p = швидкість вала насоса ($\text{об}/\text{хв}$)

Визначення потужності насоса

Номінальна потужність насоса визначається наступним рівнянням: $P_{out} = p \cdot (V_p \cdot n_p) / 600000$

Де:

p = тиск (бар) P_{out} = потужність (кВт)

V_p = робочий об'єм насоса ($\text{см}^3/\text{об}$) n_p = швидкість вала насоса ($\text{об}/\text{хв}$)

Визначення потужності приводу

Потужність приводу насоса розраховується за допомогою рівняння нижче;

$$P_{in} = p \cdot (V_p \cdot n_p) / 600000 \cdot \eta$$

V_p = об'єм насоса ($\text{см}^3/\text{об}$) n_p = швидкість вала насоса ($\text{об}/\text{хв}$)

P_{in} = потужність (кВт) p = тиск

Вузол формувальної коробки складається з двох сторін: поздовжньої та бічної сторін. Ці сторони утворюють прямокутну коробку, яка складає всю форму. Обидві сторони виготовлені з конструкційної сталі, яка має межу текучості 250 МПа та межу міцності на розрив 460 МПа. Максимальний тиск, створюваний гідравлічним циліндром у формувальній камері, становить 2,1 МПа, таким чином сила, що діє на стінки елементів, змінюється залежно від площі поверхні, що контактує зі стисненою цеглою.

Розбір поздовжніх сторін

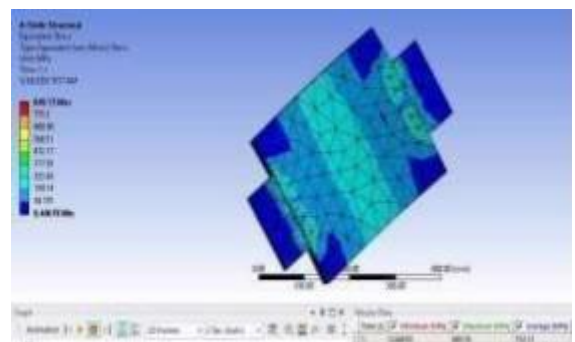
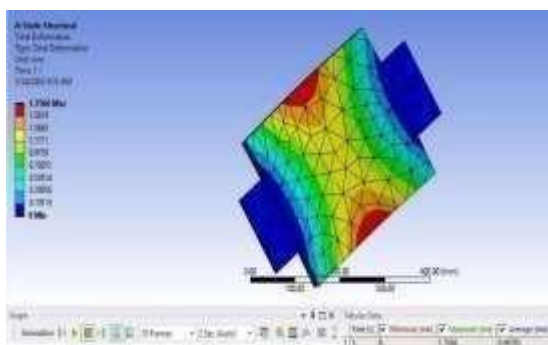
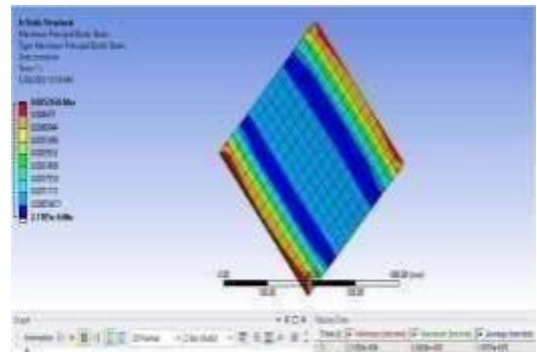
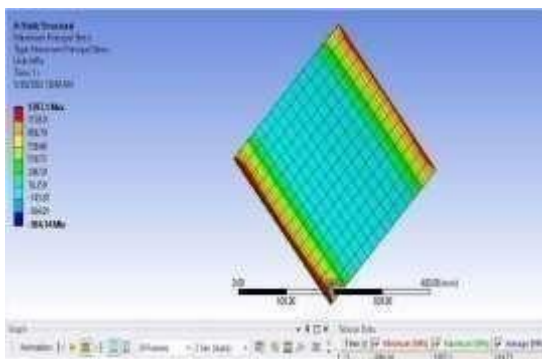
Площа поздовжньої сторони = $L \times B = 350 \text{ мм} \times 300 \text{ мм} = 105000 \text{ мм}^2 = 0,105 \text{ м}^2$
 Сила, що діє на площу поверхні = $P \text{ (MN/м}^2\text{)} \times A \text{ (м}^2\text{)}$

Таблиця 4.1 Результат аналізу Ansys на поздовжньому боці прес-форми

	Максимальне значення	Мінімум значення
Еквівалентна напруга (МПа)	1025.3	0,910
Загальний об'єм (мм)	4,926	0
МаксимумОсновна напруга (МПа)	1397.1	-584,14
Максимальна основна деформація (МПа)	0,00526	0,000000211

На основі результатів моделювання Ansys, наведених у таблиці, ми бачимо, що ми маємо еквівалентне напруження (напруження фон-Міссеса) 1025,3 МПа та загальний прогин 4,92 мм. З отриманих результатів стає зрозуміло, що напруга фон Міссеса більша, ніж межа текучості матеріалу в певних точках напруги. Зважаючи на це, ми змінили наш дизайн, щоб вирішити цю проблему. Наші модифікації та результати моделювання показані нижче.

Щоб вирішити проблему еквівалентного напруження, яке було більшим, ніж межа текучості, ми додали посилення до поздовжніх сторін, а потім провели симуляцію аналізу напруги Ansys, щоб перевірити, чи не вийде деталь з ладу під час дії допустимої напруги 2,1 МПа. У таблиці показано результати, отримані за допомогою програмного забезпечення моделювання Ansys. З наших результатів моделювання Ansys, наведених у таблиці було помічено, що отримане максимальне (напруга фон-Міссеса) становило 849,55 МПа, а загальний прогин становить 1,75 мм. Отримані результати показують, що отримана напруга фон-Міссеса більша, ніж межа текучості матеріалу в певних точках напруги. Завдяки цим даним ми знали, що деталь може вийти з ладу в тих областях, де накопичується високе навантаження. Щоб вирішити цю проблему, ми внесли зміни до початкової конструкції, щоб гарантувати, що деталь працює належним чином без збоїв під час роботи.



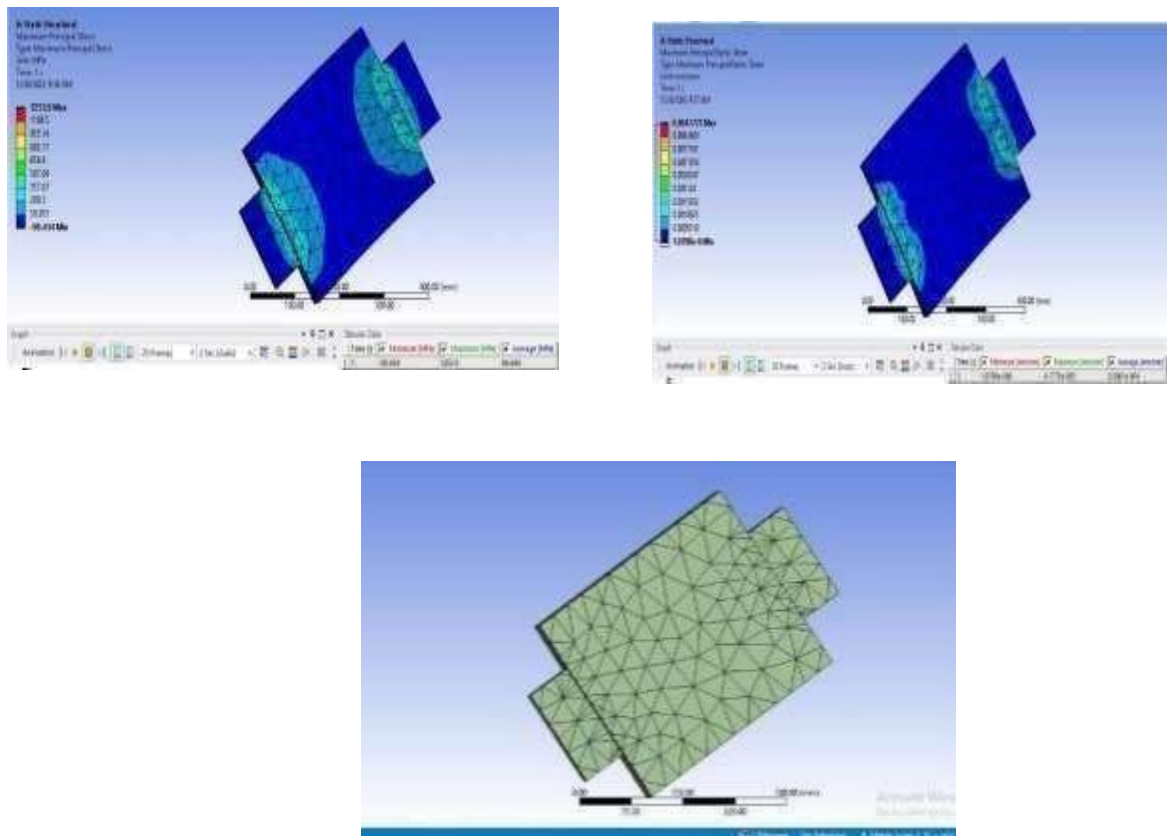


Рисунок 4.4 Результати моделювання.

Таблиця.4.2 Результат Ansys модифікованої поздовжньої сторони формувальної коробки.

	Максимальне значення	мінімум Значення
Еквівалентна напруга (МПа)	176,76	6,0689
Загальний об'єм (мм)	0,77884	0
Максимальна основна напруга (МПа)	198,05	-64,618
Максимальна основна деформація (МПа)	0,0008142	-2,747x10 ⁻⁶

Площа поздовжньої сторони = $L \times B = 300 \text{ мм} \times 150 \text{ мм} = 45000 \text{ мм}^2 = 0,045 \text{ м}^2$
 Сила, що діє на площу поверхні = $P \text{ (MN/м}^2\text{)} \times A \text{ (м}^2\text{)} = 2,1 \times 106 \times 0,045 \text{ м}^2 = 94500 \text{ Н}$

Після визначення сили, що діє на площу поверхні бічної сторони, ми імпортували модель CAD в Ansys для проведення аналізу напруги.

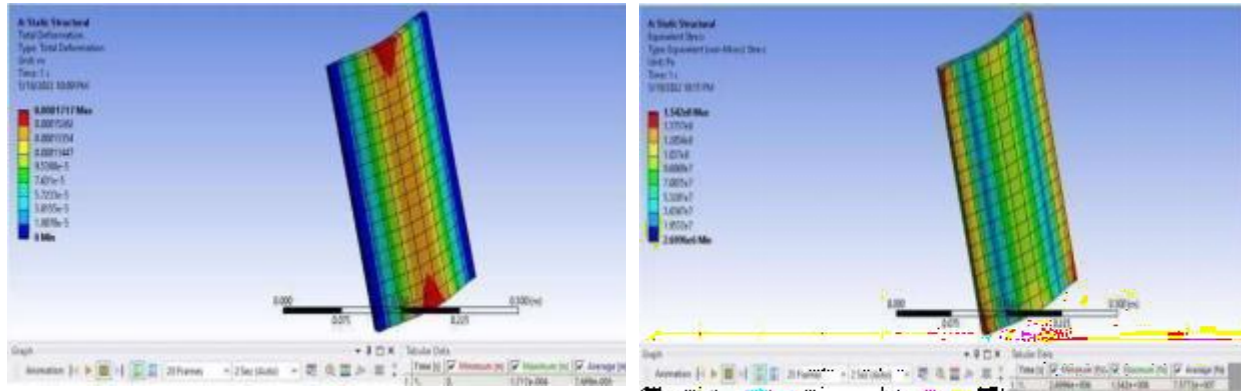


Рис 4.5 Напруження.

Таблиця.4.3 Аналіз бічної сторони форми

	Максимальне значення	мінімум Значення
Еквівалентна напруга (МПа)	154.2	2.69
Загальний об'єм (мм)	0,1717	0
Максимальна основна напруга (МПа)	251	-102,44
Максимальна основна деформація (МПа)	9,590	7.91

Завдяки додаванню додаткової конструкційної сталеві пластини товщиною 6 мм у формувальну коробку, а також беручи до уваги вставки 10 мм, які ми використовуємо для зняття фасок на краях виробленої цегли, обидві конструкції становлять арматуру товщиною 16 мм. Це допомагає зменшити напругу, що виникає в різних точках напруги всередині деталі. Таблиця і рисунок показують результати, отримані за допомогою програмного

забезпечення моделювання Ansys. З таблиці видно, що після модифікацій моделі ефективне напруження стало 76,12 МПа, а загальна деформація становила 0,69 мм. Ці значення знаходяться в межах допустимої напруги, що гарантує, що ця деталь не вийде з ладу під час роботи.

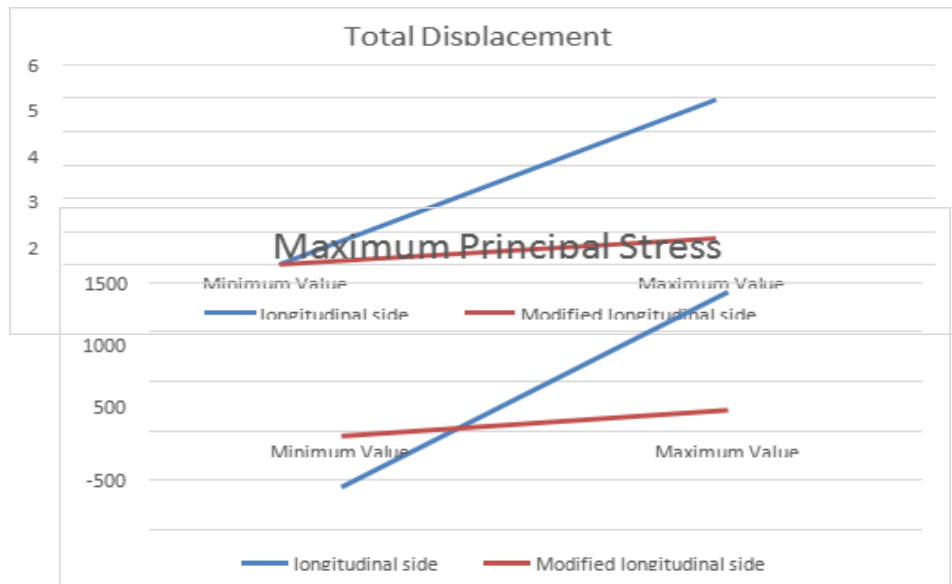


Рисунок 4.6 Загальна деформація поздовжньої та модифікованої поздовжньої прес-форми.

Рисунок 4.7. Макс. головні напруги поздовжньої та модифікованої поздовжньої прес-форми.

На основі результатів моделювання Ansys ми отримали максимальне еквівалентне напруження: 176,76 мПа та загальний прогин 0,778 мм для поздовжньої сторони формувальної коробки. Таким чином, межа текучості матеріалу (м'якої сталі), який використовується для виготовлення прес-форми, відповідає межі текучості, щоб вона могла витримувати прикладену силу. Максимальна еквівалентна напруга на бічній стороні прес-форми становить 76,12 МПа, а загальне зміщення становить 0,69 мм, що впадає під допустиму напругу, що гарантує, що деталь не виходить з ладу під час роботи. Структурний аналіз на довгому та малому валу має діаметр 50 мм та довжину 600 мм та 400 мм відповідно. Значення, які ми отримали для максимального

еквівалентного напруження довгого валу, становлять 48,12 МПа та загального зсуву 0,12 мм. Для максимального головного напруження малого валу ми отримали значення 4,24 МПа та загальне зміщення 0,05 мм. Таким чином, ці значення менші за граничну межу міцності на розрив нержавіючої сталі, яка становить 505 МПа, і межу текучості 215 МПа, тому вона може витримувати навантаження на розтягування, що на неї накладається. З аналізу бункера ми отримали значення максимального головного напруження 0,000172 МПа та 0,1209 МПа для максимального еквівалентного напруження. Загальна деформація становить 0,000903 мм, що відповідає межі текучості (300 МПа) і межі міцності на розрив (400 МПа) бункера, виготовленого з оцинкованої сталі. Таким чином, він без збоїв витримає навантаження, що додаються.

При структурному аналізі рами ми отримали значення максимального еквівалентного напруження 104 МПа та загальну деформацію 2,7 мм. Ця розумна і інтегрована машина для виготовлення цегли розроблена, щоб забезпечити прийнятну продуктивність із доступними інвестиціями. Машина розрахована на виконання завдання за короткий проміжок часу. Це забезпечує масове виробництво, що підвищує ефективність заводу, що зменшує робоче навантаження, а також знижує собівартість виробництва.

5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Опис програмного забезпечення ANSYS

Програмне забезпечення ANSYS можна використовувати для багатьох видів аналізу, наприклад, структурного, модального та гармонічного відгуку. Це програмне забезпечення FEA із США, яке використовується протягом 40 років. Програмне забезпечення має дві платформи; ANSYS Workbench і ANSYS Mechanical APDL, раніше відомий як ANSYS Classic. У цьому звіті ANSYS Mechanical APDL буде називатися ANSYS Classic, оскільки це загальноприйнятий термін в Atlas Copco AB.

ANSYS – це програмне забезпечення для інженерного моделювання та аналізу, яке широко використовується у науково-дослідницьких і виробничих сферах для вирішення складних інженерних задач. Воно належить до класу CAE-систем (Computer-Aided Engineering) і дозволяє моделювати фізичні явища у різних галузях, таких як механіка, теплопередача, електромагнетизм, аеродинаміка та інші.

Програма ANSYS пропонує широкий набір інструментів для аналізу методом скінченних елементів (Finite Element Analysis, FEA). Цей підхід дозволяє розділити складну конструкцію на дрібніші елементи (сітку) для точного моделювання фізичних властивостей і поведінки. Це особливо корисно для розрахунків напружень, деформацій, температурних полів та динамічних характеристик конструкцій.

ANSYS застосовується в таких галузях, як автомобільна, авіаційна, енергетична промисловість, електроніка та будівництво. Наприклад, в автомобілебудуванні програму використовують для оптимізації конструкції двигунів, а також для аналізу впливу зовнішніх факторів на кузов автомобіля. В авіаційній галузі ANSYS допомагає розраховувати аеродинамічні властивості літаків, включаючи моделювання повітряних потоків.

Однією з основних переваг ANSYS є її багатфункціональність. Вона підтримує мультифізичне моделювання, яке дозволяє аналізувати взаємодію між різними фізичними процесами. Наприклад, можна одночасно розглядати механічні напруження та теплові впливи на матеріал.

ANSYS має модульну структуру, що дозволяє користувачам обирати лише ті інструменти, які потрібні для виконання конкретних завдань. Серед популярних модулів можна виділити ANSYS Mechanical для структурного аналізу, ANSYS Fluent для моделювання течій рідини і газу, та ANSYS Maxwell для електромагнітного аналізу.

Окрім цього, ANSYS активно інтегрується з іншими програмними засобами, включаючи CAD-системи, що значно спрощує імпорт геометричних моделей. Це забезпечує ефективну взаємодію між різними етапами проектування та аналізу.

Програмне забезпечення також підтримує хмарні обчислення, що дозволяє виконувати складні розрахунки на високопродуктивних серверах. Це особливо важливо для компаній, які працюють із великими моделями та даними.

Інтуїтивно зрозумілий графічний інтерфейс ANSYS полегшує доступ до потужних функцій програми. Користувачі можуть створювати моделі, налаштовувати параметри аналізу та переглядати результати у вигляді 3D-візуалізації. Для досвідчених користувачів є можливість використовувати скриптову мову APDL (ANSYS Parametric Design Language) для автоматизації процесів.

Програма також надає розвинуті засоби для аналізу матеріалів, включаючи бібліотеки з тисячами матеріалів із відомими властивостями. Це дозволяє моделювати поведінку як традиційних, так і композитних матеріалів у різних умовах.

ANSYS постійно оновлюється, додаючи нові функції та вдосконалюючи продуктивність. Це робить її одним із лідерів у сфері інженерного

програмного забезпечення. Інструменти оптимізації в ANSYS дозволяють автоматично шукати найкращі рішення для конкретних завдань, що значно підвищує ефективність процесу проектування.

ANSYS є універсальним інструментом для інженерів, який дозволяє проводити глибокий аналіз складних фізичних процесів. Програма підтримує нелінійний аналіз, що дає змогу моделювати поведінку матеріалів під час великих деформацій або за наявності складних контактних взаємодій.

Однією з ключових особливостей ANSYS є її здатність до точного моделювання динамічних процесів, таких як вібрації, удари та акустичні явища. Програма забезпечує аналіз як статичних, так і динамічних навантажень, що робить її ідеальною для роботи з конструкціями, які піддаються циклічним впливам.

ANSYS широко застосовується для моделювання в енергетичному секторі, зокрема для оптимізації конструкції турбін, генераторів і теплообмінників. Крім того, програму використовують для аналізу електронних пристроїв, наприклад, для моделювання теплових потоків у мікросхемах або аналізу електромагнітного випромінювання.

Однією з інноваційних функцій ANSYS є можливість топологічної оптимізації, що дозволяє проектувати легкі, але міцні конструкції, мінімізуючи використання матеріалів. Інструменти візуалізації результатів в ANSYS дозволяють створювати зрозумілі графіки, карти напружень, температур та інших параметрів.

Для спеціалістів, які працюють із адитивним виробництвом, ANSYS пропонує модулі для аналізу 3D-друку, включаючи моделювання процесів плавлення порошкових матеріалів. Це допомагає передбачати дефекти та оптимізувати параметри друку.

Програма підтримує багатопоточність, що дозволяє значно пришвидшити розрахунки, використовуючи сучасні багатоядерні процесори.

Унікальною особливістю ANSYS є інтеграція з інструментами штучного інтелекту для прогнозування результатів на основі історичних даних.

ANSYS також підтримує параметричне моделювання, що дає змогу створювати моделі з можливістю автоматичної зміни параметрів для аналізу різних сценаріїв. Середовище ANSYS Workbench забезпечує зручний доступ до різних модулів і дозволяє ефективно керувати всіма етапами проектування.

Для навчання нових користувачів доступні інтерактивні тренінги, онлайн-курси та документація, яка охоплює всі аспекти роботи з програмою. Програма часто використовується в академічних дослідженнях для моделювання нових матеріалів або розробки передових технологій.

ANSYS дозволяє проводити аналіз стійкості конструкцій під впливом екстремальних навантажень, таких як вибухи, сильні вітри або землетруси. Важливим аспектом є підтримка глобальної спільноти користувачів, яка ділиться знаннями, прикладами і практичними порадами через форуми та конференції.

Програмне забезпечення включає можливість моделювання поведінки багатофазних потоків, що є критичним для проектування складних систем, таких як теплообмінники або хімічні реактори. ANSYS допомагає проводити оптимізацію систем охолодження електроніки, мінімізуючи ризик перегрівання компонентів.

Розширені функції моделювання в умовах нестандартних температурних і тискових умов дозволяють застосовувати ANSYS для космічної індустрії. Крім цього, програма дозволяє моделювати явища в мікромасштабі, що є важливим для розробки нанотехнологій.

Інтеграція ANSYS з програмами управління даними, такими як PDM/PLM-системи, забезпечує повний цикл управління продуктом – від проектування до виробництва. Програма також підтримує технологію Digital Twin, яка дозволяє створювати цифрові двійники реальних об'єктів для моніторингу їх стану.

Для симуляцій аеродинамічних процесів ANSYS пропонує можливість моделювання турбулентних потоків, що є важливим для аналізу складних об'єктів, таких як літаки або вітрові турбіни. ANSYS Fluent, один із модулів програми, широко застосовується для вивчення динаміки рідин та газів у різних умовах.

ANSYS дозволяє виконувати аналіз безпеки конструкцій, включаючи оцінку їх довговічності та вірогідності відмови. Важливо, що програма підтримує інтеграцію з платформами для обробки великих даних, що робить її корисною для сучасних інженерних проєктів.

Платформа ANSYS Workbench є розширеним інструментом моделювання. Огляд аналізу здійснюється за допомогою системи перетягування. Він побудований на ANSYS Classic.

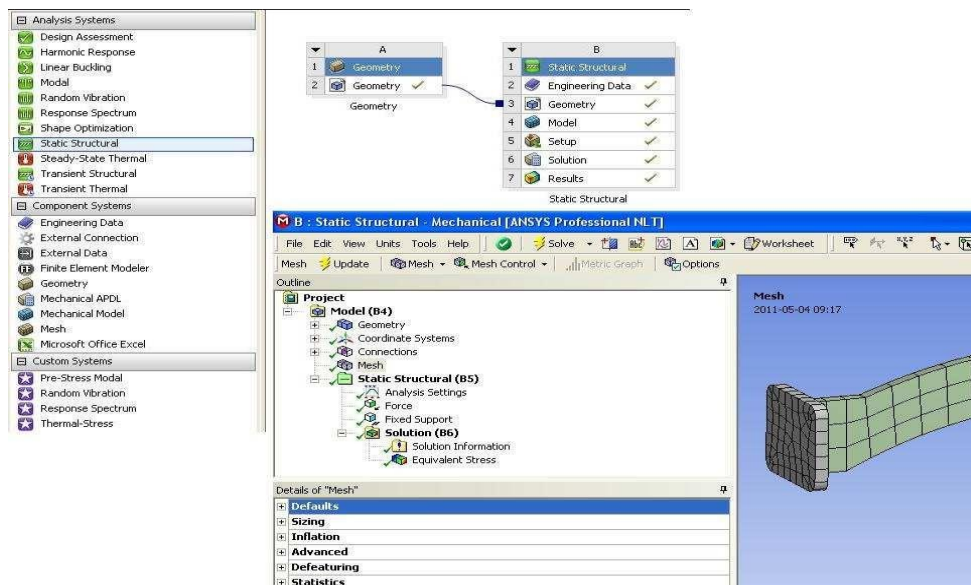


Рисунок 5.1: ANSYS Workbench

ANSYS Workbench має підключення CAD; ANSYS DesignModeler. Використовуючи це підключення, модель можна створити з нуля, але також можна імпортувати з іншої системи САПР, відновити та оновити, щоб спростити модель для аналізу.

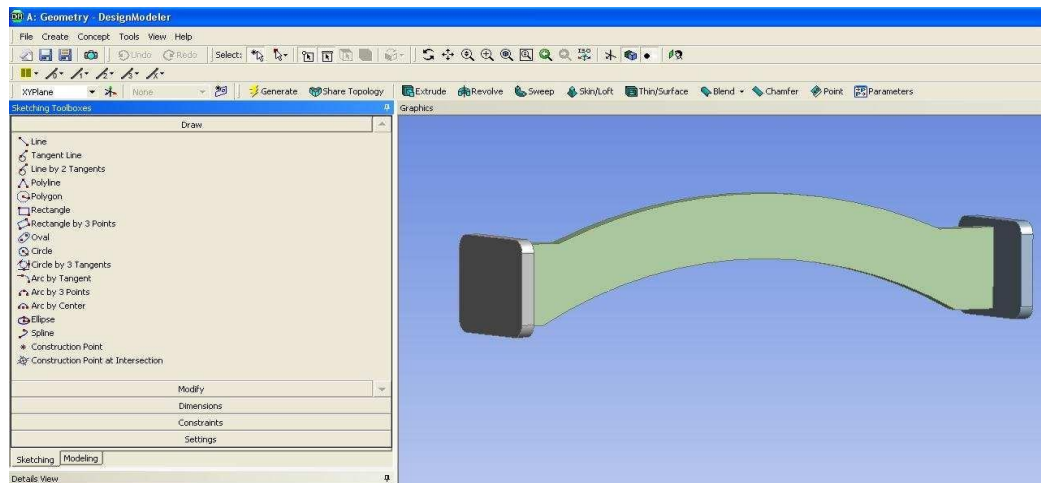


Рисунок 5.2 ANSYS DesignModeler

Найбільші відмінності полягають у тому, що платформа Classic використовує сценарії (команди в APDL) для створення геометрій, елементів і вузлів. Моделі також можна створити вручну за допомогою простішої форми GUI. (3) Ці дві платформи можна з'єднати, що дає можливість працювати з моделлю на обох платформах.

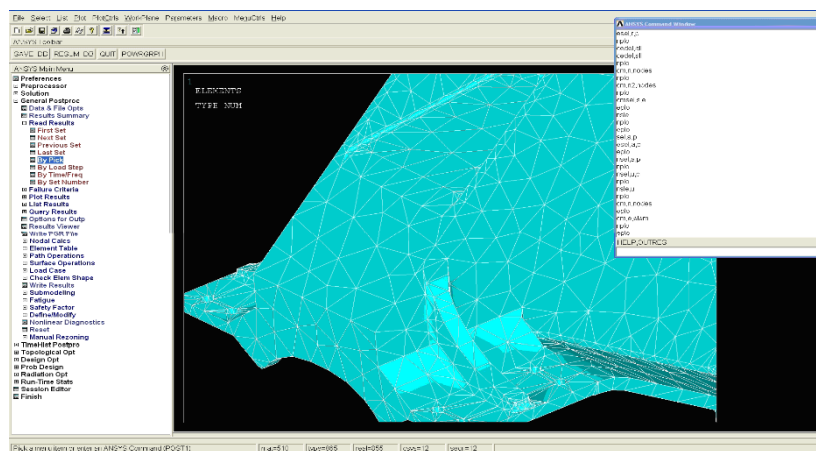


Рисунок 5.3: ANSYS Classic

Підсумовуючи, ANSYS – це потужний інструмент для вирішення інженерних задач будь-якого рівня складності. Завдяки своїм можливостям, програму широко використовують як у великих корпораціях, так і в університетах для навчання та досліджень.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Організація охорони праці при роботі з системою управління

Охорона праці розглядає проблеми забезпечення здорових і безпечних умов праці. Виявляє і вивчає можливі причини нещасних випадків, професійних захворювань, аварій, вибухів, пожеж і розробляє систему заходів і вимог з метою виключення цих причин і створення безпечних і сприятливих для людини умов праці.

Завдання охорони праці є зведення до мінімуму імовірності пошкодження або захворювання працівників з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці.

Навчання працівників безпеці праці проводять відповідно до вимог ГОСТ 12. 0.004 - 79, який встановлює порядок і види навчання. На всіх підприємствах і в організаціях незалежно від характеру і ступеню небезпеки виробництва навчання працівників проводять при підготовці нових робітників, проведенні різноманітних видів інструктажів і підвищенні кваліфікації.

Контроль за своєчасним і якісним навчанням виконує відділ охорони праці чи інженер з охорони праці, або ІТП, на якого наказом керівника підприємства покладено ці обов'язки. Ті, що вперше поступають на роботу, навчання проходять згідно з "Типовим положенням про підготовку і підвищення кваліфікації робітників". В журналі обліку навчальної роботи реєструють навчальну тему, за якою проводилось навчання.

Інструктаж працюючих поділяють на вступний, початковий, на робочому місці, повторний, позаплановий і початковий.

Вступний інструктаж з усіма, хто поступає на роботу незалежно від їх освіти і стажу роботи по даній професії, проводить інженер з охорони праці за програмою, затвердженою головним інженером підприємства, про проведення

вступного інструктажу з обов'язковим підписом того, хто проводив інструктаж і того, хто його отримував.

Початковий інструктаж на робочому місці, повторний, позаплановий і поточний проводить керівник робіт.

Початковий інструктаж на робочому місці проводять при прийомі на роботу нових робітників за інструкцією з охорони праці, розробленою для окремих професій або видів робіт. Всі робітники після цього інструктажу і перевірки знань 2-5 змін (залежно від навичок і стажу роботи) працюють під наглядом бригадира чи майстра, потім оформляється допуск до їх самостійної праці.

Повторний інструктаж проходять всі працівники незалежно від кваліфікації, освіти і стажу роботи через три місяці. Його проводять з метою перевірки знання робітниками правил і норм з охорони праці.

Позаплановий інструктаж проводять коли змінилися правила охорони праці або технологічний процес, обладнання, інструмент та інші фактори, що впливають на безпеку праці; коли працівники порушують правила охорони праці, що можуть призвести чи призвели до травм, аварій чи пожежі, вибуху. Його проводять індивідуально чи з групою робітників однієї професії за програмою початкового інструктажу на робочому місці. При його реєстрації вказують причину, яка спричинила його проведення.

Умови праці мають велике значення практично для всіх виробничих показників - продуктивності праці, якості робіт, безпеки працівників та інше.

Санітарно-гігієнічні умови праці характеризуються показниками виробничого середовища - рівнем освітлення, мікрокліматичними параметрами, загазованістю і запиленістю повітряного середовища, рівнем шуму і вібрації, наявністю іонізуючого випромінювання та інше.

6.2 Електробезпека

Електричні установки, з якими доводиться мати справу практично всім працюючим по встановленню та налагодженню засобів автоматизації, виявляють для людини велику потенційну небезпеку, яка збільшується у зв'язку з тим, що органи чуття людини не можуть на відстані виявити присутність електричної напруги на обладнанні.

Степінь ураження електричним струмом залежить від цілого ряду факторів: значення сили струму, електричного опору тіла людини та тривалості протікання через неї струму, виду та частоти струму, індивідуальних властивостей людини та умов навколишнього середовища.

Конструкція електроустановок має відповідати умовам їх експлуатації та забезпечувати захист персоналу від дотику з струмоведучими та рухомими частинами, а обладнання - від попадання всередину посторонніх твердих тіл та води.

Конструкція, вид виконання, спосіб встановлення, клас ізоляції застосовуваних провідників, кабелів, пристроїв та іншого електрообладнання відповідають вимогам електробезпеки. За ступенем ураження людей електричним струмом котельня відноситься згідно ПУЕ 1.1.13 до категорії приміщень з підвищеною небезпекою (висока температура, можливість одночасного дотику до металевих елементів технологічного обладнання або металоконструкцій будинку та металевих корпусів електрообладнання).

У нормальному режимі роботи обладнання - можливість ураження працівників електричним струмом виключена. Але на випадок аварії для запобігання ураження струмом людей передбачене захисне заземлення. Згідно ПУЕ 1.7.65 допустимий опір заземлення повинен бути не більшим 10 Ом.

При виконанні монтажних робіт використовуються переносні електроінструменти (електродрилі, електрошліфувальні установки, тощо).

Для забезпечення безпечної праці корпуси однофазних електроприймачів повинні занулюватись.

Захист людини від ураження електричним струмом в мережах з зануленням здійснюється тим, що при замиканні одної з фаз на занулений корпус в ланці цієї фази виникає струм короткого замикання, що діє на струмовий захист (плавкий запобіжник, автомат), в результаті чого відбувається відключення аварійної ділянки від мережі. Крім того, ще до спрацювання захисту струм короткого викликає перерозподіл напруги в мережі, що приводить до зниження напруги корпусу відносно землі. Таким чином, занулення зменшує напругу дотику та обмежує час, на протязі якого людина, що доторкнулася до корпусу, може потрапити під дію напруги.

Для того, щоб забезпечити швидке (на протязі декількох секунд) відключення аварійної ділянки, струм короткого замикання повинен бути достатньо великим. Відповідно до вимог ПУЕ струм короткого замикання повинен не менше ніж в три рази перевищувати номінальний струм плавкої вставки найближчого запобіжника або номінальний струм нерегульованого розчеплювача автоматичного вимикача. При використанні автоматичних вимикачів, що мають тільки електромагнітний розчіплювач (відсічку), струм короткого замикання повинен перевищувати значення струму встановлення миттєвого спрацювання в 1,25-1,4 рази в залежності від номінального струму.

В однофазних електроприймачів, що включені між фазним та нульовим робочим проводами, занулення корпусів слід виконувати з допомогою окремого (третього) провідника, який повинен з'єднувати корпус електроприймача з нульовим захисним проводом. В таких випадках під'єднувати корпуси електроприймачів для забезпечення електробезпеки до нульового робочого проводу недопустимо, оскільки при його розриві (перегоранні запобіжника) всі під'єднані до нього корпуси виявляться під фазною напругою відносно землі.

В мережі з зануленням недопустимо використовувати заземлення окремих електроприймачів, не під'єднавши їх перед цим до нульового захисного провідника. В цьому випадку при замиканні фази на заземлений, але не приєднаний до нульового захисного провідника корпус створюється коло струму через заземлення цього корпусу та заземлення нейтралі джерела струму. Такий випадок небезпечний, оскільки засоби захисту не зможуть відключити такий електроприймач через мале значення струму і тому небезпечна напруга на всіх корпусах може зберігатися тривалий період, поки заземлений приймач не буде відключений вручну.

Важливо відмітити, що якщо занулений корпус одночасно заземлений, то це тільки покращує умови безпеки, оскільки забезпечує додаткове заземлення нульового захисного проводу.

Для ізоляції людини від частин електроустановок, що знаходяться під напругою, використовуються основні та допоміжні ізолюючі засоби, а саме слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками, коврики, ізолюючі підставки, тощо.

У приміщеннях, де знаходяться вимірювальні прилади, необхідно забезпечити виконання заходів по боротьбі з статичною електрикою (тобто прилади повинні бути заземлені). Найпростішим засобом є підтримка відносної вологості повітря на рівні 50 - 60 % за допомогою побутового електрозволожувача.

Підлогу слід виконувати відповідно до ГОСТ 12.4.124-83, використовуючи антистатичне покриття на проходах і біля робочих місць.

Робітникам рекомендовано носити одержу з природних матеріалів або з комбінованих - природних і штучних волокон. Для зняття електростатичних зарядів з одержу слід використовувати антистатики побутового призначення.

Оскільки корпуси приладів виконані з металу, то для усунення небезпеки ураження людини електричним струмом (можливий пробій на корпус приладу) використовується захисне заземлення.

6.3 Розрахунок заземлення

Розрахуємо систему заземлення для електроустаткування, яке працює від напруги 220 В.

$$R_{\text{заз}} \leq \frac{U}{I_p} = \frac{220}{66} = 3.3 \leq 4 \text{ Ом}$$

Визначаємо опір ґрунту: $\rho = K_n * \rho_n = 2 * 200 = 400 \text{ Ом м}$,

де K_n - коефіцієнт підсилення;

ρ_n — питомий опір ґрунту (вибирається з довідкової літератури).

Визначаємо опір одиночного вертикального заземлювача:

$$R_B = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} * \frac{4t+1}{4t-1} \right)$$

де t - відстань від середини заземлювача до поверхні ґрунту, м;

l, d - довжина і діаметр стержня заземлювача, м;

$$R_B = 96 \text{ Ом.}$$

Визначаємо опір сталевій полоси, що з'єднує стержневі заземлювачі:

$$R_{II} = (\rho / 2\pi l) * \ln(l^2 / dt) = 61 \text{ Ом.}$$

Визначаємо орієнтовне число стержневих заземлювачів:

$$n = R_B / [r_B] \eta_B = 96 / 4 * 1 = 24 \text{ шт.};$$

r_B - допустимий по нормам опір заземляючого пристрою,

η_B - коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів (для орієнтовного розрахунку приймається рівним 1).

Приймаємо розміщення вертикальних заземлювачів по контуру з відстанню між сталевими заземлювачами рівним 21. З довідкової літератури визначаємо $\eta_B = 0,66$ і $\eta_I = 0,39$.

Визначаємо необхідну кількість вертикальних заземлювачів

$$n = R_B / [r_B] \eta_B = 96 / (4 * 0.66) = 36$$

Розраховуємо загальний розрахунковий опір аземлюючого пристрою R з врахуванням з'єднувальної полоси

$$R = R_B R_{II} / (R_B \eta_I + R_{II} \eta_B n) = 3.9 \text{ Ом.}$$

Розрахунок проведено правильно, оскільки виконується умова $R \leq [r_B]$.

Розрахунок штучного заземлення:

Приймаємо, що опір захисного заземлення не повинен перевищувати 4 Ом:

$$R_{33} = \frac{R_c R_n}{R_c + R_n} \leq 4 \text{ Ом}$$

де R_{33} – опір захисного заземлення;

R_c – опір стержневих заземлювачів;

R_n – опір поперечних заземлювачів.

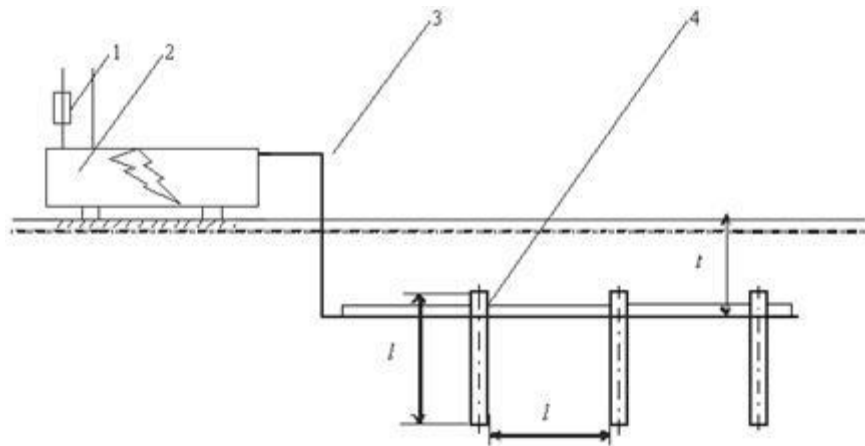


Рисунок 6.1 - Пристрій заземлення

4 – плавка вставка; 2 – електроустановка; 3 – з'єднувальна штаба; 4 – трубчатий заземлювач

Опір одиночного стержневого заземлювача розтіканню електричного струму:

$$R_{oc} = \frac{\rho_p}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \ln \frac{4h' + l}{4h' - l} \right)$$

де h – відстань від поверхні ґрунту до заземлювача і становить 0,8 м;

l – довжина стержневого заземлювача 3 м;

d – діаметр стержневого заземлювача 50 мм.

$$R_{oc} = \frac{750}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,05} + \ln \frac{4 \cdot 0,8 + 3}{4 \cdot 0,8 - 3} \right) = 39,8 \cdot (0,18 + 3,43) = 143,8 \text{ Ом}$$

Опір одиночного поперечного заземлювача:

$$R_{ок} = \frac{\rho_p}{2\pi l} \ln \frac{2l^2}{bh'}$$

де l – довжина поперечного заземлювача 2,5 м;

b – ширина полоси заземлювача 30 мм;

ρ_p – розрахунковий опір ґрунту: для поперечних електродів 1000 Ом·м, для стержневих електродів 750 Ом·м.

$$R_{ок} = \frac{1000}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \ln \frac{2 \cdot 2,5^2}{0,03 \cdot 0,8} = 63,7 \cdot 6,25 = 398,1 \text{ Ом}$$

В наслідок взаємовпливу вводимо коефіцієнт використання заземлювачів:

$$\eta = \frac{R_0}{nR_{\phi}}$$

де R_d – допустимий опір заземлення, що становить 4 Ом;

R_0 – опір одиночного заземлювача.

З цієї формули методом ітерацій підбирають n , при якому $\eta = 1$:

n	R_n	R_c	R_o	η
1	398,1	143,8	105,6	26,1
5	398,1	143,8	105,6	5,2
10	398,1	143,8	105,6	2,6
15	398,1	143,8	105,6	1,7
20	398,1	143,8	105,6	1,3
25	398,1	143,8	105,6	1,1
26	398,1	143,8	105,6	1,0
27	398,1	143,8	105,6	0,9

Отже приймаємо кількість одиночних заземлюючих електродів рівною

26.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У даній роботі було здійснено розробку та дослідження автоматизованої системи управління технологічним процесом виробництва цегли на основі платформи FIT.

Розглянуто ключові аспекти формування цегли та визначено основні параметри, які підлягають контролю. Установлено, що процес виготовлення має характерні особливості, які вимагають динамічного управління в режимі реального часу.

Для створення автоматизованої системи описано технічні характеристики виробничої лінії, розроблено її конфігурацію та визначено основні функціональні завдання управління.

На основі аналізу основних залежностей і моделей процесу виробництва було розроблено ефективну систему автоматизованого управління на базі контролера ARDUINO із використанням технології FIT.

Впровадження розробленої системи забезпечить покращення якості виробництва цегли та зменшення кількості браку на виробництві.

Інтелектуальна інтегрована машина для виробництва цегли була розроблена, щоб забезпечити прийнятну продуктивність із доступними інвестиціями. Це автоматизована модель із простим алгоритмом. Це багатофункціональна машина, яка може виготовляти різні види цегли високої якості, просто змінивши форму. Виробнича собівартість машини складає лише близько сорока чотирьох тисяч шістсот п'ятдесяти. Машина була розроблена для виконання завдання протягом короткого періоду часу. Це може досягти масового виробництва, що підвищує ефективність заводу, що зменшує робоче навантаження, а також знижує вартість виробництва.

Цегла є важливою вимогою для будівництва та основним доходом для багатьох людей в Індії. Дитяча праця є однією з важливих проблем, яка, як не дивно, здебільшого задіяна у виробництві цегли. Це може зменшити дитячу

працю, використовуючи автоматичну машину для виготовлення цегли. Прийняття цих машин дозволить підвищити продуктивність підприємства. У майбутньому буде великий попит на різні типи цегли, які можна отримати за допомогою автоматизованих машин для виробництва цегли. Нижче наведені рекомендації.

- Датчик температури можна розмістити поблизу двигуна, який може сприймати вищий діапазон температури та подавати сповіщення як тривогу.
- Верстат можна зробити рухомим.
- Конвеєрну стрічку можна прикріпити на вихідній стороні для збору викинутої цегли.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Edward Allen, Robert Hallon. Fundamental of residential construction (3rd edition), 672 pages. John Wiley & Sons, San Francisco, USA, 2011.
2. Roy chudley, Roger Greeno. Construction Technology (4th edition), 634 pages. Prentice Hill, New Jersey, USA, 2000.
3. George J. Venta, P.Eng. “Life cycle analysis of brick and mortar products”, the ATHENATM Sustainable Material Institute, Canada, Ottawa, 1998.
4. George J. Venta, P.Eng. “Life cycle analysis of brick and mortar products”, The ATHENATM Sustainable Material Institute, Canada, Ottawa, 1998.
5. Aeslina AK, Abbas M, Felicity R, John B. “Density, strength, thermal conductivity and leachate characteristics of light weight fired clay bricks incorporating cigarette butts”, International Journal of Civil and Environmental Engineering, Vol. 2. Pp 179-184, 2010.
6. Hanifi B, Orhan A, Tahir S. “Investigation of fibre reinforced mud brick as a building material”, Construction and building material, Vol. 19. Pp. 313-318, 2005.
7. Rahman MA. “Properties of clay-sand-rice husk ash mixed bricks”, International Journal of Cement Composite Lightweight Concrete, Vol. 9. Pp. 105–108, 1987.
8. Demir I, Serhat M, Mehmet O. “Utilization of kraft pulp production residues in clay brick production”, Building and Environment, Vol. 40. Pp. 1533–1537, 2005.
9. Demir I. “An investigation on the production of construction brick with processed waste tea”, Building and Environment, Vol. 41. Pp. 1274–1278, 2006.
10. Caroline EV, Dylmar PD, Jose N, Rondon P. “The use of submerged-arc welding flux slag as raw material for the fabrication of multiple-use mortars and bricks”, Soldagem Insp. Sao Palo, Vol.14. Pp. 257–262, 2009.

11. R. Alonso-Santurde, A. Coz, J. R. Viguri, A. Andrés. “Recycling of foundry by-products in the ceramic industry: Green and core sand in clay bricks”, *Construction and Building Material*, Vol. 7. Pp. 96-106, 2012.
12. Romualdo R.Menzeses, Heber S .Ferriera, Gelmieres A. Neves, Heliolira, Heber C. Ferriera. “Use of the granite sawing waste in the production of ceramic bricks and tiles”, *Journal of European Ceramic Society*, Vol. 25. Pp. 1149-1158, 2005.
13. Kay Hamer, Volker Karius. “Brick production with dredged harbour sediments. An industrial-scale experiment”, *Journal of Waste Management*, Vol. 22. Pp. 521-530, 2002.
14. Iker Bekir Topcu, Burak Isikdag. “Manufacture of high heat conductivity resistant clay bricks containing perlite”, *Building and Environment*, Vol. 42. Pp. 3540–3546, 2007.
15. K.C.P. Faria, R.F. Gurgel, J.N.F. Holanda. “Recycling of sugarcane bagasse ash waste in the production of clay bricks”, *Environmental Management*, Vol. 101. Pp. 7-12, 2012.
16. Taner Kavas. “Use of boron waste as a fluxing agent in production of red mud brick”, *Building and Environment*, Vol. 41. Pp. 1779–1783, 2006.
17. J.A. Cusido, L.V. Cremades, M. González. “Gaseous emissions from ceramics manufactured with urban sewage sludge during firing processes”, *Waste Management*, Vol. 23. Pp. 273–280, 2003.
18. S.P. Raut, R.V. Ralegaonkar, S.A. Mandavgane. “Development of sustainable construction material using industrial and agricultural solid waste: A review of waste-create bricks”, *Construction and Building Material*, Vol. 25. Pp. 4037-4043, 2011.
19. M.I. Carretero, M. Dondi, B. Fabbri, M. Raimondo. “The influence of shaping and firing technology on ceramic properties of calcareous and non-calcareous illitic–chloritic clays”, *Applied Clay Science*, Vol. 20. Pp. 301– 306, 2002.

20. Vorrada Loryuenyong, Thanapan Panyachai, Kanyarat Kaewsimork, Chatnarong Siritai. "Effects of recycled glass substitution on the physical and mechanical properties of clay bricks", *Waste Management*, Vol. 29. Pp. 2717–2721, 2009.
21. C. Martínez-García, D. Eliche-Quesada, L. Pérez-Villarejo, F.J. Iglesias-Godino, F.A. Corpas-Iglesias. "Sludge valorization from wastewater treatment plant to its application on the ceramic industry", *Journal of Environmental Engineering*, Vol. 95. Pp. 5343-5348, 2012.
22. Michele Dondi, Guia Guarini, Mariarosa Raimondo, Chiara Zanelli, Daniele Dalle Fabbriche, Antonio Agostini. "Recycling the insoluble residue from titania slag dissolution (tionite) in clay bricks", *Ceramic International*, Vol. 36. Pp. 2461-2467, 2010.
23. Ismail Demir. "Effect of organic residues addition on the technological properties of clay bricks", *Waste Management Research*, Vol. 28. Pp. 622–627, 2008.
24. M. Dondi, G. Guarini, M. Raimondo, C. Zanelli. "Recycling PC and TV waste glass in clay bricks and roof tiles", *Waste Management*, Vol. 29. Pp. 1945–1951, 2009.
25. Kae Long Lin. "Feasibility study of using brick made from municipal solid waste incinerator fly ash slag", *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 137. Pp. 1810–1816, 2006.
26. D. Eliche-Quesada, C. Martínez-García, M.L. Martínez-Cartas, M.T. Cotes-Palomino, L. Pérez-Villarejo, N. Cruz- Pérez, F. A. Corpas-Iglesias. "The use of different forms of waste in the manufacture of ceramic bricks", *Applied Clay Science*, Vol. 52. Pp. 270-276, 2011.
27. Ismail Demir, Mehmet Orhan. "Reuse of waste bricks in the production line", *Building and Environment*, Vol. 38. Pp. 1451–1455, 2003.

28. Pai-Haung Shih, Zong-Zheng Wu, Hung-Lung Chiang. “Characteristics of bricks made from waste steel slag”, *Waste Management*, Vol. 24. Pp. 1043–1047, 2004.
29. Mucahit S, Sedat A. “The use of recycled paper processing residue in making porous brick with reduced thermal conductivity”, *Ceramic International*, Vol. 35. Pp. 2625–263, 2009.
30. Eduardo A. Dominguez, Rosa Ullman. “Ecological bricks made with clay and steel dust pollutant”, *Applied by clay science*, Vol. 11. Pp. 237- 249, 1996.
31. Abdul G. Liew, Azni Idris, Calvin H. K. Wong, Abdul A. Samad, Megat Johari, M. M. Noor, Aminuddin M. Bakri. “Incorporation of sewage sludge in clay brick and it’s characterization”, *Waste Management*, Vol. 22. Pp. 226-233, 2004.
32. A. Acosta, I. Iglasias, M. Aineto, M. Romero, J. MA. Rincon. “Utilization of IGCC slag and clay sterlise in soft mud brick (by pressing) for using in building bricks manufacturing”, *Waste Management*, Vol. 22. Pp. 887-889, 2002.
33. Geiza E. Oliveira, Jose Nilson Holand. “Use of mix of clay/solid waste from steel works for civil construction materials”, *Waste Management*, Vol. 22. Pp. 358-363, 2004.
34. Dondi M, Marsigli M, Fabbri B. “Recycling of industrial and urban wastes in brick production”, *Tile Brick International*, Vol. 13. Pp. 218–225, 1997.
35. Kute S, Deodhar S. “Effect of fly ash and temperature on properties of burnt clay bricks”, *Journal of Institute of Engineers*, Vol. 84. Pp. 82–85, 2003.
36. Junge K. “Additives in the brick and tile industry”, *Zi Brick Tile Industry International*, Vol. 12. Pp. 25-39, 2000.