

Іванів Микола Петрович

Мацик Володимир Михайлович

Розробка автоматизованої системи відпалювання керамічної плитки для підлоги

Керівник: доц. Голотенко О.С.

Development of an automatic control system of flooring clay tile annealing

АНОТАЦІЯ

У роботі розроблено автоматизовану систему керування процесом виробництва керамічної плитки для підлоги.

Проведено аналіз параметрів технологічного процесу з точки зору придатності до автоматизації. Виявлено всі параметри, похибка яких призводить до появи браку кінцевих виробів.

У проєктній частині досліджено та вдосконалено об'єкт автоматизації. Розроблено та спроектовано функціональну схему автоматизації процесу відпалу та формування керамічних виробів. Розроблено принципову схему автоматизації.

У спеціальній частині розраховано основні параметри автоматизованої системи керування, вибрано параметри налаштування регуляторів, розраховано якість регулювання, компенсатори реактивної потужності, трансформатори для забезпечення якісного виконання технологічного процесу.

Впровадження розробленої системи забезпечить суттєве зменшення браку, та економію енергоресурсів.

Ключові слова: ТЕМПЕРАТУРА, ПІЧ, РЕГУЛЯТОР, КЕРАМІЧНА ПЛИТКА, КОНТРОЛЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1. Техніко-економічне обґрунтування доцільності автоматизації процесу	8
1.2. Загальна характеристика технологічного процесу виробництва керамічної плитки для підлог способом напівсухого пресування.....	9
1.3. Аналіз браку, який виникає в технологічному процесі через його недосконалість..	15
1.4. Характеристика технологічного регламенту.....	16
1.5. Аналіз основних збурюючих впливів - зовнішніх і внутрішніх, через які з'являється брак	17
1.6. Висновок про доцільність запровадження автоматичного керування процесом випалювання.....	18
2. ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	19
2.1. Дослідження та вдосконалення об'єкта автоматизації	19
2.2. Аналіз рівня механізації процесу.....	19
2.3. Розробка і проектування функціональної схеми автоматизації.....	20
2.4. Розробка принципів схем автоматизації.....	22
2.5. Ідентифікація моделі об'єкта автоматизації	24
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	28
3.1. Розрахунок систем і засобів автоматизації	28
3.2. Вибір параметрів настроювання регуляторів	28
3.3. Оцінка якості регулювання системи.....	30
3.4. Визначення показників якості регулювання в тимчасовій області.....	31
3.5. Визначення показників якості регулювання в частотній області	33
3.6. Електропостачання.....	34
3.7. Визначення розрахункових силових навантажень цеху.....	35
3.8 Вибір та розрахунок компенсаторів реактивної потужності.	38
3.9. Розрахунок потужності необхідних трансформаторів для забезпечення технологічного процесу.....	39
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ХОРОНИ ПРАЦІ	44
4.1 Організація охорони праці при експлуатації печей.....	44
4.2 Розрахунок заземлення	46
4.3. Організація цивільного захисту на об'єктах промисловості та виконання заходів щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій техногенного походження.....	49
ВИСНОВКИ	53
БІБЛІОГРАФІЯ	54

ВСТУП

Будівельна кераміка займає одне з провідних місць в будівництві, багато в чому визначаючи загальний рівень будівельного виробництва.

Кераміка - це вироби і матеріали з властивостями, подібними до каменю, що отримується в процесі технологічної обробки мінеральної сировини і спікання її при високих температурах. Назва кераміки походить від грецьких слів «kermaike» - гончарне мистецтво і «kermos» - глина.

Керамічні матеріали одні з найдавніших штучних матеріалів, створених людиною. Виробництво будівельної кераміки в основному почало розвиватися в Китаї, країнах Сходу і Середньої Азії.

Довговічність, високі художні й декоративні якості, вогнестійкість, водонепроникність, повна відсутність токсичності, кислотостійкість визначили широко поширення керамічної плитки. Плитки керамічні для підлог використовують в промисловості, житлових, побутових, громадських будівлях з високими вимогами до частоти впливів жирів і інших хімічних реагентів, з інтенсивним рухом, а також в приміщеннях, де матеріал для підлог служить декоративним елементом в архітектурному оформленні. Матеріал цих плиток має малу пористість, високу щільність, вогнестійкість, володіє великою опірністю стираючим зусиллям.

Виробництво керамічних плиток для підлог включає в себе кілька операцій. Випал є найважливішою операцією при виробництві плитки і кераміки в загальному.

Печі та устаткування в якому проводиться термічна обробка, визначають якість виробу і ступінь оволодіння художнім і технічним задумом.

Піч, в якій проводять випал, є з одного боку, технологічним обладнанням, з іншого боку - термодинамічною системою.

Кваліфіковане володіння процесом випалювання керамічних виробів є одним із шляхів зниження споживання теплоти, і крім того отримання більш якісної продукції.

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Техніко-економічне обґрунтування доцільності автоматизації процесу

Технологічний регламент, передбачає виробництво плиток для підлоги методом напівсухого пресування. Основною ознакою напівсухого пресування керамічних виробів є формування їх з порошків шляхом пресування під значним питомим тиском 15-40 МПа.

Процес випалу є найважливішою операцією при виготовленні кераміки. Від успішного володіння цією операцією залежать результати всієї роботи. Автоматизація печі випалу приводить до підвищення якості плиток і до зниження браку.

Для випалювання кераміки застосовують різні типи печей. У випалюванні плиток в основному застосовують тунельні печі.

Оцінкою роботи печі в кінцевому підсумку є якість кінцевого продукту. Якість продукту залежить від витримки заданого закону заданої температурної кривої випалу.

Витримка заданої температурної кривої залежить від рівня автоматизації і якості регулювання.

Порівняно велика витрата тепла на випал визначається низьким ККД топок, і для зменшення слід зменшувати втрати тепла в навколишнє середовище, застосовувати рециркуляцію відпрацьованих газів і т. д.

Економічна ефективність - це порівняння результатів автоматизації і витрат на неї.

Технічно грамотно здійснена автоматизація виробництва вивільняє певну кількість робочих, різко збільшує випуск продукції, значно знижує її собівартість і підвищує якість. Слід впроваджувати тільки ту техніку, яка дає великий економічний ефект.

Автоматизація тунельних печей дозволяє уникнути ряд недоліків і отримати суттєвий економічний ефект. У більшості випадків витрати на автоматизацію не перевищують кількох відсотків від собівартості продукції.

1.2. Загальна характеристика технологічного процесу виробництва керамічної плитки для підлог способом напівсухого пресування

Основні технологічні рішення прийняті на підставі чинного технологічного процесу виробництва керамічної плитки для підлог прийнятими «Об'єднанням з виробництва будівельних матеріалів та побутової техніки». Технологічний процес виготовлення плитки способом напівсухого пресування включає наступні групи операцій: кар'єрні роботи, приготування преспорошку, пресування, сушку і випалення виробу.

Кар'єрні роботи виконуються відповідають гірничо-експлуатаційними умовами місцезнаходження глин. Сировинні матеріали розвантажуються з вагонів і за допомогою стрічкового транспортера (поз.1, рис. 1.1) подаються на склад глинистої сировини (поз.12).

Сировина зберігається в обладнаному критому складі. На складі підтримується запас глинистого сировини на п'ять місяців.

Розвантаження сипучих матеріалів (польового шпату, кварцового піску, що надходять в вагонах, проводиться на складі матеріалів.

На складах передбачені проміжні бункера (поз.3), під якими встановлені пластинчасті живильники (поз.4), що подають матеріали на дроблення в відповідно, дробарку (поз.5) і валковий дробарку (поз.13).

При передбаченої готової продуктивності керамічної плитки застосовують такі матеріали:

- глина з різних родовищ;
- камені мокрому збагачення;
- камені сухого збагачення;
- пісок кварцовий;

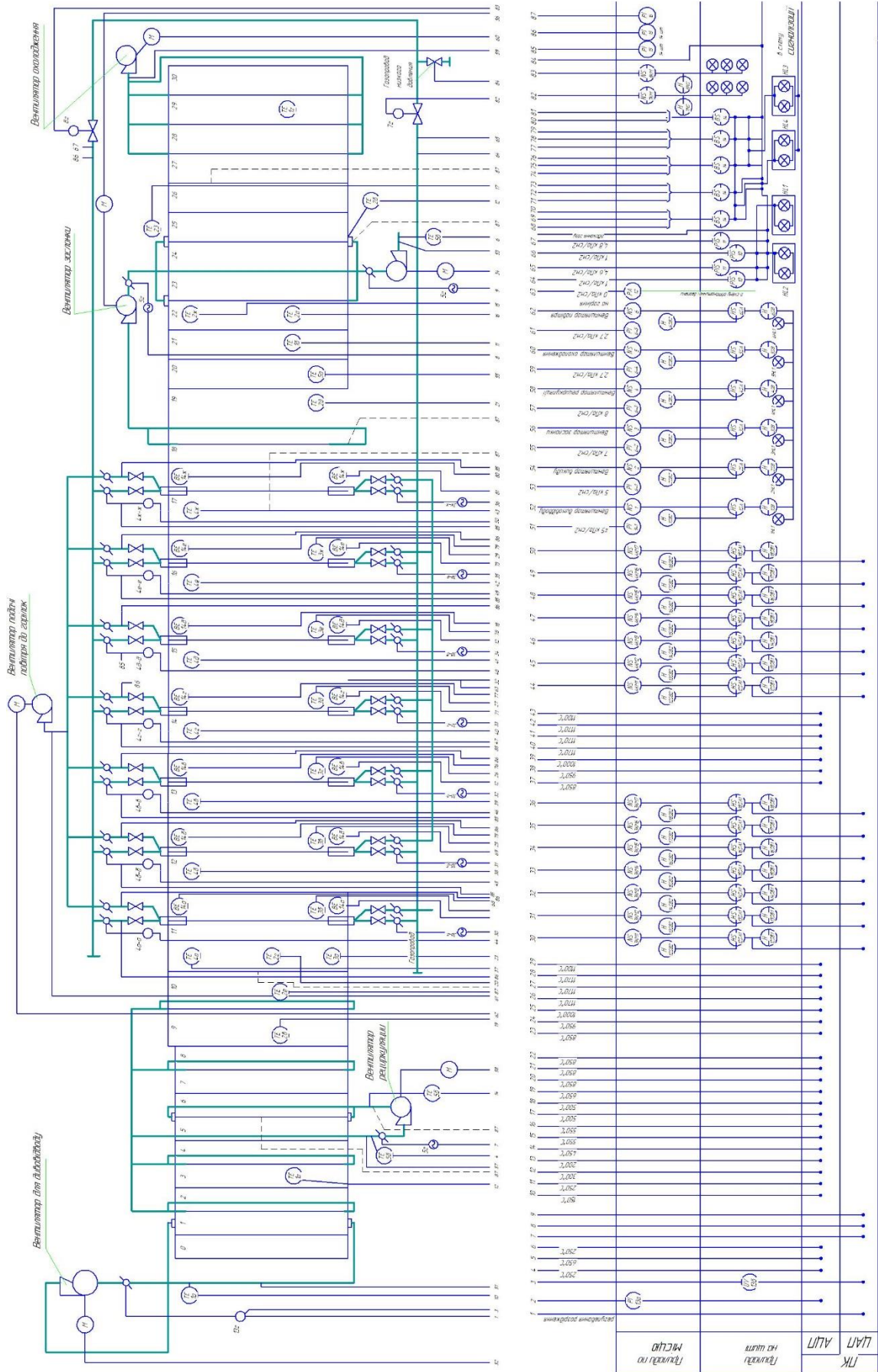


Рисунок 1.1 – схема автоматизації відпалу керамічної плити.

- концентрат сієніт силікатна глиноземний;
- доломітні матеріали;
- триполіфосфат натрію;
- склогранули;
- селітра;
- натрій азотнокислий;
- сірка колота природна;
- селен;
- окис хрому;
- кобальту окис;
- хлористий кальцій;
- борат кальцію;
- цирконієвий концентрат;
- натрій кремієфтористий;
- двоокис титану;
- сурик свинцевий;
- борна кислота;
- бура технічна;
- кріоліт штучний технічний;
- поташ - калій вуглекислий;
- карбонат стронцію;
- барій вуглекислий вищий сорт.

Схема технологічного процесу виготовлення плитки приведена на рис.

1.2.

Подрібнені глинисті і сипучі матеріали системою стрічкових транспортерів (поз.1) і елеваторів (поз.6) подаються в витратні бункера (поз.3). Глини, вологістю більше 10%, подають в обертову сушилку (поз.16) для підсушування до 6-8%.

Матеріали подаються в млин з обертливими кільцями (поз.7). Після сушіння і дроблення матеріали подаються в проміжні силоси (поз.18).

Технологічний процес виробництва керамічної плитки для підлоги способом напівсухого пресування

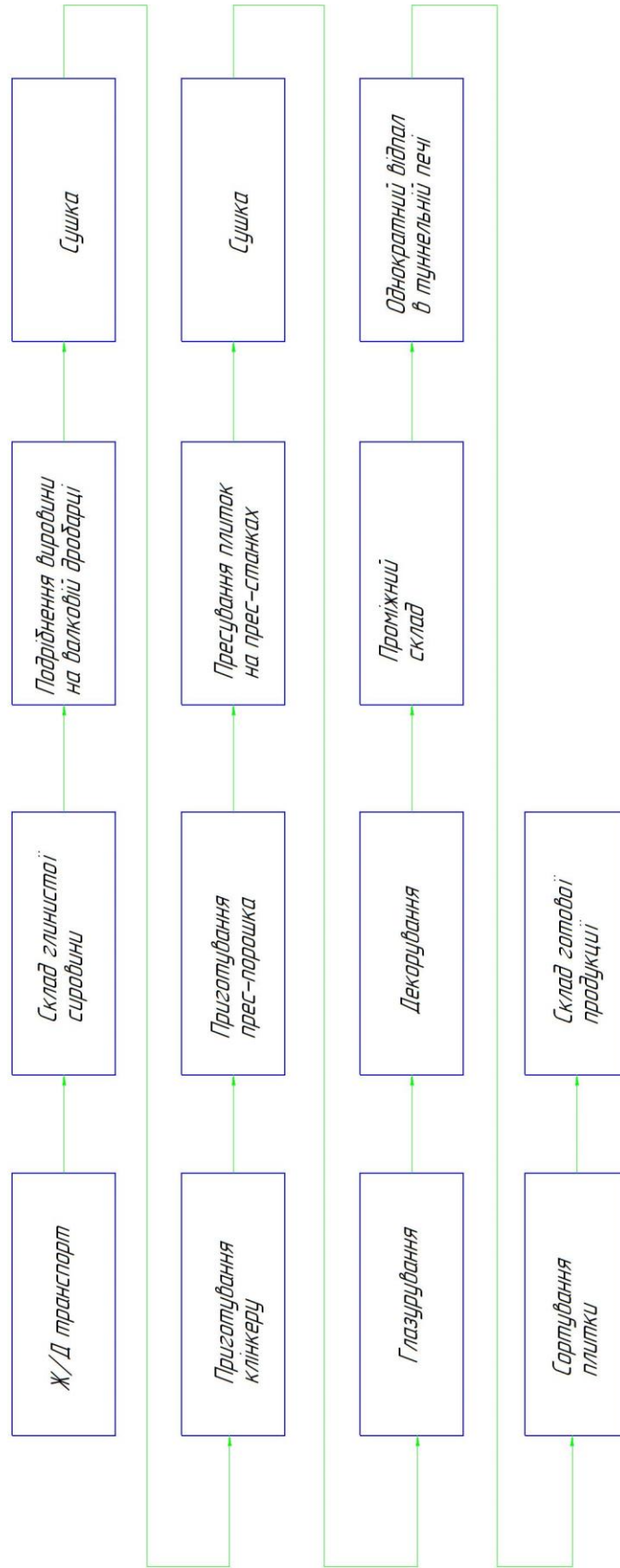


Рисунок 1.2 – Схема виробництва плитки для підлоги.

Приготування клінкеру здійснюється спільним помелом глинистих і інших матеріалів в кульової млині (поз.19). Цикл помелу 6-8 годин, в залежності від потрібної тонкості помелу. При помолі застосовуються кремнієві кулі (циліндри) і природна кремнієва галька.

Співвідношення матеріал: мелють тіла: вода - 1,0: 5,0: 0,86.

Після проведення циклу помелу млини автоматично зупиняються. Готовий клінкер зливається самопливом в басейн зберігання (поз. 20), забезпечений пропелерної мішалкою.

Параметри клінкеру.

Вологість $39 \pm 5\%$

Залишок на ситі 0,063 не більше 4-6%

Щільність 1,59-1,61 г / см³

Плинність після 30 секунд вистивання не більше 20 секунд

Запас клінкеру повинен бути на 2,7 доби (233,3 тонн)

Готовий клінкер за допомогою мембранного насоса (поз. 22) перекачується у витратні басейни (поз.21) відділення приготування прес-порошку.

Прес-порошок виходить шляхом зневоднення клінкеру в баштової розпилювальної сушарці (поз.23).

Клінкер подається плунжерним насосом в баштову сушарку по пневмопроводу під тиском $23 \pm 0,2$ бар.

Розпилення клінкеру здійснюється через форсунки (від 8 до 16 штук).

Форсунка: діаметр сопла 1,8 мм; висота равлики 8мм і 4 мм.

Струмін розпорошеного клінкеру в сушильній башті піддається дії завихрення потоку гарячого повітря від генератора прямого згоряння з температурою повітря 450-550°C.

Температура газів, що відходять повинна бути від 100-120С. Розрядження в башті 25-35 мм водяного стовпа.

Прес-порошок з сушарки за допомогою стрічкового транспортера (поз.1) через вібросито (поз.24), обладнана сіткою з діаметром отворів 1,25 мм,

в прийомну лійку елеватора (поз.6) і подається в силоси проміжного зберігання (поз. 18) реверсивним стрічковим транспортером (поз. 1).

Витримка прес-порошку в проміжних силосах зберігання повинна бути не менше 48 годин. Вологість прес-порошку повинна бути 5,5 - 3,3.

Прес-порошок подається до бункерів пресів. Запас порошку на повинен бути на 3,3 доби (264 тони).

Пресування плиток проводиться на прес-верстатах «Гідра 1400» (поз. 25). Тиск пресування плиток має відповідати:

- первинне 80-120т.
- вторинну 1200-1300т.

Після пресування плитка проходить поворотний стіл, далі плитка надходить у вертикальну сушилку (поз. 26) і по транспорту надходить на глазурування (поз. 27).

Температура у верхній точці сушила від 80-95°C. Температура плитки на виході з сушила не більше 65°C. Вологість 0,8%. Глазур і АНГОБ готуються в кульовому млині (поз. 19) спільним помелом глинистих матеріалів і електролітів (1,0: 1,5: 0,8). Залишок на ситі 0063 0,4 - 0,5%. Готова глазур перекачується в ємність з пропелерної мішалкою (поз. 32) через сито і сепаратор для її проміжного зберігання.

Поливання проводиться методом дискового розпилення і пульверизацією.

Для кращого зчеплення глазури з бісквітом і зменшення розбивання плитки перед глазуруванням звожують методом розпилення.

Витрата глазури на плитку 320x320 мм 60-60 гр.

Ангоб наноситься на монтажну бік. Декорування плиток проводиться методом напилення аерографом кольоровий суспензії на основний шар.

Відглазурована плитка завантажується в бокси, які подаються на проміжний склад (поз. 29). Кількість плитки більше 60 м². Склад розрахований на 5400 м².

Після глазурування плитки обпікаються одноразовим випаленням в печі моновідпалу (тунельна піч поз. 30).

Лінія сортування забезпечує поділ плиток різної якості.

Плитки надходять з бункера, упорядковано оператором за допомогою кодування магнітними сигналами.

Урівнювач, який виконує функції елеватора, розміщує плитку, в залежності від їх якості, на різні стрічки за допомогою пневмотранспорту. Далі плитка упаковується в короба за допомогою автоматичної пакувальної машини. Короба обв'язуються, упаковуються в плівку і відправляються на склад готової продукції.

В даному дипломному проекті увага приділяється процесу випалу, тобто тунельної печі (поз. 30).

1.3. Аналіз браку, який виникає в технологічному процесі через його недосконалість

Досвід експлуатації даної технологічної лінії показує, що не завжди витримується необхідну якість продукту на виході аналізованого технологічного ділянки.

Однією з основних причин шлюбу керамічних виробів є недостатня вологість сировини. В результаті порушується цілісність виробів, плитка розшаровується, з'являються тріщини.

Дане питання вирішується шляхом автоматизації процесу сушіння.

Також причиною шлюбу плитки є невідержка заданого температурного режиму випалу. В результаті перепалу виходять перепалені плитки, з'являються тріщини і відколи. В результаті недостатнього випалу, плитки виходять недостатню міцність і не володіють іншими необхідними властивостями. Із застосуванням автоматичного регулювання температури в печі шлюб знижується до 55%.

1.4. Характеристика технологічного регламенту

В даному проекті використовується піч тунельного типу F 2120-B.
Технічна характеристика:

1) тунельна піч моновідпалу призначена для випалу керамічної плитки для підлог топковим газами.

2) тип потоковий

3) характер роботи безперервний

4) розмір печі:

довжина печі 70,29м

ширина печі габаритна 5000мм

ширина внутрішня печі 2120мм

ширина печі корисна 1960мм

Склад печі:

- осушувач 14,91м

- попередній нагрів 21,3м

- варіння 10,65м

- охолодження 23,43м

5) потужність 100кВт

6) паливо природний газ

Керамічна ізоляція забезпечується керамічним волокнами, цементами і вогнетривкими цеглинами з низькою теплопровідністю і високою механічною міцністю. Розрядження в печі зони підігріву $\pm 20\text{кг} \cdot \text{с} / \text{м}^2$. Температурний режим заданий кривої відпалу (рис. 1.3).

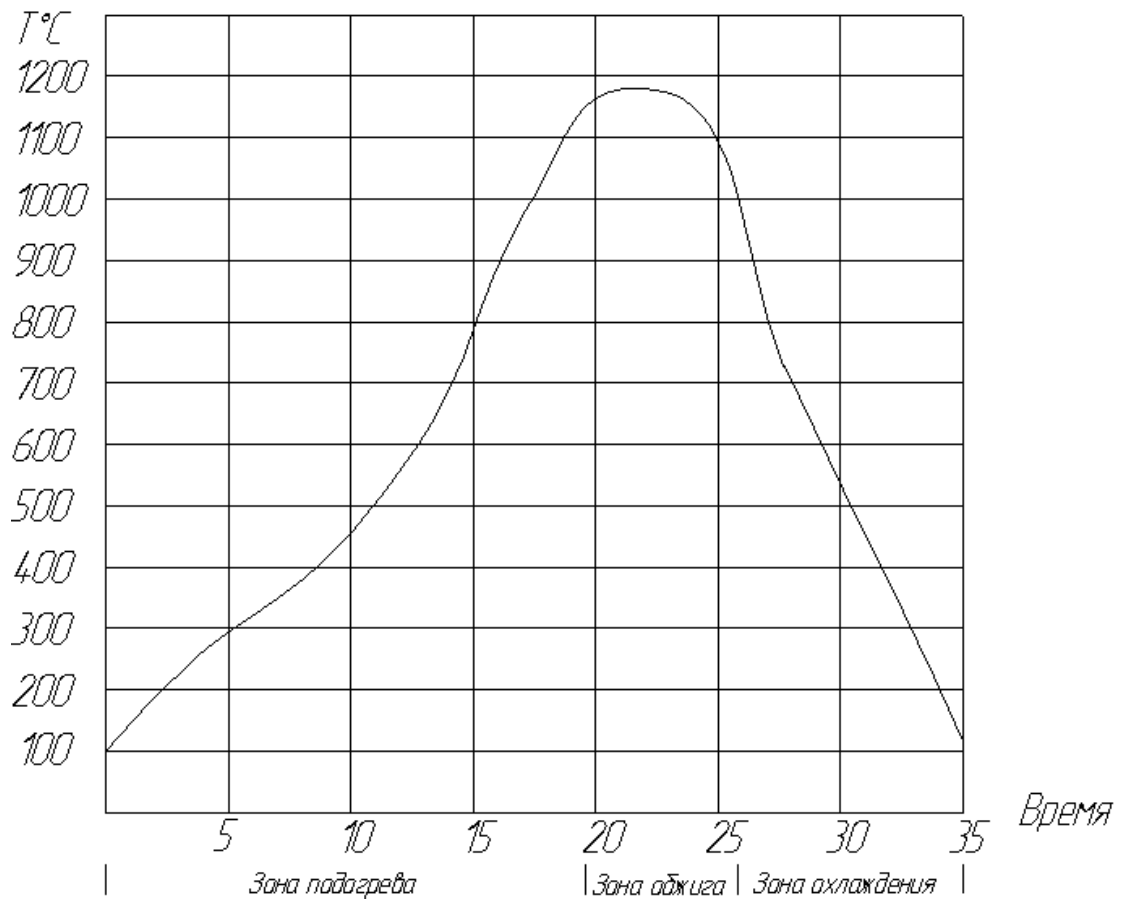


Рис. 1.3 - Крива відпалу.

Відхилення від заданого температурного режиму має бути не більше $\pm 5^\circ$.

З урахуванням результатів проведених досліджень для підвищення якості виробів і збільшення продуктивності печі пропонується автоматичне регулювання температурного режиму на кожному окремому (характерному) ділянці печі.

1.5. Аналіз основних збурюючих впливів - зовнішніх і внутрішніх, через які з'являється брак

Причинами відхилень показників якості продукту від необхідних норм є:

- відхилення якісних показників вихідної сировини;

- відхилення параметрів енергоносіїв;
- відхилення режимних параметрів обладнання, пов'язаного безпосередньо з піччю;
- відхилення в температурному режимі випалу;

1.6. Висновок про доцільність запровадження автоматичного керування процесом випалювання

Як показує аналіз через вплив перерахованих вище збурень необхідну якість продукції не досягається. Тому в проекті пропонується встановити системи автоматичної стабілізації технологічних параметрів.

Досвід експлуатації автоматизованих тунельних печей показує, що представляється можливим підвищити якість продукції, підвищити продуктивність, економити енергетичні ресурси.

Тому можна прогнозувати досягнення економічного ефекту.

2. ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

2.1. Дослідження та вдосконалення об'єкта автоматизації

Аналіз описаного в попередньому розділі технології показує, що він достатньо підготовлений до автоматизації, оскільки задовольняє вимогам:

- технологічний процес організований таким чином, що всі агрегати розташовані послідовно один за одним, і їх навантаження узгоджені між собою;

- технологічний процес безперервний;

- використовуване обладнання має достатньою надійністю;

- між технологічними об'єктами і на виході технологічної лінії є досить по ємності і запасам накопичувальні об'єкти (бункери);

- технологічні агрегати мінімізують продуктивність відсутня;

- використовуване обладнання не приводить до забруднення навколишнього середовища (передбачений режим аспірації);

- устаткування оснащене найпростішими засобами автоматизації, що забезпечує його пуск і зупинку.

Таким чином можна зробити висновок, що технологічний процес не вимагає заміни обладнання і в цілому підготовлений до автоматизації.

2.2. Аналіз рівня механізації процесу

Аналіз рівня механізації процесу призводить до наступного висновку:

- всі транспортні операції механізовані (використовується живильники, конвеєри, пневмотранспортери і т. д.)

- ручна праця на окремих операціях не використовується;

- процеси складування та передачі напівфабрикату механізовані;

- забезпечується дистанційне керування всіма технологічними агрегатами.

Таким чином, за рівнем механізації заданий технологічний процес підготовлений до автоматизації.

2.3. Розробка і проектування функціональної схеми автоматизації

Як відомо, функціональна схема автоматизації є основним технологічним документом, що визначає функціонально-блокову структуру окремих систем і підсистем автоматичного управління, контролю, сигналізації тощо

У дипломному проекті функціональна схема розроблена повністю для всього об'єкта автоматизації тунельної печі. Функціональна схема представлена на аркуші графічної частини проекту.

У розробленій функціональній схемі передбачений автоматичний контроль наступних технологічних параметрів:

- 1) температури по каналу печі і перед димовідсмоктувачем
- 2) напорів вентиляторів
- 3) розрядження по каналу печі і перед димовідсмоктувачем
- 4) тиск газу і повітря перед пальниками
- 5) наявність полум'я пальників
- 6) аналіз димових газів печі

Схемою передбачено автоматичне регулювання наступних технологічних параметрів:

- 1) температура в зоні охолодження
- 2) температури газів рециркуляції
- 3) температури гарячого повітря із зони охолодження
- 4) температури в зоні випалу
- 5) аеродинамічного режиму печі

Контур регулювання температури в зоні випалу включає в себе:

- перетворювач термоелектричної ТХА (поз. 3а-3 *, 3`а - 3 `*);
- ЕОМ виконує роль регулятора;

- перемикач універсальний для вибору режиму управління;
- пускач магнітний реверсивний ПМЗ-073МА;
- виконавчий механізм МЕВ-40 / 25-025Р;

Для підтримки певного аеродинамічного режиму в печі застосовано УВ і в комплекті з підсилювачем, перетворювачем розрядження «Сапфір-22» і виконавчим механізмом МЕВ.

Аналіз димових газів проводиться переносним газоаналізатором типу КГА. Для вимірювання тиску і розрядження прийняті мановакуметри типу МТК, МТІ і тягонапорометри ТНМП. Для контролю полум'я пальників застосований прилад контролю полум'я Ф343 в комплекті з іонізаційним датчиком.

Регулювання температури в зоні охолодження проводиться шляхом зміни кількості подаваного і відбирається повітря.

Регулювання температури в зоні підготовки - зміна витрати рециркулянту і атмосферного або підігрітого повітря.

Схемою передбачено звукова і світлова сигналізація при відхиленні від заданих значень.

Причина припинення подачі газу до пальників фіксується світловим таблом, розташованому на щиті печі. Зняття світлової та звукової сигналізації передбачено кнопкою на щиті печі.

Запропонована схема автоматизації виконана на базі серійних засобів автоматизації, за винятком ПК.

Даний ПК є шасі промислового комп'ютера з гніздами розширення для настінного монтажу.

Шасі ІРС-6806 призначено як для системних інтеграторів, так і для користувачів, яким потрібна компактна, міцна ІВМ РС-сумісна система.

ІРС-6806 забезпечений джерелом живлення 150Вт.

Конструкція: високоміцна сталь.

Розміри 166x170x393мм.

Маса 5,6 кг.

Середнє напрацювання на відмову 50000 год при 70% навантаження.

Діапазон робочих температур 0..50°C.

Вологість відносна 10-95% при 45°C без конденсації вологи.

Для введення сигналу з датчиків застосована процесорна плата половинного розміру. Являє собою високоінтегровану процесорну плату половинного розміру, що використовує вбудований мікроконтролер 486DX і набір мікросхем A1: M1217B повністю сумісна з системою PC-6806.

Робочий діапазон температур 0..60°C.

Плата PC-4-818HG з можливістю прямого виміру сигналів з термопар. Містить спеціальний інструментальний підсилювач для обробки дуже малих вхідних сигналів (можливі коефіцієнти посилення 1,5; 0,5; 10; 50; 100; 500; 1000).

Комплект поставки включає спеціальну клемну плату (PC-4Д-8115) з з'єднувачем ДВ-37 і схемою компенсації холодного спаю термопар. Таким чином, можливий вимір низькорівневих сигналів від термопар без використання додаткових зовнішніх пристроїв нормалізації сигналу.

2.4. Розробка принципів схем автоматизації

Одним з основних питань, при розробці принципів схем є вибір і обґрунтування законів регулювання.

В системі регулювання температури в зоні випалу, що пропонується, використовувати типовий закон регулювання - пропорційно-інтегральний (ПІ-закон). Вибір даного закону обґрунтовується наступним:

- значною інерційністю об'єкта;
- досить жорсткими вимогами до регулювання температури;
- прагненням забезпечити задовільну динаміку в системі автоматичного регулювання;
- можливістю надходження на об'єкт випадкових впливів, з якими ПІ-закон успішно впорається.

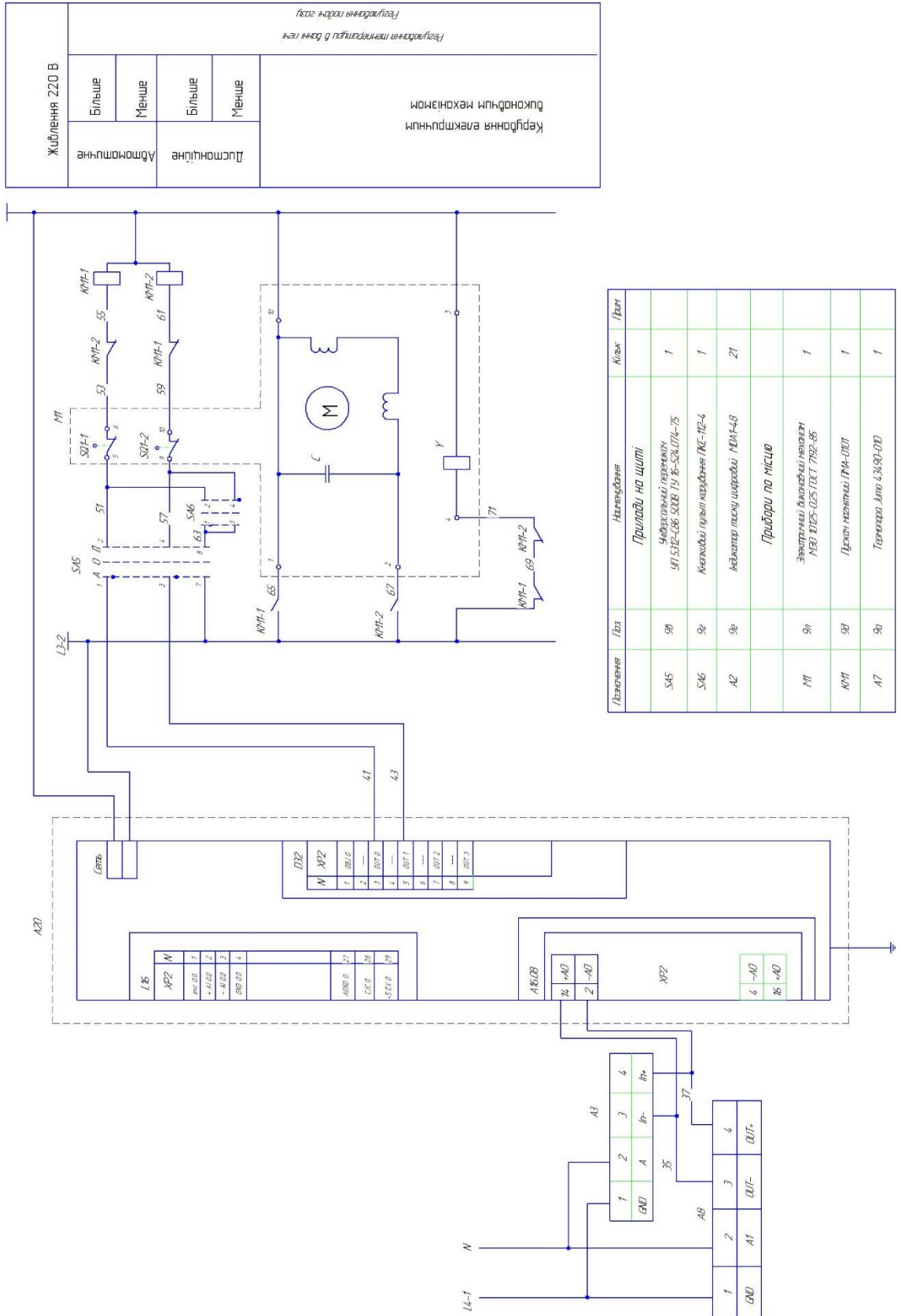


Рисунок 2.1 – Схема під'єднань системи керування.

Схеми виконані відповідно до Державних Стандартів на виконання технічних документації. Схеми передбачають вибір режиму роботи (місцеве або дистанційне керування); можливість втручання оператора в процес регулювання.

Автоматика безпеки роботи печі представлена наступним. Відсічення газу до пальників передбачена в наступних випадках:

- 1) при підвищенні або зниженні тиску газу до пальників;
- 2) при падінні розрядження в печі;
- 3) при згасанні полум'я хоча б у однієї з пальників.

2.5. Ідентифікація моделі об'єкта автоматизації

Оскільки аналітичне визначення передавальних функцій по різних каналах є складним завданням, для визначення динаміки об'єкта використовувалися експериментальні перехідні характеристики. Динамічна характеристика об'єкта по каналу «температура в печі - відкриття регулюючого органу» представлена на рис. 2.2. Дана характеристика має вигляд найбільш часто зустрічаються на практиці перехідних характеристик об'єктів, тому для синтезу аналітичного вираження передавальної функції об'єкта управління використовується метод апроксимації. Апроксимація експериментального графіка перехідної характеристики включає в себе два етапи:

- 1) вибір загальної аналітичної формули для апроксимуючої характеристики;
- 2) визначення оптимальних значень коефіцієнтів цієї характеристики.

У динамічному відношенні піч є інерційним об'єктом і апроксимується по основних каналах рівняннями інерційної ланки другого порядку з запізненням виду:

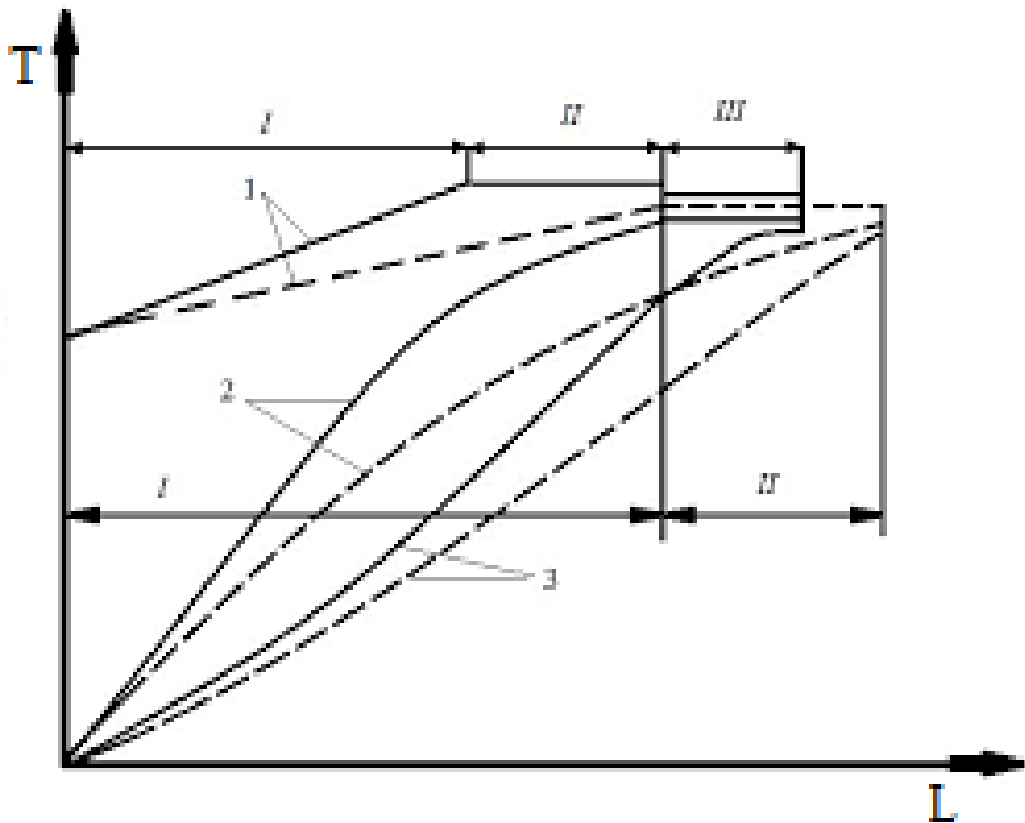


Рисунок 2.2 - Динамічна характеристика об'єкта по каналу «температура в печі - відкриття регулюючого органу»

$$W_{об} = \frac{k_{об}}{(T_1 p + 1) \cdot (T_2 p + 1)} \cdot e^{-p\tau}$$

Визначення коефіцієнтів апроксимуючої характеристики:

а) коефіцієнт передачі $k_{об}$ приймається рівним відношенню сталого значення до вхідного впливу:

$$k_{об} = \frac{\delta_{уст}}{x};$$

$$k_{об} = 0,02;$$

б) за експериментальною динамічної характеристиці визначаємо час запізнювання $\tau = 60\text{с}$.

Для побудови апроксимуючої кривої розгінної характеристики об'єкта використовується програма математичного моделювання MATLAB. Графік апроксимуючої характеристики наведено на рис. 2.3.

$$\vec{R} := \begin{bmatrix} 0 & 0.02 & 0.04 & 0.06 & 0.08 & 0.11 & 0.12 & 0.14 & 0.15 & 0.16 & 0.17 & 0.18 & 0.19 & 0.2 \\ 0 & 30 & 51 & 88 & 102 & 136 & 150 & 182 & 201 & 215 & 244 & 282 & 352 & 798 \end{bmatrix}^T$$

$$t_1 := R^{<1>} \quad x := \frac{R^{<0>}}{0.2}$$

$$\frac{1}{s} \cdot \frac{1}{(T_1 \cdot s + 1) \cdot (T_2 \cdot s + 1)} \text{ invlaplace, } s \rightarrow$$

$$f(t, T_1, T_2) := T_1^2 \cdot \frac{\exp\left(\frac{-1}{T_1} \cdot t\right)}{(T_1 \cdot T_2 - T_1^2)} - T_2^2 \cdot \frac{\exp\left(\frac{-1}{T_2} \cdot t\right)}{(T_2^2 - T_1 \cdot T_2)} + 1$$

$$\frac{d}{dT_1} f(t, T_1, T_2) \rightarrow$$

$$\frac{d}{dT_2} f(t, T_1, T_2) \rightarrow$$

$$F(t_1, u) := \begin{bmatrix} (u_0)^2 \cdot \frac{\exp\left(\frac{-1}{u_0} \cdot t_1\right)}{[u_0 \cdot u_1 - (u_0)^2]} - (u_1)^2 \cdot \frac{\exp\left(\frac{-1}{u_1} \cdot t_1\right)}{[(u_1)^2 - u_0 \cdot u_1]} + 1 \\ 2 \cdot u_0 \cdot \frac{\exp\left(\frac{-1}{u_0} \cdot t_1\right)}{[u_0 \cdot u_1 - (u_0)^2]} + t_1 \cdot \frac{\exp\left(\frac{-1}{u_0} \cdot t_1\right)}{[u_0 \cdot u_1 - (u_0)^2]} - (u_0)^2 \cdot \frac{\exp\left(\frac{-1}{u_0} \cdot t_1\right)}{[u_0 \cdot u_1 - (u_0)^2]^2} \cdot (u_1 - 2 \cdot u_0) - (u_1)^3 \cdot \frac{\exp\left(\frac{-1}{u_1} \cdot t_1\right)}{[(u_1)^2 - u_0 \cdot u_1]^2} \\ - (u_0)^3 \cdot \frac{\exp\left(\frac{-1}{u_0} \cdot t_1\right)}{[u_0 \cdot u_1 - (u_0)^2]^2} - 2 \cdot u_1 \cdot \frac{\exp\left(\frac{-1}{u_1} \cdot t_1\right)}{[(u_1)^2 - u_0 \cdot u_1]} - t_1 \cdot \frac{\exp\left(\frac{-1}{u_1} \cdot t_1\right)}{[(u_1)^2 - u_0 \cdot u_1]} + (u_1)^2 \cdot \frac{\exp\left(\frac{-1}{u_1} \cdot t_1\right)}{[(u_1)^2 - u_0 \cdot u_1]^2} \cdot (2 \cdot u_1 - u_0) \end{bmatrix}$$

$$vg := \begin{bmatrix} 10 \\ 16 \end{bmatrix} \quad T := \text{genfit}(t_1, x, vg, F) \quad t := 0, 1..700 \quad T =$$

$$\Delta_2 := \sum_{i=0}^{13} \left(x_i - F(t_1, T) \right)_0^2 \quad \Delta_2 =$$

$$W_{06}(p) = \frac{K_{06} \cdot e^{-p \cdot \tau}}{(T_1 \cdot s + 1) \cdot (T_2 \cdot s + 1)} \quad \tau := 60 \quad K_{06} := 0.02$$

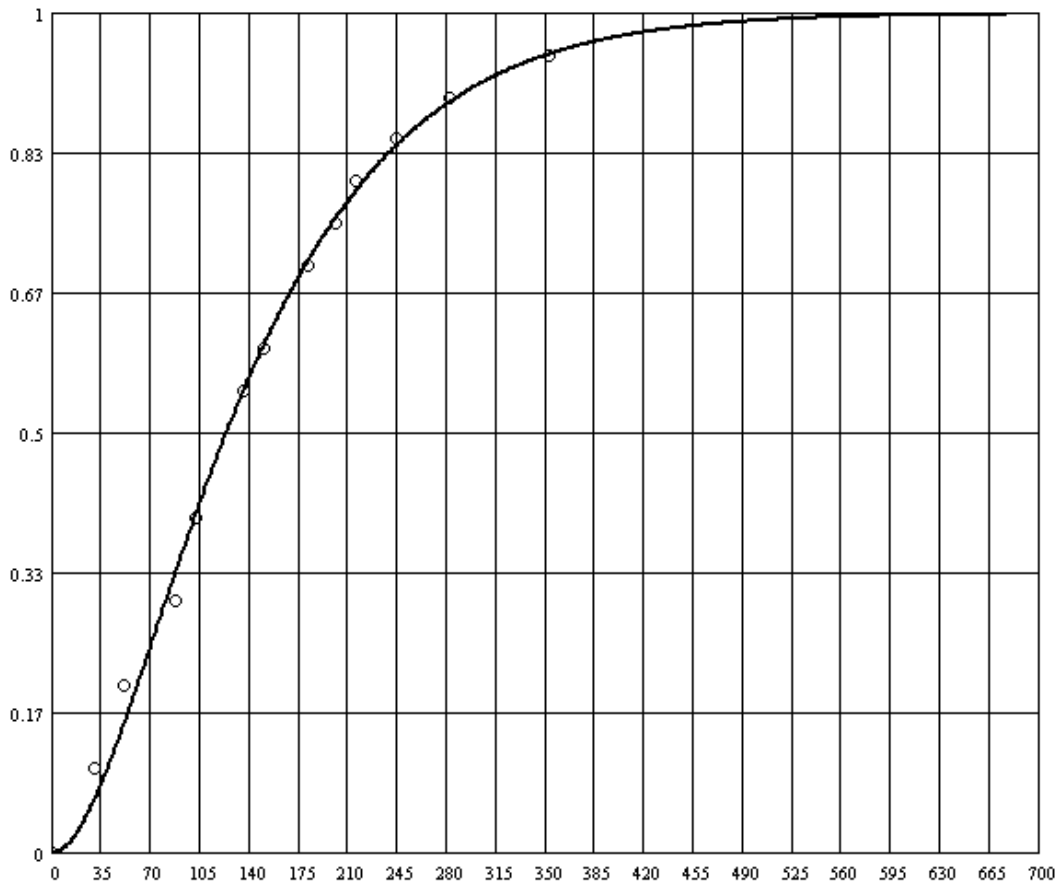


Рис. 2.3. - Графіки експериментальної і апроксимуючої розгінних кривих.

Остаточно, з урахуванням запізнювання, передавальна функція об'єкта:

$$W_{об} = \frac{0.02}{(109.96p + 1) \cdot (107.5p + 1)} \cdot e^{-60p}$$

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок систем і засобів автоматизації

В ході аналітичного дослідження системи автоматизованого регулювання була складена структурна схема, показана в графічній частині проекту.

На структурній схемі позначені W_p , W_{po} , W_d , W_{ob} - відповідно передавальні функції регулятора, регулюючого органу, датчика і об'єкта. При розрахунку регулюючий орган і датчик віднесені до об'єкта.

$$k'_{ob} = k_{ob} \cdot k_{po} \cdot k_d = 0.02 \cdot 20.4 \cdot 1.04 = 0.424$$

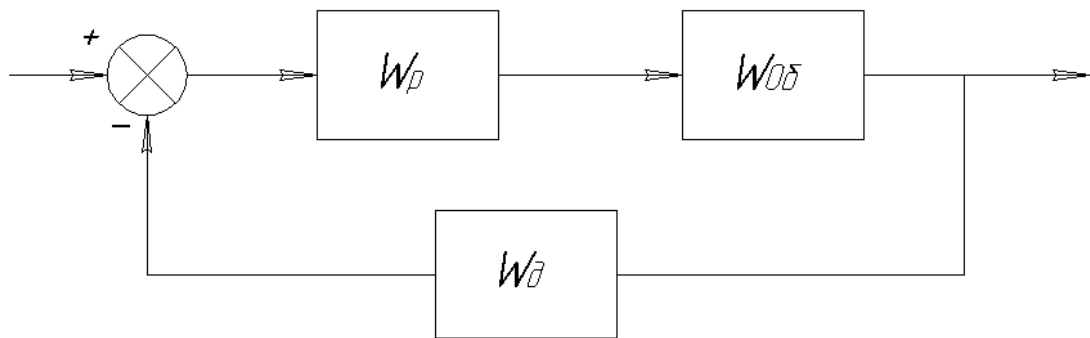


Рисунок 3.1 – Схема розробленої САР.

3.2. Вибір параметрів настроювання регуляторів

Регулятор обраний з ПІ-законом регулювання. У динамічному відношенні передавальна функція регулятора

$$W_{d(p)} = K_p \frac{T_u p + 1}{T_u p}$$

ПІ-регулятор має два параметра настройки:

K_p - коефіцієнт передачі регулятора;

T_i - час інтегрування.

Розрахунок проводимо з використанням сучасних методів розрахунку і електронних обчислювальних машин. Розрахунок проводиться в програмі

MathCad. Для побудови перехідних процесів була використана програма математичного моделювання MATLAB з використанням Simulink моделей.

$$W(p) = \frac{\frac{K_{об} \cdot e^{-p\tau}}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)} \cdot K_p \left(1 + \frac{1}{T_{и} p}\right)}{1 + \frac{K_{об} \cdot e^{-p\tau}}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)} \cdot K_p \left(1 + \frac{1}{T_{и} p}\right)}$$

$$W(p) = \frac{(T_{и} p + 1) \cdot K_{об} \cdot \exp(-p\tau) \cdot K_p}{(T_{и} p^3 \cdot T_1 \cdot T_2 + T_{и} p^2 \cdot T_1 + T_{и} p^2 \cdot T_2 + T_{и} p + K_{об} \cdot \exp(-p\tau) \cdot K_p \cdot T_{и} p + K_{об} \cdot \exp(-p\tau) \cdot K_p)}$$

$$T_{и} p^3 \cdot T_1 \cdot T_2 + (T_{и} \cdot T_2 + T_{и} \cdot T_1) \cdot p^2 + (K_{об} \cdot \exp(-p\tau) \cdot K_p \cdot T_{и} + T_{и}) \cdot p + K_{об} \cdot \exp(-p\tau) \cdot K_p = 0$$

$$T_{и} j^3 \cdot \omega^3 \cdot T_1 \cdot T_2 + (T_{и} \cdot T_2 + T_{и} \cdot T_1) \cdot j^2 \cdot \omega^2 + (K_{об} \cdot \exp(-j\omega\tau) \cdot K_p \cdot T_{и} + T_{и}) \cdot j \cdot \omega + K_{об} \cdot \exp(-j\omega\tau) \cdot K_p = 0$$

Given

$$-\omega^2 \cdot T_{и} \cdot T_2 - \omega^2 \cdot T_{и} \cdot T_1 + K_{об} \cdot \sin(\omega\tau) \cdot K_p \cdot T_{и} \cdot \omega + K_{об} \cdot \cos(\omega\tau) \cdot K_p = 0$$

$$-T_{и} \cdot \omega^3 \cdot T_1 \cdot T_2 + (K_{об} \cdot \cos(\omega\tau) \cdot K_p \cdot T_{и} + T_{и}) \cdot \omega - K_{об} \cdot \sin(\omega\tau) \cdot K_p = 0$$

find($K_p, T_{и}$) →

Параметры объекта $T_1 := 68.63$ $T_2 := 78.83$ $\tau := 60$ $K_{об} := 0.424$

$$K_p(\omega) := \frac{(\cos(\omega\tau) \cdot \omega^2 \cdot T_1 \cdot T_2 - \cos(\omega\tau) + \omega \cdot T_2 \cdot \sin(\omega\tau) + \omega \cdot T_1 \cdot \sin(\omega\tau))}{\left[(\cos(\omega\tau))^2 + \sin(\omega\tau)^2 \right] \cdot K_{об}}$$

$$T_{и}(\omega) := \frac{-(\cos(\omega\tau) \cdot \omega^2 \cdot T_1 \cdot T_2 - \cos(\omega\tau) + \omega \cdot T_2 \cdot \sin(\omega\tau) + \omega \cdot T_1 \cdot \sin(\omega\tau))}{\left[\omega \cdot (\sin(\omega\tau) \cdot \omega^2 \cdot T_1 \cdot T_2 - \sin(\omega\tau) - \omega \cdot T_2 \cdot \cos(\omega\tau) - \cos(\omega\tau) \cdot \omega \cdot T_1) \right]}$$

$\omega := 0.0001, 0.0002.. 0.03$

Для вибору чисельних значень налаштованих параметрів скористаємося D-розбиттям (методом виділення областей стійкості в площині двох варійованих параметрів системи).

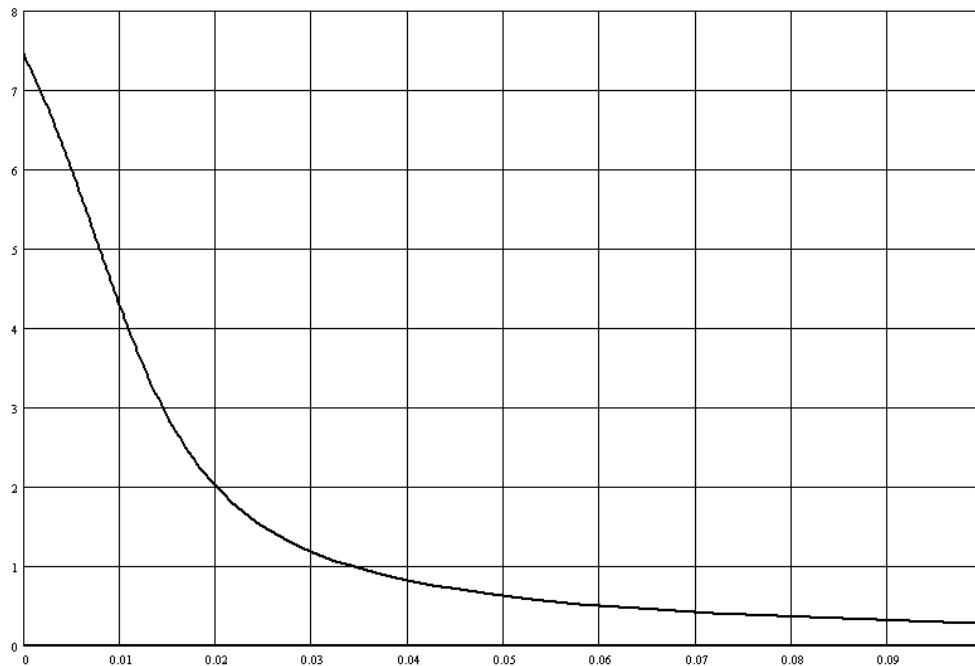


Рисунок 3.3 - Виділення області стійкості в області параметрів K_p і $1/T_i$

В отриманій області стійкості вибираємо точку, якій відповідають наступні значення параметрів:

$$K_p = 1,2$$

$$1/T_i = 0,01$$

$$T_i = 100$$

3.3. Оцінка якості регулювання системи

Для оцінки якості регулювання системи використовуємо показники якості перехідних процесів по каналах управління і обурення, що дає можливість визначити показники якості в тимчасовій області. Для оцінки якості в частотній області використовується АФЧХ розімкнутої системи.

3.4. Визначення показників якості регулювання в тимчасовій області

Для регулювання показників якості в тимчасовій області побудуємо графіки перехідних процесів по каналах керування й збурювання для замкнутої системи. Графіки будуються відповідно до передавальними функціями ланок системи, їх параметрами і вибраними настройками регулятора. Графіки перехідних процесів були побудовані за допомогою ЕОМ і програми математичного моделювання MATLAB з використанням Simulink моделей. Перехідні процеси по каналах керування й збурювання представлені на рис. 3.4 і 3.6. Структурні схеми контурів для побудови графіків по каналу управління і обурення представлені на рис. 3.5 і 3.7.

За графіком визначаємо показники якості:

- час регулювання $t_p = 680$ сек;
- перерегулювання $\delta = 10\%$.

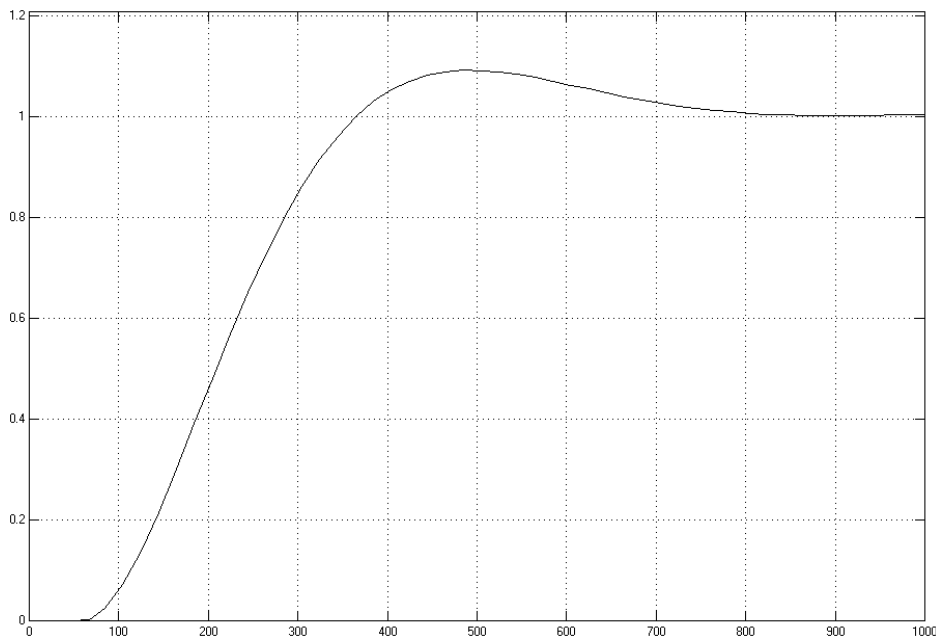


Рисунок 3.4 - Перехідний процес по каналу управління.

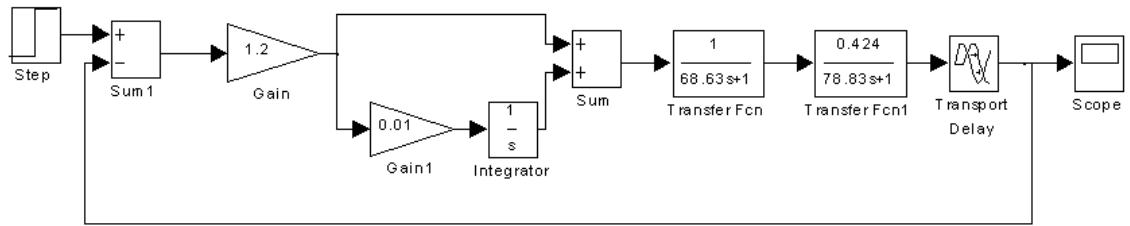


Рисунок 3.5 - Структурна схема моделювання перехідного процесу по каналу управління.

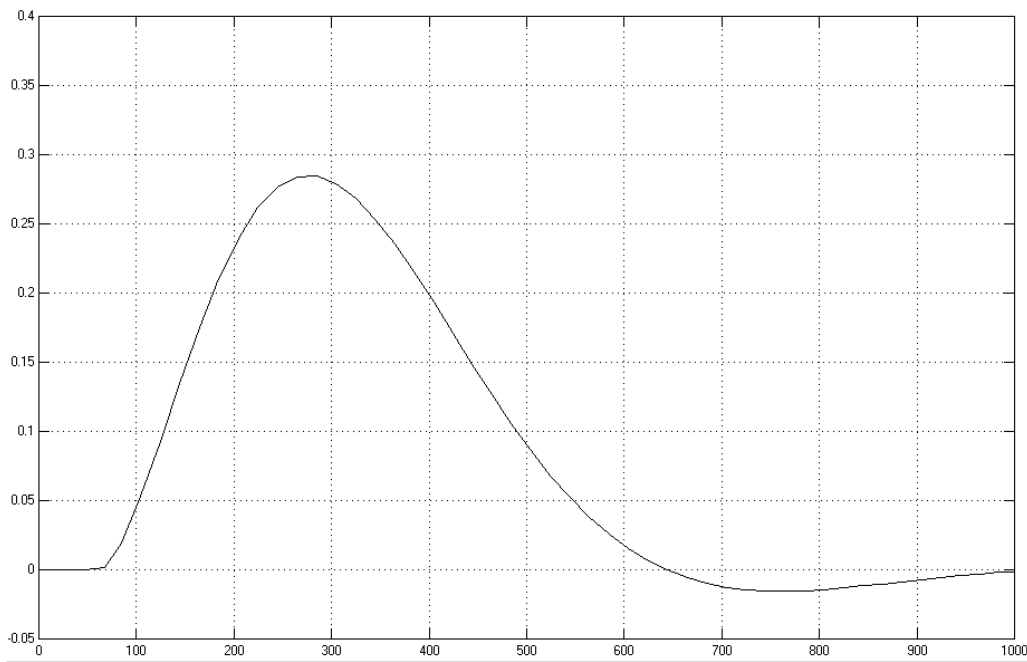


Рисунок 3.6 - Перехідний процес по каналу збурення.

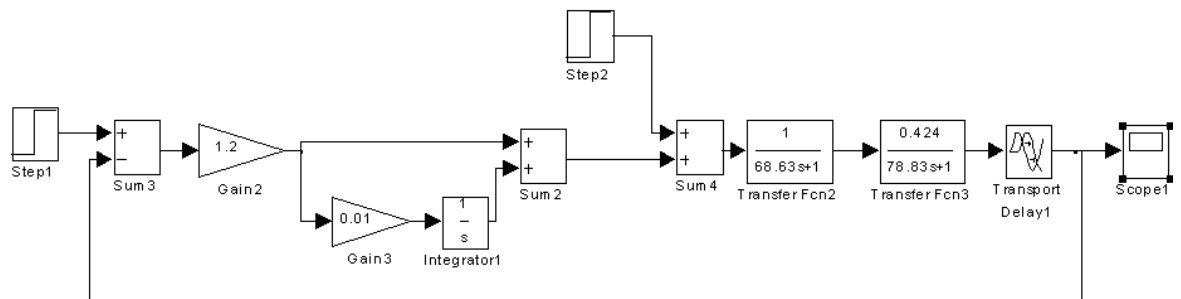


Рисунок 3.7 - Структурна схема моделювання перехідного процесу по каналу збурення.

3.5. Визначення показників якості регулювання в частотній області

Для визначення показників якості в частотній області скористаємося критерієм Найквіста. Візьмемо для цього передавальну функцію розімкнутої системи.

Розрахунок системи проводиться за допомогою програми MathCad. Графік побудований з прийнятими настройками регулятора і показаний на рис. 3.8.

$$\frac{K_{об} \cdot e^{-p\tau}}{(T_1 \cdot p + 1) \cdot (T_2 \cdot p + 1)}$$

$$T_1 := -68.63 \quad T_2 := -78.83 \quad \tau := -60 \quad K_{об} := -0.424$$

$$K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_n \cdot p}\right)$$

$$K_p := -1.2 \quad T_n := -100$$

$$W_{pc}(p) := \frac{K_{об} \cdot e^{-p\tau}}{(T_1 \cdot p + 1) \cdot (T_2 \cdot p + 1)} \cdot K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_n \cdot p}\right)$$

$$W_{pc}(\omega) := K_{об} \cdot \frac{\exp(-j \cdot \omega \cdot \tau)}{[(T_1 \cdot j \cdot \omega + 1) \cdot (T_2 \cdot j \cdot \omega + 1)]} \cdot K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_n \cdot j \cdot \omega}\right)$$

$$p = j \cdot \omega$$

$$U(\omega) := \operatorname{Re}(W_{pc}(\omega)) \quad V(\omega) := \operatorname{Im}(W_{pc}(\omega))$$

$$\omega := -0.002, 0.003.. 10$$

За АФЧХ розімкнутої системи визначаємо:

- запас стійкості по фазі $\varphi = 58^\circ$;

запас стійкості по модулю $M = 0,77$.

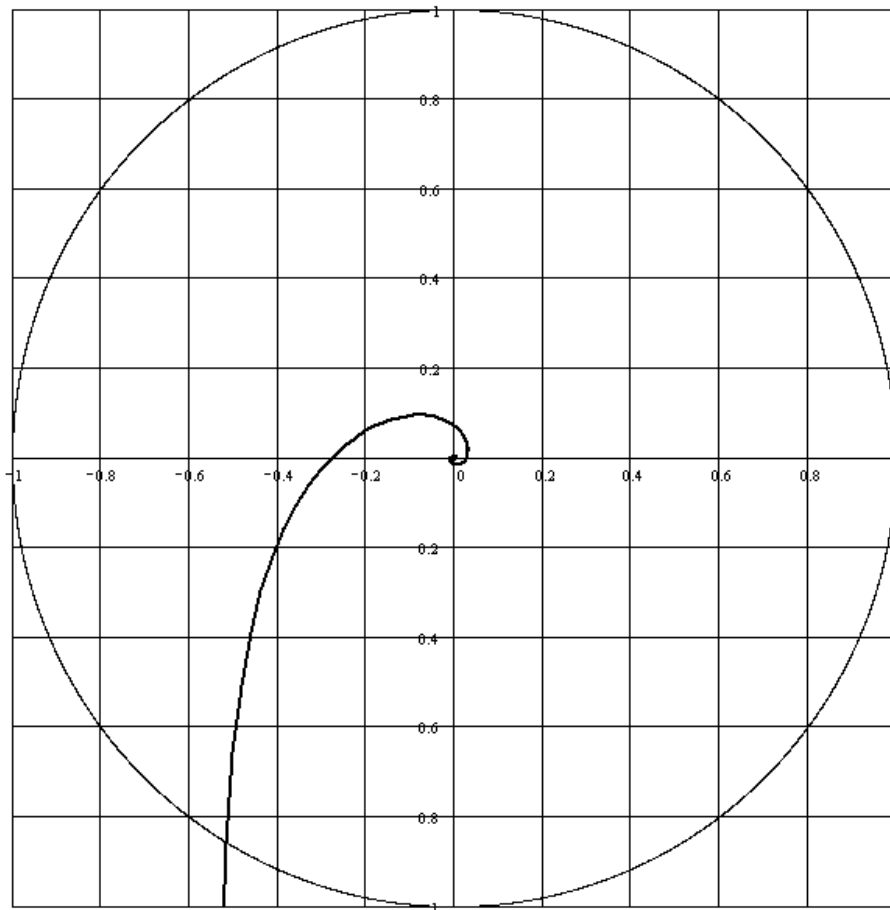


Рисунок 3.8 – Графік стійкості об'єкту.

3.6. Електропостачання

Розрахунок електричних навантажень інженери електрики зобов'язані вести методами упорядкованих діаграм і коефіцієнтів використання (K_i). Метод забезпечує точність розрахунку в межах $\pm 10\%$.

Заниження розрахункових навантажень веде до подальших перевантажень проводів, трансформаторів і інших елементів лінії і прискореного виходу системи з ладу.

Завищення навантаження веде до перевитрати матеріалів і підвищеної вартості електропостачання.

Вихідні дані для розрахунку силових навантажень цеху ванній печі наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Вихідні дані для розрахунку потужності

№	Технологічне обладнання	Тип двигуна	Потужність Р, кВт	Потужність P_n , кВт	Кіль, n	КПД	$\cos\phi$	Ki	$\operatorname{tg}\phi$
1	Конвеєр стрічковий	4A112N493	5.5	5.5	5	0.86	0.85	0.2	1.33
2	Прес	4A250S493	62	75	2	0.93	0.9	0.8	1.02
3	Тунельна піч		100	100	1	0.93	0.91	0.8	1.33
4	Вентилятор	4A100S493	3	3	2	0.82	0.83	0.8	1.02
5	Вентилятор	4AA6313493	0.37	0.37	2	0.86	0.69	0.8	1.02
6	Лимовітсмокт. увач	A4355S6	160	160	1	0.91	0.9	0.8	0.75
7	Пульт автоматики		0.6	0.75	1	0.72	0.9	0.5	1.2
8	Вертикальна сушка	4A250S493	75	75	1	0.93	0.9	0.8	1.33

3.7. Визначення розрахункових силових навантажень цеху.

Визначаємо номінальну потужність для кожного типу і записуємо в таблицю 3.2:

$$P_n = \frac{P \cdot \sqrt{ПВ/100}}{\eta}, \text{ кВт (3.1)}$$

де Р-паспортна потужність, кВт;

ПВ-тривалість включення;

η - ККД

Приймаємо:

$$\text{Для конвеєрної стрічки } P_n = \frac{5.5}{0.86} = 6.395 \text{ кВт}$$

$$\text{Для преса } P_n = \frac{75}{0.93} = 80.65 \text{ кВт}$$

$$\text{Для тунельної печі } P_n = \frac{100}{0.93} = 107.5 \text{ кВт}$$

$$\text{Для вентилятора } P_n = \frac{3}{0.82} = 3.16 \text{ кВт}$$

Для вентилятора $P_n = \frac{0.37}{0.68} = 0.43 \text{ кВт}$

Для димососа $P_n = \frac{160}{0.9} = 175.82 \text{ кВт}$

Для пульта автоматики $P_n = \frac{0.75}{0.72} = 1.04 \text{ кВт}$

Для вертикальної сушіння $P_n = \frac{75}{0.93} = 80.64 \text{ кВт}$

Визначаємо встановлену номінальну потужність споживачів за формулою:

$$P_{\text{ном}\Sigma} = P_{\text{ном}1} \times n_1 + \dots + P_{\text{ном}n} \times n_n, \text{ кВт (3.2)}$$

де $P_{\text{ном}1} \dots P_{\text{ном}n}$ - номінальна потужність групи споживачів однакової потужності, кВт;

$n_1 \dots n_n$ - кількість споживачів.

$$P_{\text{ном}\Sigma} = 108,322 \text{ (кВт)}.$$

Знаходимо середню активну потужність групи приймачів за найбільш завантажену зміну за формулою:

$$P_{\text{см}} = k_u \times P_{\text{ном}}, \text{ кВт (3.3)}$$

де k_u - коефіцієнт використання для даного споживача.

Знаходимо середню реактивну потужність за найбільш завантажену зміну за формулою:

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \times \text{tg}\varphi, \text{ Квар (3.4)}$$

де $\text{tg}\varphi$ -коефіцієнт потужності електричного приймача.

Дані розрахунку зведені в таблицю 3.2

Таблиця 3.2.

Активна і реактивна потужності при найбільшому навантаженні для приймачів за добу

Номер групи	1	2	3	4	5	6	7	8
$Q_{см}$	1.7	65.8	114.4	2.9	0.334	105.5	0.53	85.8
$P_{см}$	1.27	64.5	86.0	2.89	0.334	140.7	0.52	64.5

Знаходимо середній коефіцієнт використання:

$$K_u = \sum_{m=1}^8 \frac{n_m \cdot k_m \cdot P_m}{n_m \cdot P_m}, \quad (3.5)$$

де k - коефіцієнти використання з таблиці 3.1

$$K_u = 0,845$$

Ефективне число споживачів:

$$n_s = \sum_{m=1}^8 \frac{(n_m \cdot P_m)^2}{n_m \cdot P_m^2}, \quad (3.6)$$

$$n_s = 5.136$$

Визначаємо з довідника коефіцієнт максимуму $k_{\max} = 1,52$.

Знаходимо активну максимальну потужність:

$$P_{\max} = k_{\max} \cdot \sum P_{см} \cdot n_m, \quad \text{кВт} \quad (3.7)$$

де k_{\max} - власне коефіцієнт для максимуму;

$P_{см}$ - значення середньої потужності при найбільшому навантаженні,

кВт.

$$P_{\max} = 659.09 \text{ кВт}$$

При цьому максимальна реактивна потужність:

$$P_{\max} = k_{\max} \cdot \sum Q_{см} \cdot n_m \quad \text{кВАр} \quad (3.8)$$

де k_{\max} - власне коефіцієнт максимуму;

$Q_{см}$ - значення середньої реактивної складової при найбільшому

навантаженні, кВАр.

$$Q_{\text{макс}} = 656.123 \text{ кВт}$$

При цьому максимальна повна потужність становить:

$$S_{\text{макс}} = \sqrt{P_{\text{макс}}^2 + Q_{\text{макс}}^2}, \text{ КВА (3.9)}$$

де $P_{\text{макс}}$ максимальне значення активної потужності при навантаженні, кВт;

$Q_{\text{макс}}$ значення максимальної реактивної потужності при навантаженні, квар.

$$S_{\text{макс}} = \sqrt{659.09^2 + 656.12^2} = 930.0 \text{ кВАр.}$$

3.8 Вибір та розрахунок компенсаторів реактивної потужності.

Економічне значення реактивної потужності, заданої енергосистемою:

$$Q_{\text{с1}} = a \times P_{\text{ф}}, \text{ Квар (3.10)}$$

де a - збільшене в 1.4 - 1.8 рази оптимальне значення $\text{tg}(\varphi) = Q / P$;

$P_{\text{ф}}$ - активна потужність, споживана підприємством в години пікового активного навантаження.

По розрахункових таблицях: $a = 0.23$, $P_{\text{ф}} = P_{\text{РС}} + P_{\text{РО}} = 662,69 \text{ кВт}$.

Для забезпечення розрахованого споживання реактивної потужності необхідно встановити компенсатори реактивної навантаження потужністю:

$$Q_{\text{к}} = Q_{\text{ф}} - Q_{\text{с1}} = Q_{\text{макс}} - a \times P_{\text{ф}}, \text{ кВАр (3.11)}$$

де - $Q_{\text{макс}}$ максимальна реактивна потужність, квар;

$$a = 0,23;$$

$P_{\text{ф}}$ - активна потужність, споживана підприємством в години пікового активного навантаження.

$$Q_{\text{к}} = 653.123 - 0,23 \cdot 662.69 = 503.7 \text{ квар}$$

Так як $Q_{\text{к.к}} = Q_{\text{к}} = 503.7 \text{ квар}$, то для компенсації реактивної потужності встановлюємо в силовій мережі 2ККУ потужністю 275 кВАр кожна типу УКМ 0.4-550 (275x2) УЗ.

3.9. Розрахунок потужності необхідних трансформаторів для забезпечення технологічного процесу.

За наступним співвідношенням можна знайти сумарне навантаження цеху при забезпечення компенсації реактивної складової потужності:

$$S_p = \sqrt{(P_{\text{макс}} + P_{\text{р.о.}})^2 + (Q_{\text{макс}} - Q_k)^2}, \text{ КВА (3.11)}$$

де $P_{\text{макс}}$ - значення максимальної активної складової потужності, кВт;

$P_{\text{р.о.}}$ - значення потужності, необхідної для освітлення, кВт;

$Q_{\text{макс}}$ - значення максимальної реактивної складової потужності, квар;

Q_k - значення реактивної потужності, яку використовують компенсатори, кВАр.

$$S_p = 687 \text{ кВА}$$

На УКСМ є приймачі 1 категорії (ванна полум'яна піч, вентилятори охолодження печі).

То в цьому випадку для постачання електроенергією цегельного цеху застосовуємо схему харчування по двох паралельних лініях, так як вона володіє необхідною надійністю і вимагає резервного джерела живлення.

Тоді номінальна потужність трансформаторів вибирається з умови:

$$S_{н.тр} \geq 0.7 * S_p \text{ (3.12)}$$

Де $S_{н.тр}$ - номінальна потужність трансформатора, кВА;

S_p - розрахункове навантаження цеху з урахуванням компенсації реактивної потужності, кВА.

$$S_{н.тр} \geq 475 \text{ кВА}$$

Вибираємо трифазний двох обмотувальний трансформатор типу ТМ 630/6. Трансформатори допускають перевантаження в 1,4 - 1,2 рази протягом 5 діб при одній зміні.

$$\Delta S_{н.тр} = 630;$$

$$U_{н} = 6;$$

Визначаємо втрати активної потужності в трансформаторі з урахуванням втрат в лінії живлення по формулі:

$$\Delta P_{тр} = 0,02 \times S_{н.тр}, \text{ кВт (5.18)}$$

де $S_{н.тр}$ - номінальна потужність трансформатора, кВА;

$$\Delta P_{тр} = 0,02 \cdot 630 = 12,6 \text{ кВт}$$

Визначаємо втрати реактивної потужності в трансформаторі з урахуванням втрат в лінії живлення:

$$\Delta Q_{тр} = 0,12 \times S_{н.тр}, \text{ кВар (5.19)}$$

де $S_{н.тр}$ - номінальна потужність трансформатора, кВА;

$$\Delta Q_{тр} = 0,12 \cdot 630 = 75,6 \text{ кВАр}$$

Визначаємо повну потужність споживаної цехом електроенергії:

$$S_{ц} = \sqrt{(P_{\text{макс}} + P_{\text{р.о.}} + \Delta P_{\text{тр}})^2 + (Q_{\text{макс}} - Q_{\text{к}} + \Delta Q_{\text{тр}})^2}, \text{ кВА (5.20)}$$

де $P_{\text{макс}}$ - значення максимальної активної складової потужності, кВт;

$P_{\text{р.о.}}$ - значення потужності, затраченої на освітлення, кВт;

$Q_{\text{макс}}$ - значення максимальної реактивної складової потужності, квар;

$Q_{\text{к}}$ - значення реактивної складової для потужності компенсаторів, кВАр;

$\Delta P_{\text{тр}}$ - втрати активної потужності в трансформаторі з урахуванням втрат в лінії живлення, кВт;

$\Delta Q_{\text{тр}}$ - втрати реактивної потужності в трансформаторі з урахуванням втрат в лінії живлення, кВАр.

$$S_{\Sigma} = \sqrt{(659.0 + 2.5 + 12.6)^2 + (656.123 - 503.7 + 75.6)^2} = 711.7 \text{ кВА}$$

Струм в лінії живлення визначаємо за формулою:

$$I = \frac{S_{\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}}, \text{ А (5.21)}$$

де S_{Σ} -повна потужність споживаної цехом електроенергії, кВА;

$U_{\text{н}}$ -номінальна напруга лінії, кВ.

$$I = 712 / (\sqrt{3} \cdot 6) = 68,4 \text{ А} / 2 = 34 \text{ А}.$$

3.10. Розрахунок надійності САР

Надійність є однією з характеристик якості системи в експлуатаційних умовах.

Властивість системи зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність системи виконувати необхідні функції в заданих режимах роботи та умови експлуатації, називається надійність.

Надійність автоматичних систем в загальному випадку є функція трьох її параметрів: безвідмовність, відновлюваність і готовність. Якщо на стадії проектування не вдається досягти заданої безвідмовності системи, то вводять резервування. Воно полягає в застосуванні надмірної кількості елементів або блоків, які замінюють основні робочі одиниці в разі їх відмови.

Для розрахунку надійності використовують специфікацію всіх елементів основної апаратури, а також функціональну схему даного контуру. Використовуючи діаграми і таблиці, вибирають величину, відповідну кожному елементу.

Визначимо сумарну інтенсивність відмов системи за формулою:

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^m n_i \lambda_i,$$

де

m - кількість елементів одного типу;

n - кількість груп однотипних елементів;

λ_i - інтенсивність відмов i -го елемента в початкових умовах.

Імовірність безвідмовної роботи апаратури протягом заданого інтервалу часу:

$$P(t) = \exp\left(-t \sum_{i=1}^m n_i \lambda_i\right)$$

Середній час справної роботи системи:

$$T_{\text{ср}} = 1 / \lambda_{\text{с}}$$

Визначимо інтенсивність відмов.

Інтенсивність відмов апаратури контуру:

Найменування апарату	λ_{i0} , год ⁻¹	Кількість
Схема управління	$1,2 \cdot 10^{-5}$	1
Перемикач	$0,96 \cdot 10^{-5}$	2
Магнітний пускач	$4,0 \cdot 10^{-5}$	1
УВМ	$3,0 \cdot 10^{-5}$	1
МЕВ	$5,0 \cdot 10^{-5}$	1
Датчик температури	$3,7 \cdot 10^{-5}$	1

Коефіцієнт умов роботи Q_i для кожного елемента приймемо рівний 1.

Тоді сумарна інтенсивність відмов визначається за формулою:

$$\lambda_{\text{с}} = \sum_{i=1}^m n_i \lambda_i, \text{ де}$$

$$\lambda_{\text{с}} = \lambda_i \cdot k_c \cdot a_i \cdot \lambda_b$$

λ_i - кількість кожного з елементів;

K_i - коефіцієнт надійності;

$A_i = 1$ - коефіцієнт умов роботи;

$\lambda_i = 0,04 \cdot 10^{-5} \text{ 1 / год}$ - інтенсивність відмов базового елементів.

$$\lambda_c = (1,2 \cdot 10^{-5} + 0,96 \cdot 10^{-5} \cdot 2 + 4 \cdot 10^{-5} + 5 \cdot 10^{-5} + 3 \cdot 10^{-5} + 3,7 \cdot 10^{-5}) \cdot 0,04 \cdot 10^{-5} = 0,75 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$$

$P(t_3) = e^{-\lambda t_3}$ - ймовірність безвідмовної роботи

$$P(t_3) = e^{-0,75 \cdot 10^{-5} \cdot 720} = 0,9946$$

$T_{cp} = 1 / \lambda_c$ - середнє напрацювання на відмову;

$$T_{cp} = 1 / 0,75 \cdot 10^{-5} = 1,3 \cdot 10^5$$

Надійність розрахована правильно, резервування не потрібно.

Для того, щоб побудувати графік залежності $f = p(t_3)$, необхідно розрахувати ймовірність безвідмовної роботи системи для часу t , що змінюються від 0 до 720 годин.

За отриманими даними будуємо графік, рис. 3.9.

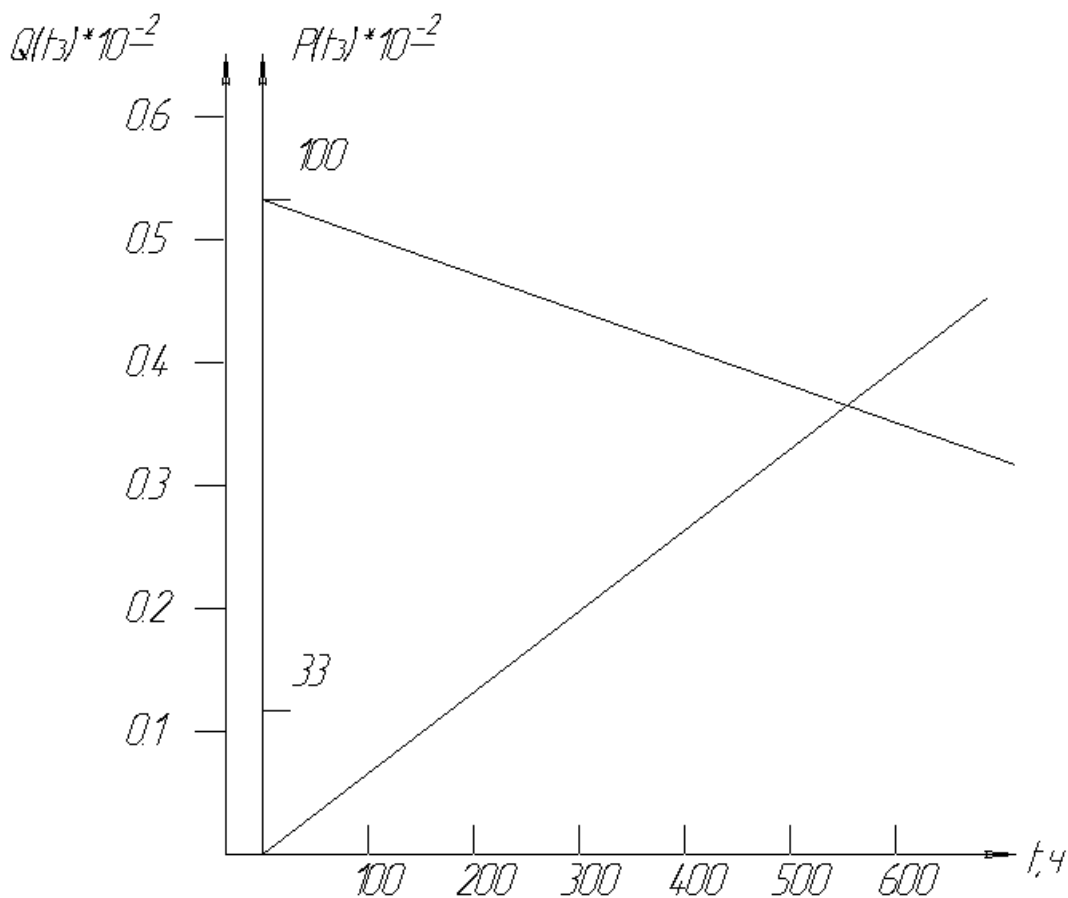


Рисунок 3.9 – Надійність напрацювань.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Організація охорони праці при експлуатації печей

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, які встановлюють 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.

4.2 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:

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

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 полосі, що з'єднує стержневі заземлювачі:

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

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

$$R = R_B R_{II} / (R_B \eta_I + R_{II} \eta_B) = 3,9 \text{ Ом.}$$

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.

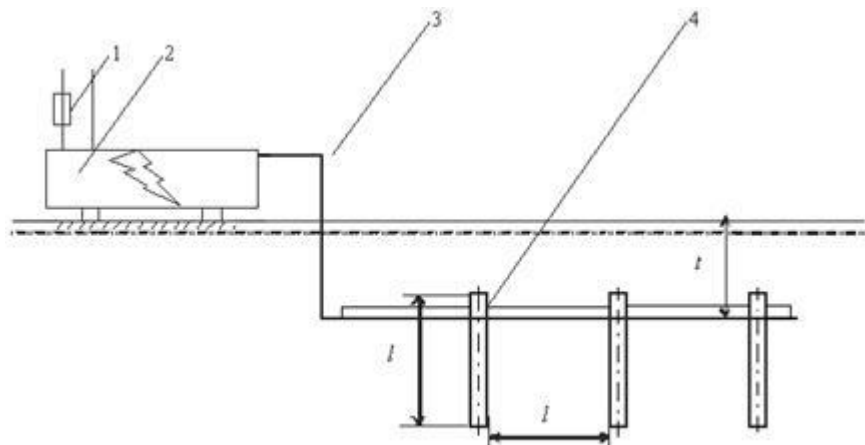


Рисунок 6.1 - Пристрій заземлення

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

Опір одиночного стержневого заземлювача розтіканню електричного струму:

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

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:

Таблиця 6.1

Вибір кількості заземлювачів

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

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

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

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:

$$\eta = \frac{R_0}{nR_d}$$

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

R_0 – опір одиночного заземлювача.

Отже приймаємо кількість одиночних заземлюючих електродів рівною 26.

4.3. Організація цивільного захисту на об'єктах промисловості та виконання заходів щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій техногенного походження

Виходячи з принципів побудови цивільного захисту в Україні слід підкреслити, що територіально - виробничий принцип знайшов втілення в організації цивільного захисту на об'єктах народного господарства, а також на територіях областей, міст і районів, в тому числі міських та сільських.

Відповідно до статті 16 Кодексу цивільного захисту України та з метою запобігання виникненню надзвичайних ситуацій техногенного характеру (далі - надзвичайні ситуації), забезпечення стійкого функціонування об'єктів в умовах особливого періоду Кабінет Міністрів України.

Поставляє установити, що дія цієї постанови поширюється на органи управління цивільного захисту, а саме на центральні органи виконавчої влади, Раду міністрів Автономної Республіки Крим, обласні, Київську та Севастопольську міські, районні, районні у м. Києві та Севастополі державні адміністрації, військово-цивільні адміністрації, органи місцевого самоврядування та об'єкти незалежно від форми власності, порушення функціонування яких може завдати шкоди життєво важливим національним інтересам та які провадять діяльність та надають послуги в галузях енергетики, хімічної промисловості, підлягають охороні та обороні в умовах надзвичайного стану і особливого періоду, є об'єктами підвищеної небезпеки[47].

Для керівництва поточної роботи з цивільного захисту на об'єкті економіки створюється основний орган управління - штаб цивільного захисту.

До складу штабу цивільного захисту входять: начальник штабу і його заступники (помічники) з оперативно-розвідувальної частини, бойової підготовки, житлового сектора.

Посада начальника штабу цивільного захисту передбачається штатним розкладом об'єкта. Начальник штабу є першим заступником начальника цивільного захисту об'єкта і має право за його ім'ям віддавати накази та розпорядження з цивільного захисту. Він є безпосереднім організатором управління цивільним захистом і сповіщення про загрозу або факт надзвичайної ситуації, розвідки, дозиметричного і хімічного контролю, веде поточне та перспективне планування, підготовку формувань і виробничого персоналу з цивільного захисту та контроль за виконанням всіх заходів з цивільного захисту.

Керівникам функціональних та територіальних підсистем єдиної державної системи цивільного захисту та підприємствам, установам, організаціям незалежно від форми власності, на які поширюється дія цієї постанови, забезпечити:

уточнення планів реагування на надзвичайні ситуації і планів локалізації та ліквідації наслідків аварій, здійснення заходів щодо запобігання їх виникненню;

готовність до здійснення оповіщення органів управління та сил цивільного захисту, населення про загрозу виникнення або виникнення надзвичайної ситуації та інформування їх про межі поширення, наслідки, способи та методи захисту, а також дії у зоні можливої надзвичайної ситуації;

спостереження та контроль за ситуацією на об'єктах, на які поширюється дія цієї постанови, територіях цих об'єктів та/або за їх межами, а також здійснення постійного прогнозування можливості виникнення надзвичайних ситуацій, їх масштабів;

готовність наявних сил і засобів цивільного захисту, можливість залучення додаткових сил і засобів у разі виникнення надзвичайних ситуацій;

створення і використання матеріальних резервів для запобігання виникненню надзвичайних ситуацій і ліквідації їх наслідків.

Державній службі з надзвичайних ситуацій узагальнювати аналітичні матеріали та подавати їх для розгляду Державній комісії з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій для забезпечення координації заходів щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій державного рівня.

Остаточне рішення щодо рівня надзвичайної ситуації з подальшим відображенням її у даних статистики, у тому числі при відсутності достатніх відомостей щодо розвитку надзвичайної ситуації, приймає спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади, до компетенції якого входить вирішення питань захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, за погодженням у разі потреби із зацікавленими міністерствами та іншими центральними органами виконавчої влади. Обов'язково враховується (за його наявності) експертний висновок регіональної комісії з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій щодо рівня надзвичайної ситуації.

Оцінити стійкість котла до дії вибуху газоповітряної суміші.

Характеристика котла:

- довжина 5,5 м;
- ширина 4,2 м;
- висота 4,1 м;
- об'єм топочного простору 19 м^3 .

Визначимо можливий надмірний тиск ударної хвилі в топочному просторі котла.

У вогнищі вибуху газоповітряної суміші створюються зони:

1 - зона дії детонуючої хвилі, радіус

$$r_1 = 17,5 \cdot Q^{1/3} = 17,5 \cdot 0,001^{1/3} = 2,3 \text{ м}$$

(об'ємна доля газу у повітрі при якій відбувається вибух становить 5%, тобто 1 м^3 топочного простору; маса 1 м^3 газу становить приблизно 1 кг);

Надлишковий тиск у цій зоні приймаємо

$$\Delta P_1 = 1700 \text{ кПа.}$$

2- зона дії продуктів вибуху, радіус

$$r_2 = 1,7 \cdot r_1 = 1,7 \cdot 2,3 = 3,9 \text{ м;}$$

Надлишковий тиск –

$$\Delta P_2 = 1300 \left(\frac{2,3}{3,9} \right)^3 + 50 = 505 \text{ кПа.}$$

В даному випадку при відсутності або несправності вибухових клапанів може відбутися повне зруйнування котельного агрегата, оскільки повні зруйнування котлів наступають при надлишковому тиску понад 150 кПа.

Для попередження виникнення вибухів необхідно застосувати високонадійну систему автоматичного захисту котельного агрегата (для відсікання подачі газу до топки котла при погасанні полум'я факелу будь-якого з пальників).

ВИСНОВКИ

У роботі розроблено автоматизовану систему керування процесом виробництва керамічної плитки для підлоги.

Проведено аналіз параметрів технологічного процесу з точки зору придатності до автоматизації. Виявлено всі параметри, похибка яких призводить до появи браку кінцевих виробів.

У проєктній частині досліджено та вдосконалено об'єкт автоматизації. Розроблено та спроектовано функціональну схему автоматизації процесу відпалу та формування керамічних виробів. Розроблено принципову схему автоматизації.

У спеціальній частині розраховано основні параметри автоматизованої системи керування, вибрано параметри налаштування регуляторів, розраховано якість регулювання, компенсатори реактивної потужності, трансформатори для забезпечення якісного виконання технологічного процесу.

Впровадження розробленої системи забезпечить суттєве зменшення браку, та економію енергоресурсів.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 1. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-8052 від 28.05.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2013. – 256 с.
2. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-11650 від 16.07.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2014. – 312 с.
3. Микитишин А.Г., Митник, П.Д. Стухляк. Комплексна безпека інформаційних мережевих систем: навчальний посібник – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. – 256 с.
4. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. Телекомунікаційні системи та мережі : навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 384 с.
5. Плитки керамічні. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-282:2011.– [2013-01-01].– Київ. : Мінрегіон України, 2012.– (Національний стандарт України).
6. Плитки керамічні.Методи випробув.: ДСТУ Б В.2.7- 283:2011.– [2013-01-01].– Київ. : Мінрегіон України, 2012.– 88 с.– (Національний стандарт України).
7. Гвоздь В. С. Энергозберігаюча технологія виробництва керамічної плитки та порівняльний аналіз зарубіжного та вітчизняного досвіду / В. С. Гвоздь, С. Г. Білик. // Сумський національний аграрний університет. – 2014.
8. Жуков А. Д. Энергосберегающая технология керамической плитки / А. Д. Жуков, Г. И. Горбунов, Н. А. Белаш. // Вестник МГСУ. – 2013.
9. Обзор рынка керамической плитки в Украине [Електронний ресурс] // Международная маркетинговая группа. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.marketing-ua.com/articles.php?articleId=5988>.

10. Вергун Д. Забыли о кирпиче: украинцев приучают к отечественной плитке [Электронный ресурс] / Денис Вергун. – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <https://ubr.ua/market/industrial/zabyli-pro-kirpich-ukraintsev-priuchajutk-otechestvennoj-plitke-3874630>.
11. Ринок плитки: мода на українське [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа до ресурсу: <https://msb.aval.ua/news/?id=25155>.
12. Pishch I. V. The influence of water-reducing admixture on rheological properties of ceramic slips / I. V. Pishch, Y. A. Klimosh, E. V. Gabalov.. // Chemistry and Technology of Inorganic Materials and Substances. – 2013. – С. 101–103.
13. Столярова А. И. Влияние органоминерального модификатора на реологические свойства глинистых суспензий и керамических шликеров / А. И. Столярова, М. Е. Столяров, И. Н. Сенчакова. // Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева. – 2017. 128
14. Бессмертный В. С. Влияние нового трехкомпонентного органоминерального модификатора на реологические свойства глинистых суспензий и керамических шликеров / В. С. Бессмертный, Н. М. Здоренко. // Научные ведомости. – 2013. – №22.
15. Чивиль В. В. Влияние электролитов на реологические свойства шликеров в производстве керамических плиток типа ГРЕС / В. В. Чивиль. // Секция химической технологии и техники. – 2016. – С. 497–499.
16. Hotza D. Review: aqueous tape casting of ceramic powders / D. Hotza, P. Greil. // Materials science & engineering. – 1995.
17. Labanda J. Improvement of the deflocculating power of polyacrylates in ceramic slips by small additions of quaternary ammonium salts / J. Labanda, J. Llorens. // Powder Technology. – 2005. – №155.
18. Evcin A. Investigation of the effects of different deflocculants on the viscosity of slips / A. Evcin. // Academic Journals. – 2011. – №6.

19. Dondi M. Clays and bodies for ceramic tiles: Reappraisal and technological classification / M. Dondi, M. Raimondo, C. Zanelli. // *Applied Clay Science*. – 2014.
20. J. Shanefield D. Organic additives and ceramic processing / Daniel J. Shanefield. – New York: Springer Science+Business Media, 1995. – 311 c.
21. Carter C. B. *Ceramic Materials: Science and Engineering* / C. B. Carter, M. G. Norton., 2013. – 766 c.

