

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»
Інститут електроенергетики
(інститут)
Факультет електротехнічний
(факультет)
Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістра

студента Господицько Олега Ігоровича .
(ПІБ)

академічної групи 151м-20-1 .
(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології .
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

—
(офіційна назва)

на тему Дослідження та синтез системи автоматичного керування процесом підготовки зерна к помолу
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	доц. Соснін К.В.			
Теоретичний розділ	доц. Соснін К.В.			
Синтез системи	доц. Бубліков А.В.			
Експериментальний розділ	ас. Бойко О. О.			
Економічний розділ	ст.викл. Яремчук І.О.			
Охорона праці	проф. Чеберячко Ю.І.			
Рецензент				
Нормоконтролер	ас. Славінський Д.В.			

Дніпро
2021

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем
(повна назва)

_____ Бублікова А.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2021 року
У

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня магістра

студенту Господицько О.І. академічної групи 151М-20-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

—
(офіційна назва)

на тему Дослідження та синтез системи автоматичного керування процесом підготовки зерна к помолу.

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 15 листопада 2021 № 969-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	На основі матеріалів виробничих практик, інших науково-технічних джерел сформулювати наукове завдання, конкретизувати предмет та мету досліджень	Вересень 2021
Теоретичний	Обґрунтувати теоретичну базу розв'язання наукового завдання, якому присвячено роботу	Жовтень 2021
Синтез системи	Створити систему із застосуванням методів, розроблених у теоретичному розділі, за допомогою яких будуть проводитися дослідження	Жовтень 2021
Експериментальний	Розробити програмне забезпечення, сформулювати завдання та обґрунтувати методику експерименту. Результати експерименту подати у вигляді таблиць та графіків.	Листопад 2021
Економічна частина	Економічно обґрунтувати доцільність витрат на створення та дослідження системи керування	Листопад 2021
Охорона праці	Розробити організаційно-технічні заходи, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи	Листопад 2021

Завдання видано _____
(підпис керівника)

доц. Соснін К.В.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі _____

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

Господицько О.І.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 101 с., 47 рис., 25 табл., 3 додатків, 22 джерела.

Об'єкт дослідження: процес підготовки зерна к помолу.

Предмет дослідження: методи, моделі та інформаційне забезпечення автоматизації процесу підготовки зерна к помолу.

Мета: підвищення якості процесу керування підготовкою зерна к помолу, шляхом визначення межі запасу стійкості при впливі збурення на вихідний параметр об'єкту керування.

На основі передавальної характеристики процесу підготовки зерна к помолу по каналу положення клапана подачі води – вологість зерна, було розроблено та досліджено модель системи керування, визначено структуру та параметри регулятора, оцінено роботу системи згідно з висунутими критеріями, визначено допустиму межу зміни коефіцієнту «к» при впливі збурення на вихідний параметр системи керування.

На базі безперервної моделі системи керування розроблена цифрова модель системи керування. За допомогою середовища MatlabR2013b отримані програмні модулі, які реалізують об'єкт керування та регулятор. На базі програмних модулів розроблено програмне забезпечення системи керування для програмованого логічного контролера, у середовищі Zenon розроблено людино машинний інтерфейс для SCADA системи.

У економічному розділі визначені капітальні та експлуатаційні витрати а також був проведений розрахунок економічної ефективності.

У розділі охорони праці розглянуті можливі небезпечні і шкідливі фактори.

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, ПІДГОТОВКА ЗЕРНА, МАШИНА ЗВОЛОЖЕННЯ, СИНТЕЗ, РЕГУЛЯТОР, ЕКСПЕРИМЕНТ, ЛЮДИНО-МАШИННИЙ ІНТЕРФЕЙС

SUMMARY

Explanatory note: 101 p., 47 figures, 25 tables, 3 annexes, 22 sources.

The object of research: the process of preparing grain for grinding.

The subject of research: methods, models, and information support of automation of grain preparation process for grinding.

Objective: to improve the quality of the control process of grain preparation for grinding, by determining the limit of the margin of safety under the influence of disturbance on the initial parameter of the control object.

Based on the transfer characteristics of the process of preparation of grain for grinding through the channel position of the water supply valve - grain moisture, the control system model was developed and studied, the structure and parameters of the regulator were determined. The operation of the system is evaluated in accordance with the proposed criteria, the allowable limit of change of the coefficient "k" under the influence of perturbation on the initial parameter of the control system is determined.

A digital model of the control system on the basis of a continuous model of the control system has been developed. MatlabR2013b provides software modules that implement the control object and the controller. On the basis of software modules, the software of the control system for the programmable logic controller is developed, in the Zenon environment, the human-machine interface for the SCADA system is developed.

CONTROL SYSTEM, GRAIN PREPARATION, MOISTURIZATION MACHINE,REGULATOR, EXPERIMENT, HUMAN-MACHINE INTERFACE

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ	12
1.1 Характеристика галузі	12
1.2 Технологічний процес	13
1.3 Об'єкт керування	17
1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування	17
1.3.2 Структура об'єкта керування	18
1.3.3 Принцип функціонування об'єкта керування	19
1.4 Система керування	20
1.4.1 Функціонування об'єкта керування	20
1.4.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків	21
1.4.3 Апаратне забезпечення системи керування	22
1.4.4 Розробка функціональної схеми автоматизації	30
1.4.5 Розробка схеми електричної принципової	32
1.5 Формулювання задачі дослідження	33
1.6 Висновки по розділу	33
2 ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ	35
2.1 Модель об'єкта керування	35
2.2 Критерії якості функціонування об'єкта керування	38
2.3 Висновки по розділу	41
3 СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ	42
3.1 Модель системи керування	42
3.2 Структура регулятора	44
3.3 Оцінка якості функціонування системи керування	51
3.4 Висновки до розділу	59
4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	61
4.1 Цифрова модель об'єкта керування	61
4.2 Розробка програмного забезпечення системи керування	65
4.3 Розробка програмного забезпечення людино-машинного інтерфейсу	67

4.4	Перевірка функціонування програмного забезпечення	69
4.5	Висновки по розділу	69
5	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	71
5.1	Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування	71
5.2	Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування	71
5.3	Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення	72
5.3.1	Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення	72
5.3.2	Розрахунок витрат на розробку програмного продукту	75
5.4	Розрахунок експлуатаційних витрат	76
5.4.1	Амортизація основних фондів	76
5.4.2	Розрахунок фонду заробітної плати	77
5.4.3	Відрахування на соціальні заходи	78
5.4.4	Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт	78
5.4.5	Витрати на електроенергію	78
5.4.6	Інші витрати	79
5.5	Визначення додаткового прибутку від впровадження системи керування	80
5.6	Оцінка економічної ефективності проекту	80
5.7	Висновки	82
6	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	83
6.1	Аналіз небезпек і ризиків під час роботи з роботизованою системою	83
6.2	Розробка систем для підвищення безпеки роботизованих систем	90
6.3	Розрахунок освітлення	92
6.4	Безпека у надзвичайних ситуаціях	95
6.5	Висновки по розділу	97
	ВИСНОВКИ	98
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	100

ДОДАТОК А	102
ДОДАТОК Б	103
ДОДАТОК В	105
ВІДГУК	108
ВІДГУКИ ПО РОЗДІЛАМ ТА ПІДРОЗДІЛАМ	109

Перелік умовних позначень, символів, скорочень та визначень

САК	–	Система автоматичного керування;
	–	
ЛМІ		Людино-машинний інтерфейс
ПК	–	персональний комп'ютер;
SCADA	–	Supervisory control and data acquisition system
		система диспетчерського керування та збору
		даних

ВСТУП

Актуальність теми. Зернове господарство України є стратегічною галуззю економіки, яка здійснює значний вплив на соціально-економічну стабільність та продовольчу безпеку держави, а також є важливим фактором реалізації колосального потенціалу аграрного сектору в Україні та прискорення економічного зростання і розвитку. Трансформаційні процеси, що відбуваються в агропромисловому комплексі України, потребують вивчення і дослідження всіх напрямів перетворень у його структурі, включаючи зернопереробну галузь.

Складовими підгалуззями зернопереробного комплексу України є борошномельно-круп'яна, комбікормова та хлібопекарська.

Якість борошна залежить від якості зерна, що переробляється й технології виробництва. Процес виробництва складається із двох етапів — підготовчого й безпосереднього змелювання зерна.

Зволоження зерна є невід'ємною частиною процесу його гідротермічної обробки при підготовці до змелювання. Тому цей етап роботи в зерноочисному відділенні безперервно удосконалюється. Традиційний спосіб обробки зерна в комбінованих мийних машинах, який до недавнього часу вважався найбільш сучасним, в даний час поступається іншим, більш простим, але не менш ефективним способам.

Найважливішим завданням є регулювання величини приросту вологи у процесі зволоження.

Покращити показники якості керування машиною для зволоження зерна марки А1-БШУ-1, призначеної для додаткового зволоження зерна пшениці при підготовці його до змелювання, час виходу на режим роботи, стабілізація режиму вологості на виході машини. Все це можна забезпечити за допомогою ретельного дослідження існуючих систем керування та їх вдосконалення, або розробки нових систем.

Втім, існуючі методи, моделі та інформаційне забезпечення при керуванні обладнанням підготовки зерна до змелювання найчастіше створюються для установок певного типу та конфігурації. Отже, створення універсальних методів, моделей та інформаційного забезпечення при керуванні підготовкою

вологості зерна на виході машини марки А1-БШУ-1 є **актуальною науково-технічною задачею**, розв'язання якої забезпечує підвищення якості процесів автоматизованого керування процесом підготовки зерна к помолу в умовах діючого підприємства.

Мета і задачі дослідження. Мета магістерської роботи полягає у підвищенні якості процесу керування підготовкою вологості зерна на виході машини марки А1-БШУ-1, шляхом визначення межі запасу стійкості при впливі збурення на вихідний параметр об'єкту керування.

Для досягнення поставленої мети в роботі поставлені і розв'язані наступні задачі:

- обрати комплекс технічних та програмних засобів, розробити необхідну технічну документацію;
- дослідити передавальну функцію процесу підготовки зерна к помолу по каналу положення клапану подачі води – вологість зерна для синтезу системи керування;
- дослідити модель системи керування при впливі збурення;
- розробити програмне забезпечення системи керування для SCADA системи з програмованим логічним контролером;
- обґрунтувати економічну ефективність впровадження проекту;
- розробити комплекс заходів з охорони праці на підприємстві.

Об'єкт дослідження – процес підготовки зерна к помолу.

Предмет дослідження – методи, моделі та інформаційне забезпечення автоматизації процесу підготовки зерна к помолу.

Методи і мета дослідження. Для дослідження систем керування машиною для зволоження зерна марки А1-БШУ-1 використано системний аналіз та системний підхід. Для підвищення якості процесу керування підготовкою зерна к помолу, слід визначити межі запасу стійкості при впливі збурення на вихідний параметр об'єкту керування.

Математичне моделювання роботи системи виконано за допомогою диференціальних рівнянь. Оцінка ефективності процесів керування проведена за допомогою використання методів математичної статистики.

Наукове положення.

Дія збурення на вихідний параметр системи керування має вплив, та залежить від знаку та значення збурення, а стійкість системи керування для протидії збуренню пропорційна коефіцієнту «К» об'єкту керування, та має нижнє межове значення -40 %.

Наукова новизнаотриманих результатів полягає у наступному:

Отримана модель впливу збурення на вихідний параметр системи керування підготовкою вологості зерна на виході машини марки А1-БШУ-1 по каналу положення клапана подачі води – вологість зерна, що дозволяє визначити межове значення коефіцієнта «к» як межу стійкості розробленої системи автоматичного керування процесом підготовки зерна к помолу.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Характеристика галузі

Зернопереробна галузь останніми роками є одним з сегментів зернового ринку України, що найбільш активно розвиваються. При цьому щорічно зростають не тільки обсяги виробництва продуктів зерна (борошно, крупи, висівки та ін.), але і їхні поставки на зовнішні ринки, де українська продукція стає все більш популярною і затребуваною.

За підсумками перших 2018 / 19 року експорт пшеничного борошна з України сягнув 430 тис. тонн, що перевищило як показник аналогічного періоду попереднього сезону (405 тис. тонн), так і результат всього 2017/18 МГ. В цілому ж в 2019/20 обсяг відвантаження може досягти 460 тис. тонн. Ефективність технологічних процесів виробництва й борошна й крупи визначається рівнем використання зерна й електроенергії, а так само якість виробленого борошна й крупи на ефективність переробки зерна в борошно й впливають технологічні властивості зерна, що переробляється, структура й режими технологічного процесу на борошномельному круп'яному заводах, состав технологічного й транспортного встаткування[22].

Борошномельний сектор – один із найбільш соціально значущих в агропромисловому комплексі України. За даними Держкомстату, щорічна потреба України в продовольчому зерні, зокрема для виробництва хліба і хлібобулочних виробів, оцінюється від 5,7 до 7 млн. т. Не дивно, що на державних підприємствах виробляється понад 20% загального обсягу борошна.

За даними агентства AR-group, у трійку лідерів галузі входять Держрезерв України, ДПЗКУ і холдингова компанія «Хліб Києва» [4].

Технологічні процеси переробки зерна в борошно й крупу супроводжуються складними структурно-механічними, фізико-хімічними й біохімічними змінами в зерні й готової продукції. Тому знання закономірностей зазначених змін не тільки становить сутність вивчення технології борошномельного й круп'яного виробництва, але і є основою подальшого вдосконалення технологічних процесів переробки зерна в борошно й крупу.

Сучасне виробництво борошна й крупи досить специфічна в технологічному змісті, дуже енергоємне, є вибухонебезпечним, має безперервний потоковий характер, відрізняється великою довжиною й багатоповерховістю технологічних ліній при відносно малій чисельності змінного персоналу. Одне перерахування цих ознак свідчить, що без АСУТП подібне виробництво не може бути ні ефективним, ні безпечним. Проте, і на початку 21-го століття близько 80% млинів на Україні (а їх близько сотні) продовжують працювати на ручному керуванні, або мають примітивні релейно-контактні системи блокування встаткування, найчастіше без центральних щитів. Пояснення просте: можливості інвестицій в автоматизацію зернопереробної промисловості незрівнянно менші, ніж в хімію, енергетику і їм подібні високоавтоматизовані галузі. У цій ситуації проблема вибору програмно-апаратних засобів АСУТП, оптимальних у комбінації ціна-якість є життєво важливою.

Таким чином, для того, щоб зернопереробна галузь, як одна з стратегічних галузей промисловості України, ефективно розвивалася та розширювала свою діяльність необхідно: направляти кошти підприємств на більш економічно ефективно відтворення основних фондів, завдяки впровадженню інновацій в процес виробництва; проявлення більшої зацікавленості підприємствами харчової промисловості в практичних навиках молодих спеціалістів, для їх подальшого працевлаштування на підприємства зернопереробної галузі та підприємства інших галузей харчової промисловості України; досягнення більш раціональної взаємодії між постачальниками сировини і зернопереробними підприємствами в ціновій політиці, що дозволить зберегти собівартість хлібопродуктів на тому ж рівні або навіть скоротити її, що в свою чергу призведе до стабільної ціни на хліб та інші хлібопродукти першої необхідності для населення України.

1.2 Технологічний процес

Після збирання врожаю зерно містить різні сторонні домішки. У зерні можуть перебувати насіння бур'янистих рослин, частки соломи, обмолочені колосся й навіть шматочки землі або дрібні камінчики (галька). Під час

перевезення й різних операціях із зерном у нього можуть потрапити й інші предмети, шматочки дроту, різні металеві предмети, мотузка, скло й т.п. Усе це небажані домішки й усе це необхідно вилучити із зерна до його здрібнення в борошно.

На здрібнюючі машини повинне надходити чисте зерно, інакше не можна буде одержати борошно необхідної якості.

Очищення зерна відбувається на машинах різного принципу дії: на сепараторах, трієрах, каменевідокремлювачах, аспіраторах і т.п.

Далі здійснюють обробку зерна для поліпшення його борошномельних властивостей, проводять “кондиціювання” зерна. У цьому процесі зерно зволожують до певної вологості й потім витримують його протягом декількох годин у засіках – отвожують.

На млині, підготовка зерна до змелювання в зерноочисному відділенні проводиться за наступною схемою (рисунки 1.1):

Попередньо очищене зерно із самоскида вивантажується в бункер неочищеного зерна в днище якого вмонтований конвеєр гвинтовий, який подає зерно в дозатор порцій.

Далі зерно порцією подається на первинне очищення в аспіратор і на зерноочисний сепаратор, який служить для видалення із зернової маси великих, дрібних і легких домішок. Легені домішки віддаляються повітряним потоком в аспіраторі на вході в сепаратор, і на виході з нього. Для виділення домішок, що відрізняються по розмірах (великих і дрібних) служать пробивні сита (решета), з отворами круглої або ж довгастої форми.

Очищене зерно направляється в каменезбірник, призначений для відбору дрібних камінчиків, розміри яких мало відрізняються від розміру зерна.

Зерно із прийомного пристрою попадає спочатку на сітчасту поверхню розподільника, що продувається знизу повітрям, а потім на сітку деки в центрі вібростола. Тут вихідне зерно ділиться на два рівні потоки. Під дією коливань робочої поверхні й аерації повітрям, зернова суміш розпушується, при цьому коефіцієнт внутрішнього тертя знижується. Зерно переходить у стан псевдооживлення.

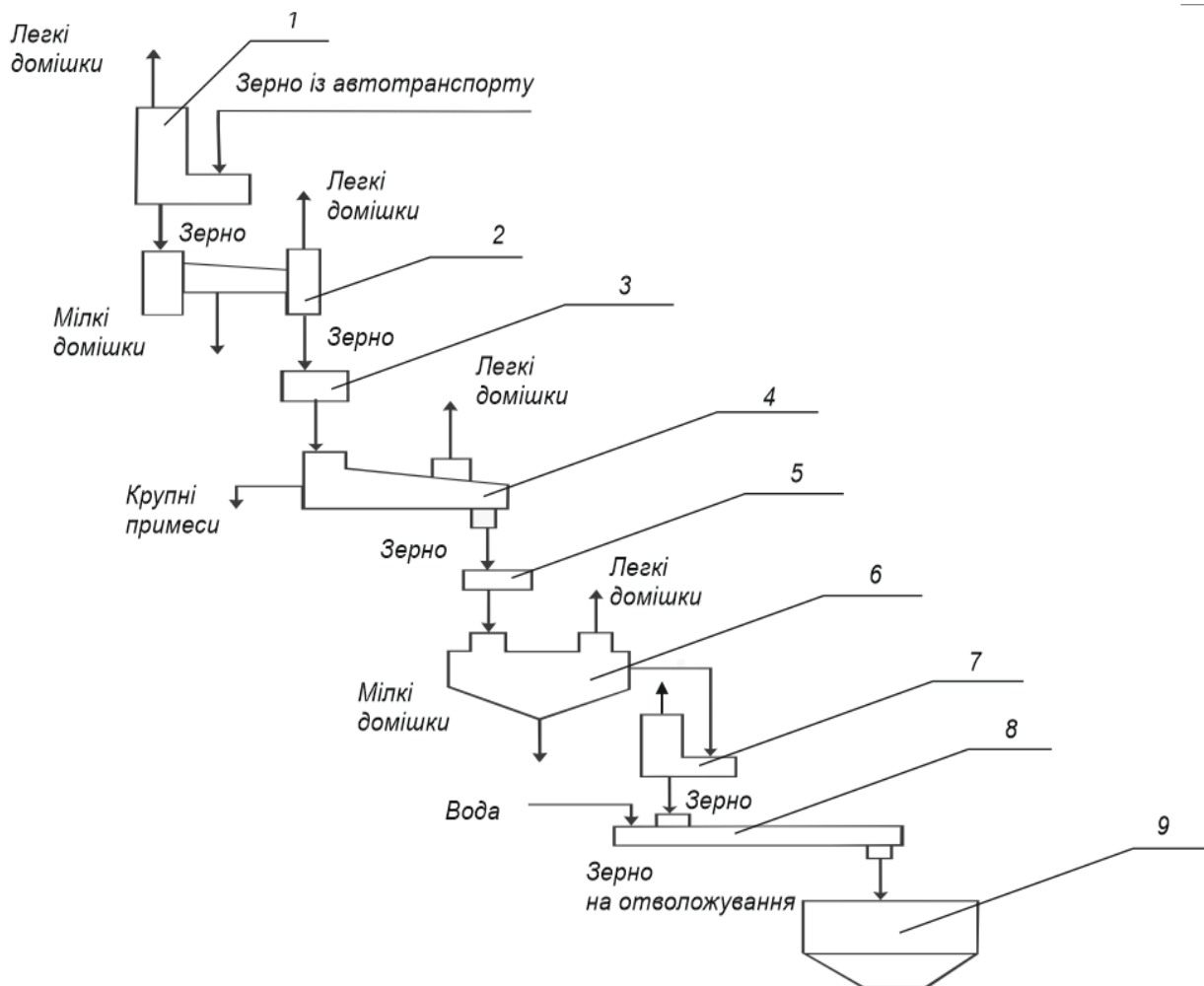


Рисунок 1.1 – Схема технологічного процесу підготовки зерна до змелювання
 1 – аспіраційна колонка; 2 – сепаратор А1-БЛС; 3 – магнітний сепаратор; 4 – каменевідокремлююча машина РЗ-БКТ; 5- магнітний сепаратор; 6 – оббивальна машина РЗ-БГО-6; 7 – аспіраційний канал РЗ-БНА-50; 8 – зволожувальна машина А1-БШУ; 9 – силос для отволоження зерна

У таких умовах відбувається інтенсивне сортування зернової маси: важкі мінеральні частки опускаються вниз на робочу поверхню деки, а зерно й легкі домішки залишаються у верхніх шарах. Верхній шар не підданий транспортуючому впливу дека, тече як рідина під відведи розвантажується в нижній широкій частині дека, долаючи опір гумового клапана у випускному патрубку.

Мінеральні домішки виводяться через верхню звужену частину дека. Тут товщина шару мінеральних домішок збільшується, залишки зерна спливають на поверхню й скачуються вниз.

Легкі домішки несуться повітрям і відділяються в пиловіддільнику. Вміст зерна у відходах не перевищує 0,05%, ефективність очищення зерна від мінеральних домішок не менш 99%.

Далі зерно надходить на магнітний сепаратор і оббивальну машину, що здійснює очищення поверхні зерна, обробка зерна в оббивальній машині повинна забезпечити очищення його.

Зерно надходить у кільцевий зазор між ротором і циліндром, де в результаті багаторазових ударів і інтенсивного тертя відбувається очищення поверхні й часткове відшелушення.

Прохід через сітчастий циліндр попадає в аспіраційну мережу. Після оббивальної машини зерно надходить в аспіраційний канал для очищення від легких домішок і далі направляється в черевик порції. Потім зерно порцією й конвеєром гвинтовим подається в бункери очищеного зерна для нагромадження. З бункерів очищеного зерна за допомогою гвинтового конвеєра й порції зерно надходить на машину для зволоження. У цьому процесі зерно воложать до певної вологості й потім гвинтовим конвеєром подається в бункери для отволоження, де зерно витримують у кількості декількох годин.

У результаті впливу води на речовини зерна структура його ендосперму суттєво змінюється, відбувається його розпушення, тому міцність його значно знижується, у процесі здрібнювання про руйнується з незначною витратою енергії. У той же час міцність оболонки зростає і, як наслідок, такого ефекту ендосперм легко відділяється від них у процесі здрібнювання на вальцьових верстатах. Оболонки ж при цьому виходять у вигляді великих часток і тому в процесі сортування продуктів у розсівах, частки ендосперму й частки оболонок формують самостійні фракції й надходять у різні потоки.

Величина зволоження й тривалість процесу отволоження зерна в бункерах залежить від вихідної характеристики помольної партії.

Потім, з бункерів для отволоження через віброживильники, зерно надходить на гвинтовий конвеєр і далі в пневмоприймач, потім у циклон - розвантажувач, на аспіраційний канал, у якому відбираються легкі домішки, і в розмельне відділення.

Розмельне відділення.

У розмельному відділенні розмелюють підготовлене зерно й поділяють (сортують) здрібнені продукти на: борошно й висівки. Додатково можна одержувати деяку кількість манної крупи.

Фактичний вихід продуктів розмелу становить:

- борошно 1 сорту 50%...53%;
- борошно вищого сорту 14%...16%;
- манна крупа 0.1%...2%;
- висівки 30%...38%.

Для одержання виходу борошна вищого й першого сортів, необхідно провести аналіз технологічної схеми й удосконалити технологічний процес.

1.3 Об'єкт керування

1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування

Машина для зволоження зерна марки А1-БШУ-1 (рис 1.2) призначена для додаткового зволоження зерна пшениці при підготовці його до змелювання. Машина встановлюється в схемах зерноочисних відділень млинів перед подачею зерна на розмелювання.



Рисунок 1.2 – Машина для зволоження зерна марки А1-БШУ

Технічні характеристики машини для зволоження зерна марки А1-БШУ-1 представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики машини А1-БШУ

Назва параметру	Значення
Продуктивність технічна по зерну пшениці із середньою щільністю 770-850 кг/м ³ і вологістю 14,5-15,5%, т/л не менш	12
Частота обертання ротора машини, с ⁻¹ (об/хв)	19 (1140)
Споживання електроенергії,кВт/год	2,4
Споживання води, л/год у межах.	50-150
Тиск води в системі, МПа	0,05-0,07
Габаритні розміри, мм.	
довжина	1615
ширина	460
висота	1420
Маса виробу, кг.	309

1.3.2 Структура об'єкта керування

У зволожувальному апараті А1 – БШУ (рис. 1.3) дозують і подають воду в шнек, який переміщує й транспортує зерно. В апараті А1 – БШУ для інтенсифікації процесу розпилення використовується повітряний компресор.

При надходженні зерна індикатор наявності зерна дає команду на подачу води у форсунку, куди одночасно від компресора подається повітря. Водноповітряна суміш розприскується на шар зерна, що перебуває в корпусі шнека. Останній переміщує зерно й спрямовує його до випускного патрубку. Привод шнека здійснюється від електродвигуна через клиноремінну передачу.

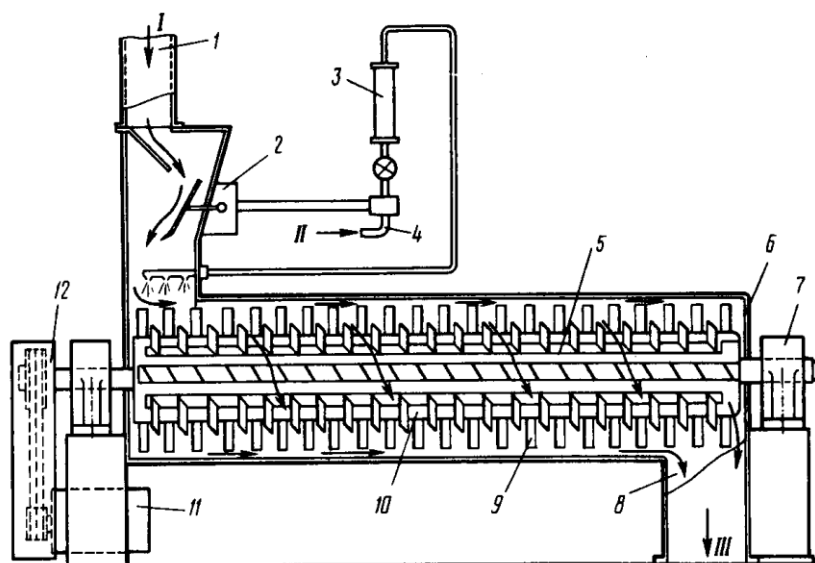


Рисунок 1.3 – Схема апарата для зволоження зерна А1 – БШУ

На рисунку 1.3 прийняті наступні позначення: 1 – приймаючий патрубок; 2 – індикатор наявності зерна; 3 – ротаметр; 4 – пристрій подачі води; 5 – ротор; 6 – корпус; 7 – підшипники; 8 – патрубок виводу зволоженого зерна; 9 – лопаті; 10 – тримачі лопатів; 11 – привідний електродвигун; 12 – клиноремінна передача; I – вихідне зерно (сухе); II – вода; III – зволожене зерно.

Система подачі, контролю й регулювання кількості води включає манометр, ручний вентиль, електровентиль, ротаметр і систему елементів електрокерування. Для очищення води, що надходить до апарата використовується фільтр.

1.3.3 Принцип функціонування об'єкта керування

Одним з основних процесів підготовки зерна до помелу, що якісно поліпшує його продовольче використання, є гідротермічна обробка зерна. Застосування гідротеплової обробки зерна, або, як ми часто говоримо, кондиціонування зерна, дає комплексний виробничий ефект, який включає три групи показників: технологічні, енергетичні й економічні.

У процесі зволоження й наступного отволоження зерна на млинах полегшується відділення оболонки, збільшується вихід крупок у драному процесі й зольність висівок, у результаті збільшується вихід борошна, зменшується його зольність і збільшується показник білизни, поліпшується якість клейковини. На хлібозаводах, які переробляють таке борошно, оптимізується технологічний процес, збільшується об'ємний вихід хліба, поліпшуються структура м'якушки й колір хліба.

Кондиціонування зерна викликає розхитування його структури й зменшення сили корпускулярних зв'язків, що полегшує його дроблення. У результаті цього питомі витрати електроенергії на виробництво борошна зменшуються:

- при холодному кондиціонуванні - на 5-10%;
- при гарячому - до 15%.

Усе це дає можливість зменшити витрати на виробництво борошна, збільшити його вихід, поліпшити технологічні й хлібопекарські показники, підняти конкурентоспроможність виробника борошна.

Коливання вологості зерна, що надходить у зерноочистку протягом однієї зміни, досягає значних величин. Ручне регулювання процесу зволоження в сукупності з лабораторним контролем вологості не дозволяють забезпечити подачу на першу драну систему зерна заданої вологості. У результаті похибка зростає, що вимагає постійного регулювання процесу розмелу зерна.

1.4 Система керування

1.4.1 Функціонування об'єкта керування

В якості об'єкту керування, що розробляється, виступає контур регулювання вологості зерна на виході зволожувальної машини. Вхідним параметром об'єкта є витрата води, що вприскується до шнеку зволожувальної машини. Необхідна витрата води задається за допомогою клапана, регулювання якого змінюється в діапазоні від 0 до 100%, де 0% відповідає закритому клапану і відсутності подачі води, а 100% повністю відкритому клапану і максимальному вприскуванню води, що становить 150 л/год. Вихідним параметром об'єкта керування є вологість зерна пшениці, яка в середньому становить 5%. Основним завданням розроблюваної системи керування є підтримання вологості зерна пшениці на виході зволожувальної машини.

Виходячи з цього, система керування повинна включати: датчик вимірювання вологості зерна пшениці на виході зволожувальної машини, клапан, що регулює кількість вприску води, пристрій керування, що задає положення клапана на підставі виміряного значення вологості і пульт оператора, за допомогою якого задається режим роботи системи (рис. 1.4).

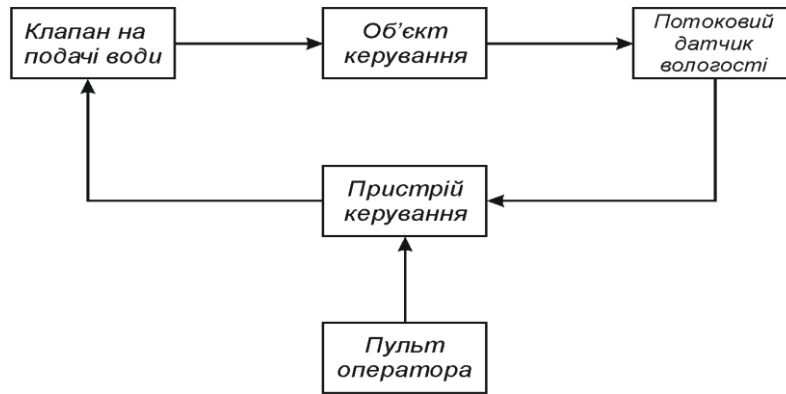


Рисунок 1.4 – Структурна схема системи керування

1.4.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків

Підсистема керування технологічним обладнанням складається з пристроїв збору інформації (датчик вологості зерна), еталонів і станів обладнання (установка вологості зерна і граничні значення), системи контролю стану обладнання, програми керування, що реалізують формування керуючого впливу, протиаварійного захисту, блоку переходу до ручного режиму керування та виконуючих органів (клапан).

Оскільки система повинна забезпечувати візуалізацію і контроль за технологічним процесом, вона має містити підсистему інформаційного забезпечення роботи оператора. Ця підсистема складається з людино-машинного інтерфейсу, реєстрації параметрів процесів і сигналізації досягнення параметрами заданих значень.

Крім того система повинна забезпечуватися архівуванням технологічних процесів що відбуваються, тому в ній має бути присутня підсистема ведення архівів параметрів і подій, що включає базу даних та резервне сховище.

Розроблена структурна схема інформаційних потоків наведена на рис. 1.5. Дана структура забезпечує підтримку заданої вологості зерна пшениці, збір інформації про технологічний процес, її реєстрацію, візуалізацію, збереження в базі даних і створення резервних копій. Крім того дана структура забезпечує контроль, за обладнанням і сигналізацію досягнення параметрами керування заданих значень.

Таким чином підсистема автоматизованого керування технологічним обладнанням представлена у вигляді апаратно-програмного комплексу, який містить датчик вологості зерна на виході зволожувальної машини, об'єкт

керування, пристрій керування, в якості якого виступає програмований логічний контролер і клапан.

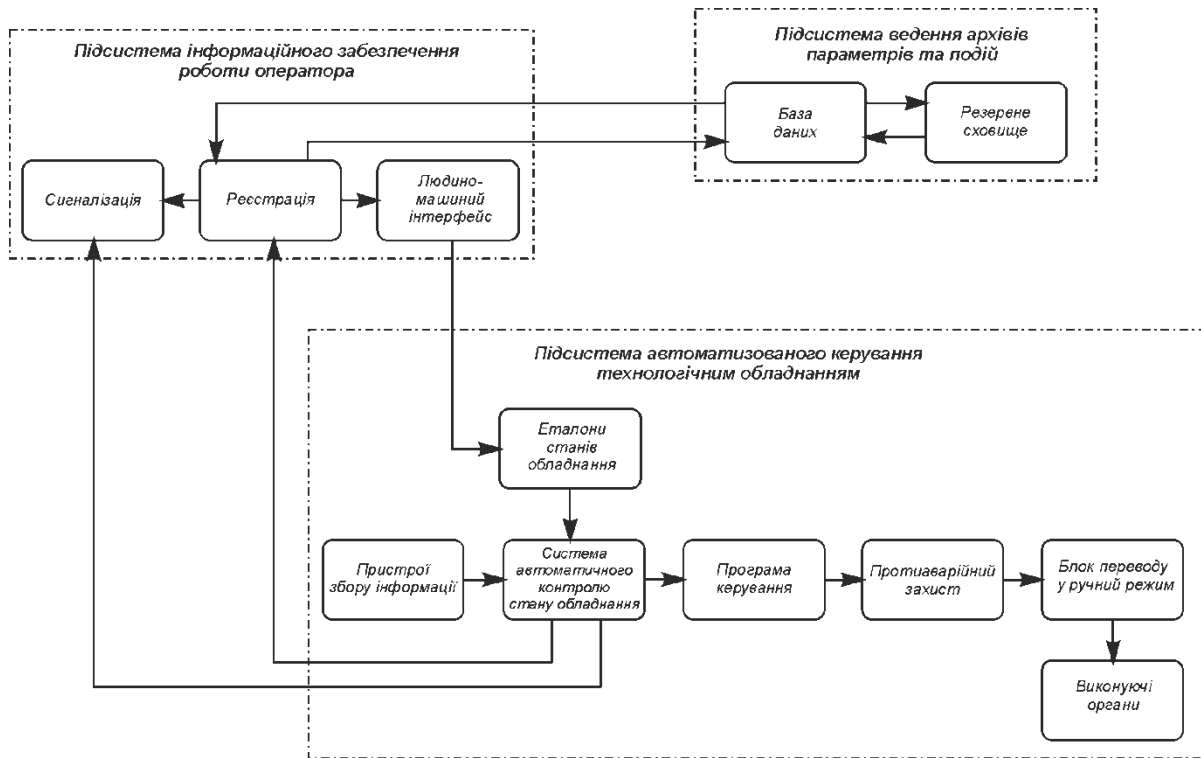


Рисунок 1.5 – Структурна схема інформаційних потоків

Підсистема інформаційного забезпечення роботи оператора представлена як апаратно-програмний комплекс на базі персонального комп'ютера з операційною системою сімейства Microsoft Windows і SCADA системою Zenon, що виконує функції пульта оператора.

Підсистемою ведення архівів параметрів і подій є окремі програмні модулі SCADA системи Zenon.

Зв'язок між перерахованими апаратними комплексами відповідно до вимог забезпечується за допомогою загальної мережі підприємства, а між програмним забезпеченням за допомогою стандартних протоколів.

1.4.3 Апаратне забезпечення системи керування

Основною метою системи керування, що розробляється, є підтримання вологості зерна пшениці, значення якої має дорівнювати 5%.

Датчик монтується на виході зволожувальної машини. Підключення датчика до пристрою керування повинно здійснюватися за допомогою стандартного перешкодозахисного токового інтерфейсу 4-20 мА.

Висунутим вимогам відповідає потоковий вологомір MICRORADAR 125 - єдиний з існуючих вологомірів, призначений для виміру вологості свіжозволоженого, мокрого зерна.

Потокові вологоміри MICRORADAR 125 використовуються при регулюванні додаткового зволоження зерна при його підготовці до змелювання. Прилад складається із двох блоків сенсора, один з яких підключається на вході зволожуючої машини, другий - на виході. Сигнали обох блоків сенсорів обробляються в мікропроцесорному блоці по особливому алгоритму, що дозволяє визначати окремо вологість зерна, що надходить на зволожуючу машину, і вологість зерна після зволоження.

Прилад може працювати й у режимі двох незалежних датчиків вологості, наприклад, при автоматизації сушіння зерна. Досвід показує, що системи автоматизації на базі вологоміра МІКРОРАДАР 125 дозволяють підтримувати вологість зерна перед першою драною системою з точністю 0,15 %.



Рисунок 1.6 – Потоковий вологомір зерна MICRORADAR 125

Точність виміру вологості від 0,15% до 1% залежно від діапазону вологості, з урахуванням погрішності відбору проби й погрішності виміру вологості стандартним методом, наприклад, сушінням у сушильній шафі.

Прилад являє собою мікрохвильовий вологомір, побудований на основі техніки сантиметрового діапазону хвиль, що забезпечує надзвичайно низьку

чутливість приладу до температури матеріалу й вмісту солей. Принцип дії вологоміра заснований на вимірі величини поглинання мікрохвильової енергії вологим матеріалом і перетворенні цієї величини в цифровий код з використанням сучасної мікропроцесорної техніки.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики потокового вологоміра зерна MICRORADAR 125

№	Найменування параметру	Значення
1	Живлення	1х 220 В, 50 Гц
2	Споживана потужність	не більш 50 Вт
3	Режим роботи	безперервний
4	Час встановлення робочого режиму	не більш 1 хв
5	Інтерфейс	RS 485
6	Аналоговий вихід	4..20 мА, 0..5 мА, 0..20 мА
7	Навантажувальна здатність струмового виходу	< 500 Ом

На підставі обраних датчиків і їх технічних характеристик складена таблиця 1.3.

Таблиця 1.3 – Давачі

№	Назвапараметру	Принцип дії	Тип	Діапазонзмінення	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужністьспоживання
1	Вологість	Поглинання хвиль СВЧ	Аналог.	0.5 ... 15%	±0,015%	4...20 мА	50 мс	220В	<50 Вт

Керування вологістю зерна на виході зволожувальної машини здійснюється регулюванням впорскування води за допомогою регульованого клапана. Оскільки витрата води при максимальному відкритті клапана становить 150 л/год, а тиск до 0,7 атм, то був обраний двоходовий шаровий клапан з встановленим електроприводом Belimo TR24-SR (рисунок 1.7).



Рисунок 1.7 – Електропривід Belimo TR24-SR

Електроприводи Belimo TR24-SR для 2х і 3х ходових регулюючих кульових клапанів з DN10 (TRD ..), DN 15 (TR ..). Електропривод має аналогове керування з сигналом DC 0...10 В ..

Технічні характеристики електроприводу Belimo TR24-SR представлені в таблиці 1.4

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики електроприводу Belimo TR24-SR

Назва параметру	Значення параметру
Ступінь захисту	IP40
Управляючий сигнал	DC 0...10 В, вх. опір.=100 кОм
Напруга живлення	DC 24В (DC 21.6÷28.8В)
Потужність	1Вт
Час повного обертання	90 с
Крутячий момент	1,6 Нм
Рівень шуму	max 35 dB(A)
Вага (без клапана)	0.3 кг

Особливості електроприводів Belimo TR24SR, TRD24-SR

Простий монтаж. Привід легко кріпиться на клапан за допомогою одного гвинта, горизонтально в кожному із чотирьох положень.

Висока надійність. Привод захищений від перевантажень. Зупинка відбувається автоматично при досягненні крайніх положень.

Ручне керування. Можливість механічного керування за допомогою важеля. При натисканні рукоятки на корпусі редуктор привода виводиться із зачеплення й клапаном можна управляти вручну

На підставі обраних виконавчих пристроїв і їх технічних характеристик складена таблиця 1.5.

Таблиця 1.5 – Виконавчі пристрої системи керування

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Лінійність	Значення входу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Положення клапана	Синхронний двигун	Синхронний двигун	0÷100%	100%	0-10В	постійно	24В	0,5Вт

Виходячи з того, що контролер буде підключений до пристрою з аналоговим виходом, та до пристрою, що управляється аналоговим сигналом, контролер повинен мати модульну структуру, щоб забезпечити підключення вибраного обладнання.

Так як в структуру системи керування входить підсистема інформаційного забезпечення роботи оператора, яка відповідно вимогам до системи повинна бути реалізована на базі персонального комп'ютера, контролер повинен мати можливість підключення Ethernet інтерфейсом.

Висунутим вимогам задовольняє програмований логічний контролер компанії VIPA 214-2BE03. Даний контролер має час арифметичної операції над речовим числом 40 мкс, обсяг пам'яті програм 144 кілобайта і обсяг робочої пам'яті 96 кілобайт (рис. 1.8). Технічні характеристики контролера наведені в таблиці 1.6.



Рисунок 1.8 – Програмований логічний контролер 214-2BE03

Таблиця 1.6 – Технічні характеристики програмованого логічного контролера 214-2BE03

№	Найменування параметру	Значення
1	Тип	CPU 214NET
2	Пам'ять, кБайт	144
3	Робоча пам'ять, кБайт	96
4	Максимальна кількість модулів, штук	32
5	Ethernet інтерфейс	Присутній

6	Напруга живлення, В	24
7	Споживана потужність, Вт	6

Для підключення до програмованого логічного контролера датчика вологості MICRORADAR 125 необхідно використати модуль аналогового входу з діапазоном вхідного сигналу від 4 до 20 мА. Також, для підключення електроприводу Belimo TR24-SR, нам необхідно використати модуль аналогового виходу з діапазоном вихідного сигналу від 0 до 10 В. Даним вимогам задовольняє модуль VIPA 234-1BD50, щоволодіє двома аналоговими входами та двома аналоговими виходами з діапазоном сигналу від 4 до 20 мА (рис. 1.9).



Рисунок 1.9 – Модуль аналогового вводу/виходу VIPA 234-1BD50

Технічні характеристики модуля аналогового вводу/виходу наведені в таблиці 1.7.

Схема підключення датчика вологості та електроприводу до модуля аналогового вводу/виходу VIPA 234-1BD50 приведена на рисунку 1.10.

Таблиця 1.7 – Технічні характеристики модуля аналогового вводу/виходу

№	Найменування параметру	Значення
1	Тип	SM 234
2	Кількість входів/виходів	2/2
3	Тип входу	аналоговий
4	Діапазон сигналу, мА	+/-20mA, +/-10V
5	Довжина екранованого провідника, м	200
6	Споживана потужність, Вт	2,9

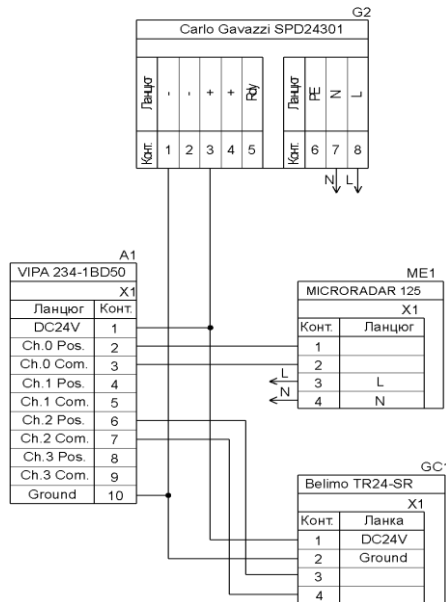


Рисунок 1.10 – Схема підключення датчика вологості та електроприводу до модуля аналогового вводу/виводу VIPA 234-1BD50

Відповідно до вимог системи керування, підсистема інформаційного забезпечення роботи оператора повинна візуалізувати технологічний процес на підставі даних, одержуваних від програмованого логічного контролера. Підсистема інформаційного забезпечення буде реалізована на базі персонального комп'ютера, а зв'язок з програмованим логічним контролером за допомогою інтерфейсу Ethernet.

Схема підключення персонального комп'ютера до програмованого логічного контролера 241-2BE03 приведена на рисунку 1.11.

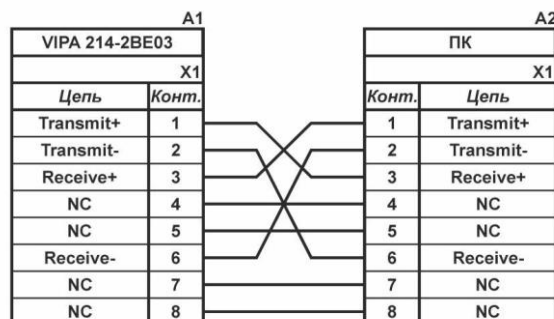


Рисунок 1.11 – Схема підключення персонального комп'ютера до програмованого логічного контролера 241-2BE03

На підставі обраного програмованого логічного контролера і його модулів складена таблиця 1.9.

Таблиця 1.9 – Програмований логічний контролер і його модулі

№	Найменування	Пристрій	Потужність
1	VIPA 214-2BE03	Центральний процесорний модуль	6,00 Вт
2	VIPA 234-1BD50	Модуль аналогового вводу/виводу	2,90 Вт
		Belimo TR24-SR	1 Вт

Програмований логічний контролер 241-2BE03 і його модуль мають напругу живлення +24 В. Загальна споживана потужність програмованого логічного контролера 6 Вт. Виходячи з цього в якості джерела постійної напруги контролера обрано джерело живлення SPD24301 зі змінною напругою живлення від ~ 85 до ~ 264 В, вихідною напругою +24 В і потужністю 30 Вт (рисунок 1.12). Технічні характеристики джерела живлення наведені в таблиці 1.10.



Рисунок 1.12 – Джерело живлення SPD24301

Схема підключення програмованого логічного контролера 241-2BE03 до джерела живлення SPD24301 приведена на рисунку 1.13.

Таблиця 1.10 – Технічні характеристики джерела живлення SPD2430

№	Найменування параметру	Значення
1	Напруга живлення, В	~85÷~264
2	Вихідна напруга, В	24
3	Потужність, Вт	30
4	Максимальний вихідний струм, А	1,25

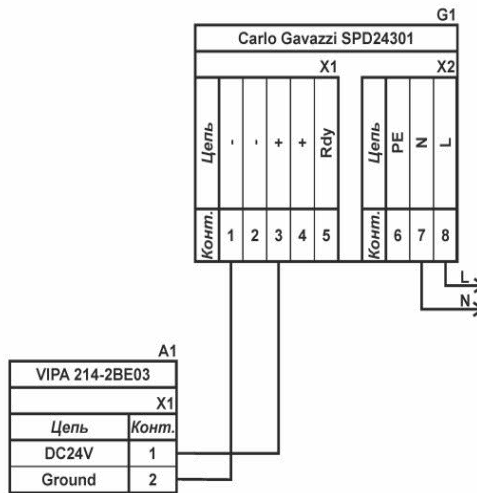


Рисунок 1.13 – Схема підключення ПЛК 241-2BE03 до джерела живлення SPD24301

Виходячи з аналізу обраного обладнання можна зробити висновок, що зовнішнє джерело живлення необхідно також для модуля аналогового вводу/виводу, що слугує для підключення потокового вологоміра MICRORADAR 125 (живлення 220В) та електроприводу Belimo TR24-SR з напругою живлення +24 В і споживаною потужністю 1 Вт. Загальна споживана потужність модуля та підключеного до нього обладнання:

$$P = 2.9 + 1 = 3.9 \text{ Вт.}$$

Виходячи з цього в якості джерела постійної напруги модуля та підключених до нього пристроїв обрано джерело живлення SPD24301, аналогічне вказаному вище.

1.4.4 Розробка функціональної схеми автоматизації

На підставі вимог до системи керування вологістю зерна і вибраного обладнання розроблена функціональна схема автоматизації, що наведена на рисунку 1.14.

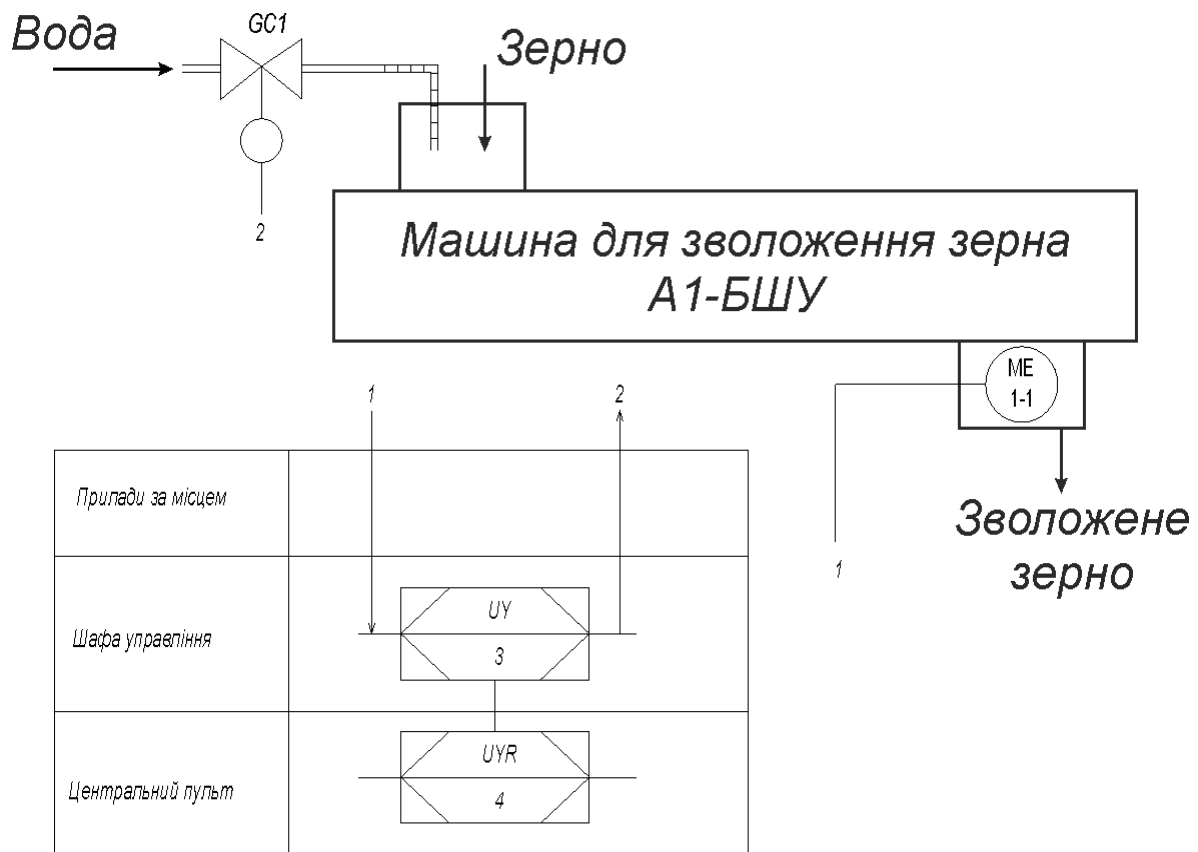


Рисунок 1.14 – Функціональна схема автоматизації

В якості пристрою керування використовується програмований логічний контролер (UY 3 - VIPA 214-2BE03). Дані програмованого логічного контролера про протікання технологічного процесу візуалізуються на пульті оператора (UYR 4 - Персональний комп'ютер).

Вологість зерна на виході зволожувальної машини вимірюється за допомогою потокового вологоміра (ME 1-1 - MICRORADAR 125) виходом якого є сигнал у вигляді струму 4-20 мА. Контролер на підставі значення вологості розраховує кількість води, яку необхідно подати в зволожувальну машину. Отримане значення передається програмованим логічним контролером електроприводу клапана (GC1 – Belimo TR24-SR) у вигляді сигналу 0-10 В, який задає положення регульованого клапана завдяки електронному вказівнику положення що міститься в електроприводі.

1.4.5 Розробка схеми електричної принципової

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена електрична принципова схема системи керування вологістю зерна на виході зволожувальної машини (рис.1.14).

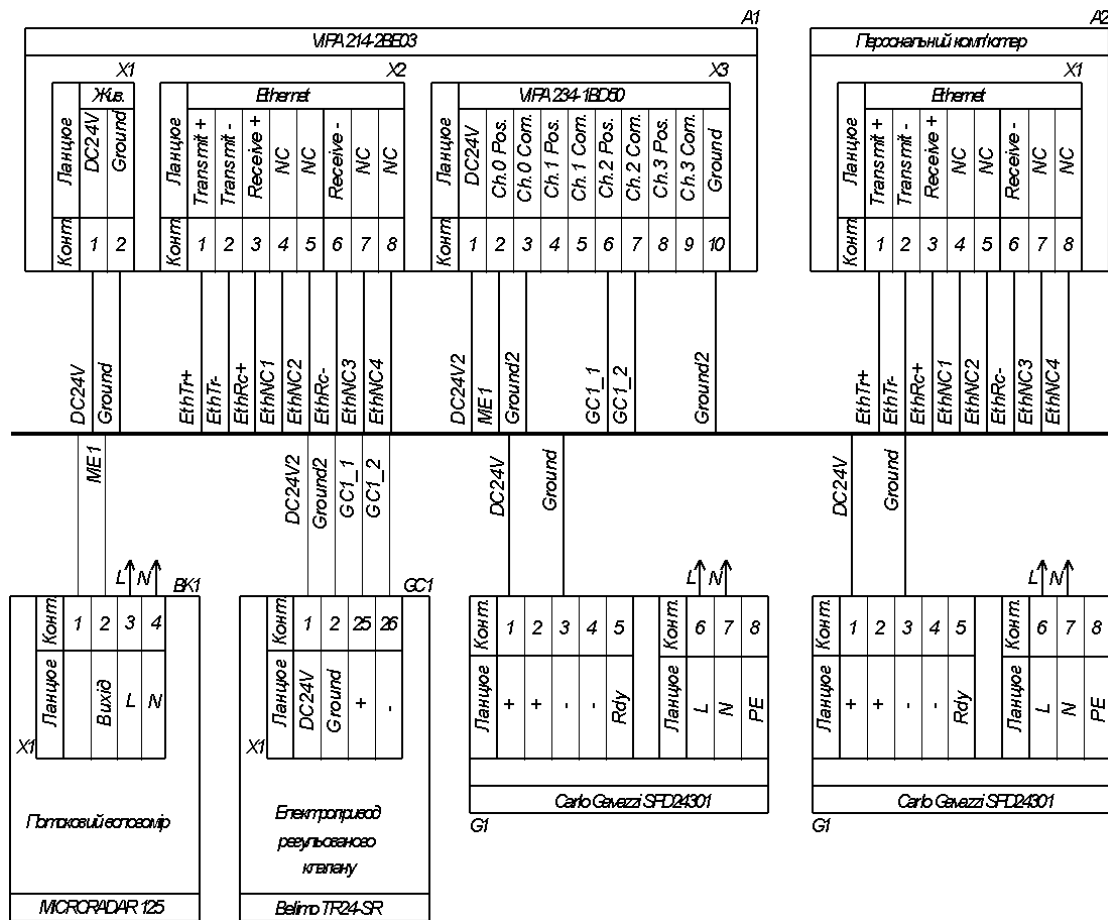


Рисунок 1.15 – Схема електрична принципова системи керування

В системі використовуються два джерела живлення CarloGavazzi SPD24301 (G1, G2). До першого джерела живлення (G1) підключений програмований логічний контролер VIPA 214-2BE03 (A1), а від другого (G2) модуль аналогового вводу/виводу VIPA 234-1BD50 (A2) та електропривод шарового клапану Belimo TR24-SR (GC1). Параметри функціонування системи керування можуть бути задані за допомогою персонального комп'ютера (A3), що виконує функцію пульта оператора. Зв'язок між програмованим логічним контролером (A1) і персональним комп'ютером (A3) реалізована за допомогою інтерфейсу Ethernet.

Вологість зерна на виході зволожувальної машини вимірюється за допомогою потокового вологоміра (ME 1-1 – MICRORADAR 125). Токовий вихід вологоміра 4-20 мА підключений до модуля аналогового вводу/виводу (A2) програмованого логічного контролера (A1).

Контроль положення клапана здійснюється програмованим логічним контролером (A1) завдяки модулю аналогового вводу/виводу (A2), що подає сигнал 0-10 В до електронного вказівника положення електропривода регульованого клапана (GC1).

1.5 Формулювання задачі дослідження

Мета кваліфікаційної роботи полягає у підвищенні якості процесу керування машиною для зволоження зерна марки А1-БШУ-1, шляхом визначення межі запасу стійкості при впливі збурення на вихідний параметр об'єкту керування.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні задачі:

- дослідити передавальну функцію положення клапана подачі води– вологість зерна для синтезу системи керування;
- дослідити модель системи керування при впливі збурення;
- розробити програмне забезпечення для SCADA системи з програмованим логічним контролером;
- обґрунтувати економічну ефективність впровадження проекту;
- розробити комплекс заходів з охорони праці на підприємстві.

1.6 Висновки по розділу

За результатами аналізу об'єкта керування як об'єкта автоматизації та об'єкта дослідження зроблено наступні висновки:

- вхідними параметрами об'єкта керування є сигнали керування для позиціонування клапана подачі води;
- вихідними параметрами об'єкта керування є вологість зерна на виході машини для зволоження зерна марки А1-БШУ-1;

- об'єкт керування у атестаційній роботі відноситься до класу неперервних, вибухонебезпечних об'єктів керування;
- для системи керування машиною для зволоження зерна марки А1-БШУ-1 обрано комплекс технічних засобів на базі мікропроцесорного контролеру VІРА 200, виконано розробку необхідних технічних документів.

2 ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Модель об'єкта керування

У промисловості найбільш поширеним способом отримання математичної моделі є ідентифікація об'єкта керування. Ідентифікація – це процес побудови математичної моделі об'єкта керування, заснований на обробці спостережуваних вхідних і вихідних сигналів.

Процес ідентифікації об'єкта керування складається з трьох етапів: структурна ідентифікація, параметрична ідентифікація та оцінка адекватності моделі. Передавальна характеристика процесу

Машина для зволоження зерна марки А1-БШУ-1 призначена для додаткового зволоження зерна пшениці при підготовці його до змелювання.

Передаточна характеристика була отримана у відповідній кваліфікаційній роботі бакалавра за допомогою SCADA системи Zenon, яка включала людино-машинний інтерфейс, середовище виконання і програмований логічний контролер (рис. 2.1).

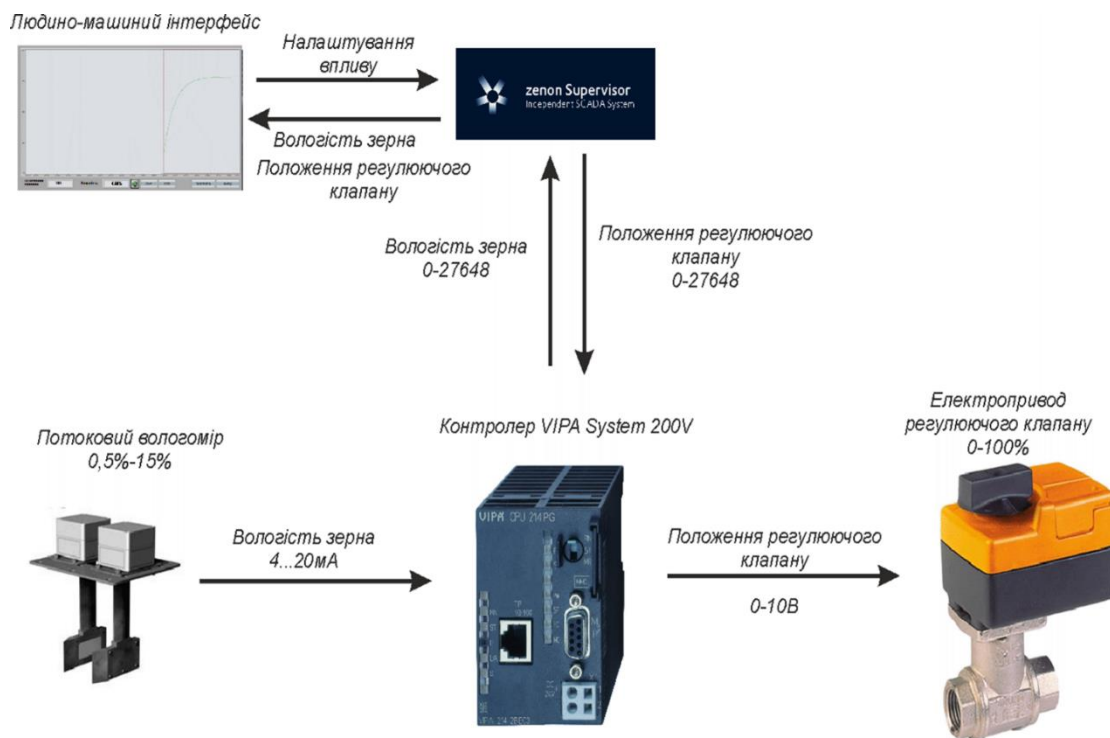


Рисунок 2.1 – Структура системи дослідження об'єкта керування

Завдяки людино-машинному інтерфейсу (HMI) було налаштовано

діапазон керуючого впливу і його дійсного значення, та його візуалізацію в вигляді трендів.

Керуючий вплив - кількість води, яку необхідно подати в зволожувальну машину, утворений в середовищі виконання, перетворювався з фізичних одиниць в цифрове значення з діапазоном від 0 до 27648 і передавався по каналу зв'язку систему віддаленого вводу-виводу. Система віддаленого вводу-виводу за допомогою цифро-аналогового перетворювача перетворювала в електричну величину з діапазоном можливого сигналу від 0 до 10 В, який подавався на виконавчий пристрій об'єкта керування - електропривід клапану подачі води.

Справжнє значення на об'єкті керування – вологість зерна на виході зволожувальної машини, вимірювалося за допомогою датчика, з діапазоном від 4 до 20 мА. Електрична величина перетворювалась аналого-цифровим перетворювачем системи віддаленого вводу-виводу в цифрове значення з діапазоном від 0 до 27648, яке передавалося по каналу зв'язку середовищу виконання, для перетворення його в фізичні одиниці, а також візуалізації за допомогою людино-машинного інтерфейсу.

Таким чином, після структурної ідентифікація, параметричної ідентифікація і оцінки адекватності моделі, яка виконувалась у середовищі Matlab, була отримана передаточна характеристика для додаткового зволоження зерна пшениці по каналу положення клапану подачі води – вологість зерна, яка представлена у вигляді аперіодичної ланки першого порядку з запізненням:

$$W(s) = \frac{0.019939e^{(-4.802s)}}{(173.27s + 1)}$$

Модель об'єкту керування у математичному пакеті MATLAB має вигляд (рисунок 2.2):

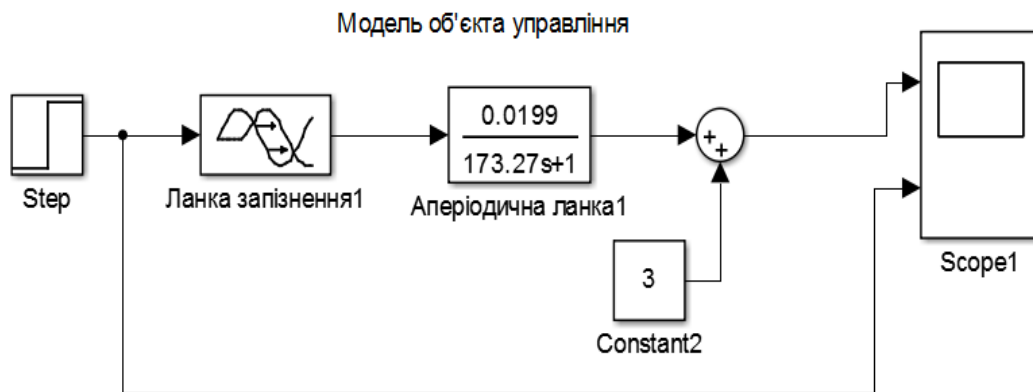


Рисунок 2.2 – Модель Simulink об'єкту керування

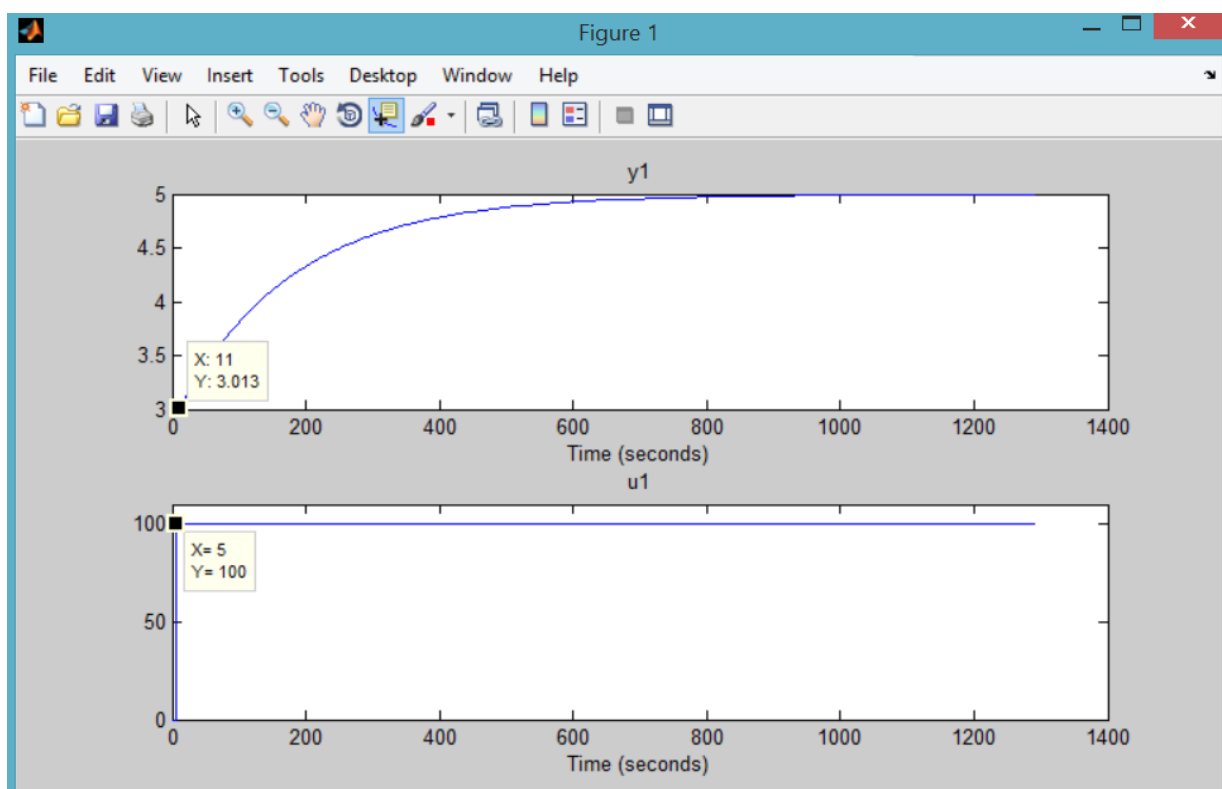


Рисунок 2.3 – Результат моделювання моделі об'єкта керування по каналу положення клапану подачі води (%) – вологість зерна (%)

Проведено дослідження за допомогою П-образного впливу, що показав симетричність моделі, та відсутність інтегруючої складової (рис. 2.4)

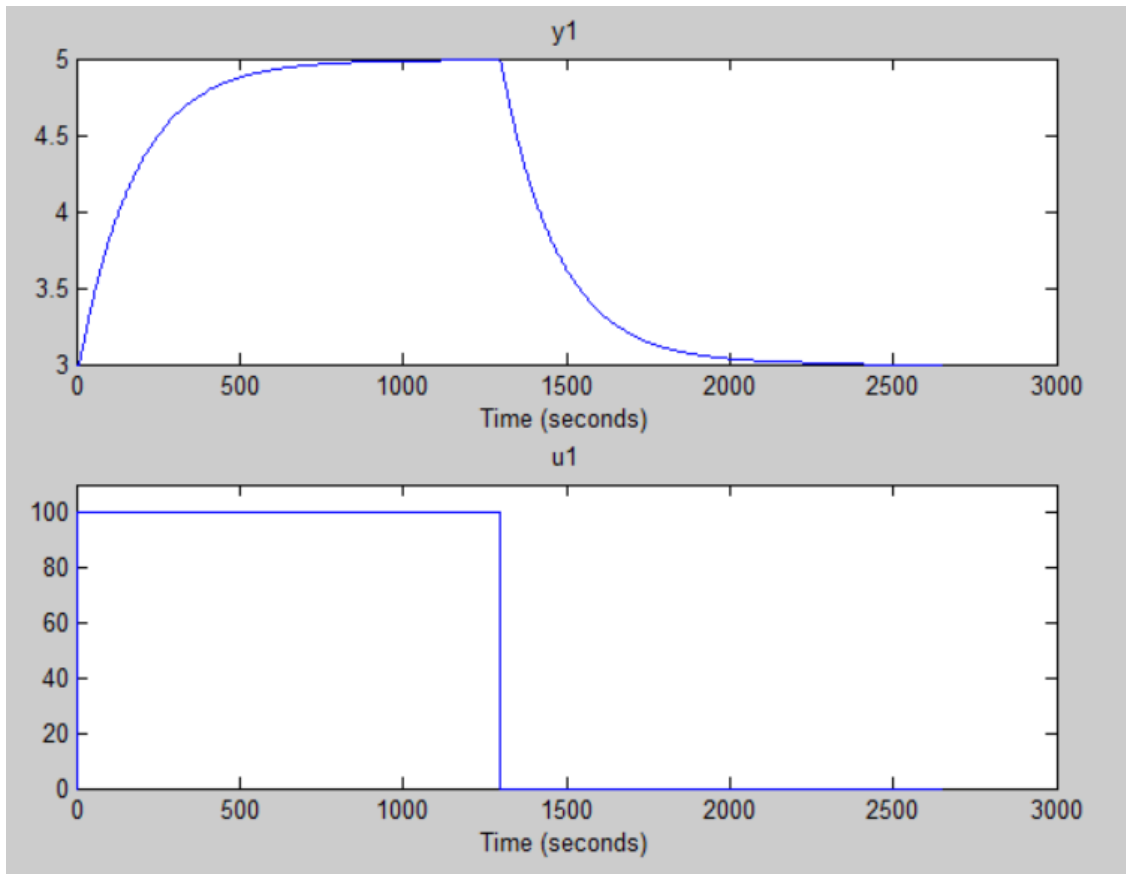


Рисунок 2.4 – Характеристика об’єкту керування під впливом П-образного впливу

Таким чином у результаті виконання експерименту проведено дослідження у результаті якого були отримані динамічна характеристика, а також отримані перевіірочні дані.

2.2 Критерії якості функціонування об’єкта керування

Критерієм вологості пшениці у машина для зволоження зерна марки А1-БШУ-1 є мінімальне відхилення від заданого значення.

$$\text{відхил} \varphi_{\delta} = |\varphi_{\delta} - \varphi_{\delta, \text{зад}}| \rightarrow \min, \quad (2.1)$$

де $\text{відхил} T_{\delta}$ – відхилення значення параметру вологість зерна;

φ_{δ} – значення параметру вологість зерна;

$\varphi_{\delta, \text{зад}}$ – задане значення параметру вологість зерна.

Графічним методом за допомогою схеми моделювання рисунок 2.5 та рисунок 2.6 встановлюється параметри об’єкту керування час наростання, та час встановлення, перерегулювання.

Об'єкт керування - машина для зволоження зерна марки А1-БШУ-1

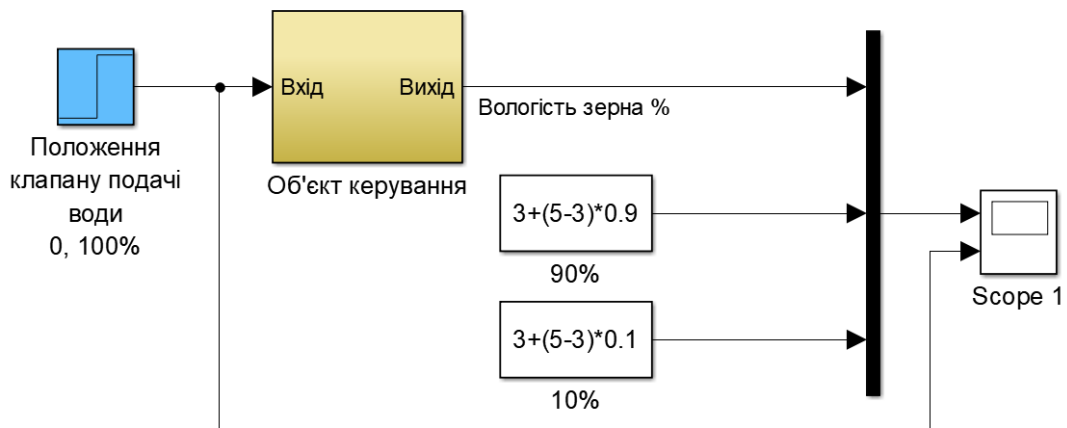
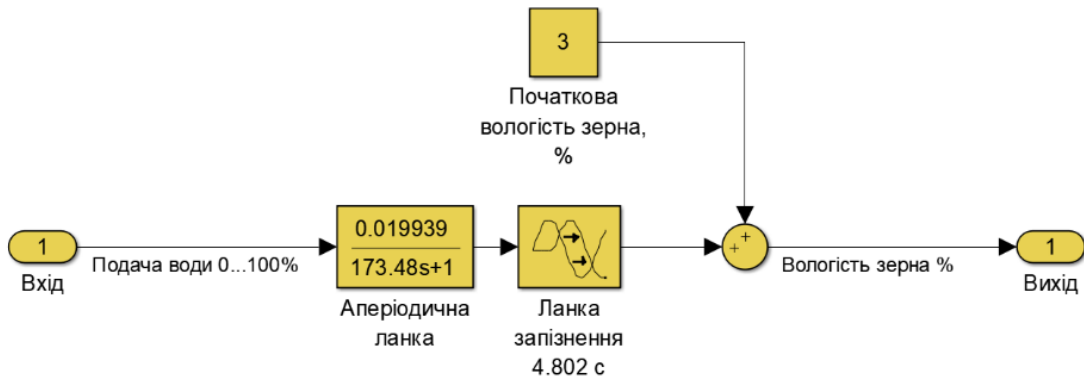


Рисунок 2.5 – Реалізація моделі об'єкту керування для визначення часу наростання та встановлення

Час наростання це інтервал часу на протязі якого вихідна змінна зростає від 10% до 90% від встановленого значення. Згідно рисунку 2.6 - час наростання дорівнює приблизно $410-20=390$ с.

Час встановлення с заданою похибкою – час по завершенню якого похибка регулювання не перевищує заданого значення. Для похибки (10%) згідно рисунка 2.5 час встановлення складає приблизно 410 с.

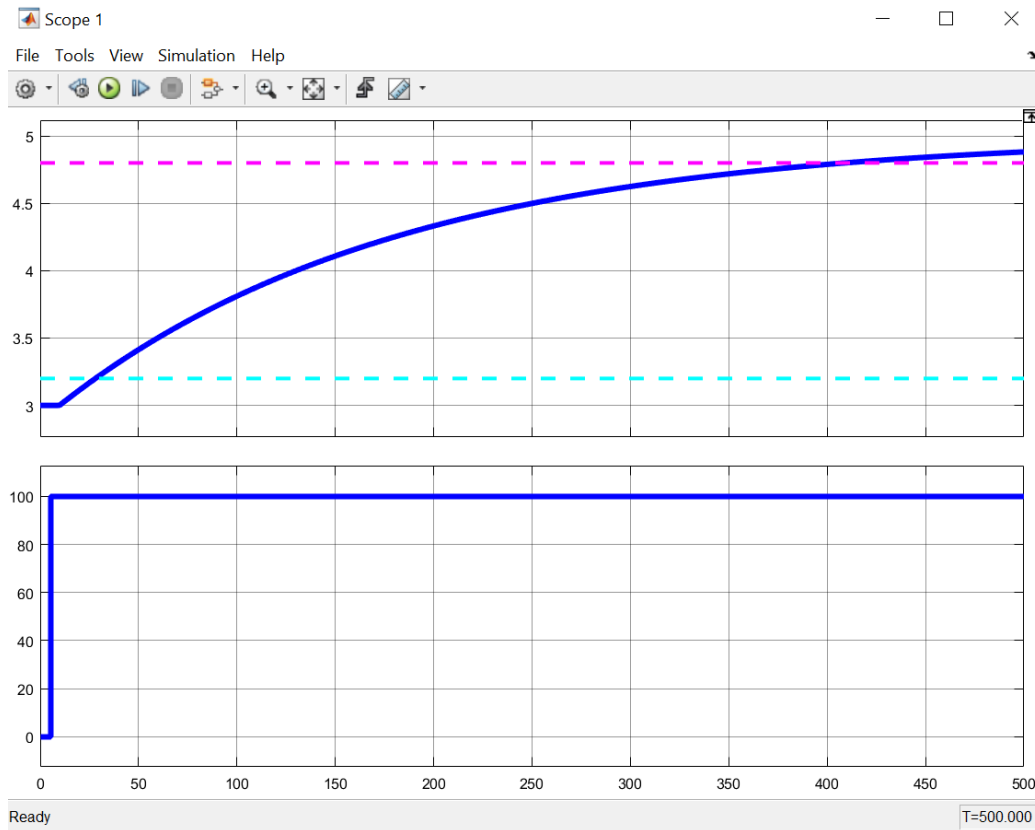


Рисунок 2.6 – Результат моделювання

Перерегулювання – перевищення першого викиду над сталим значенням змінної. Згідно рисунку 2.6. перерегулювання відсутнє.

Також необхідно дослідити поведінку системи, за умови застосування декількох типів регуляторів. Та вивести залежності якості роботи системи відповідно до зміни параметрів системи.

Для цього об'єкту, виходячи з його характеристик, буде проведено дослідження з використанням оптимального регулятора для визначення граничних показників для P, PI, PID регуляторів. PID регулятор є кращим рішенням для об'єктів 1-2го порядків з затримкою, а також має здатність компенсувати статичну помилку за її наявності.

Метод за допомогою яких, буде проведено дослідження, і одержання параметрів для кожного з регуляторів це метод Зиглера-Николса.

Алгоритми налаштування регулятора цими методами відповідає основним цілям регулятора. Під час налаштування, коефіцієнт K вибирається таким чином, щоб забезпечити найкраще співвідношення між продуктивністю і робастністю. За замовчуванням, алгоритм вибирає частоту зрізу (ширину смуги

пропускання) на підставі динаміки моделі і мінімального запасу по фазі в 60 градусів.

2.3 Висновки по розділу

Методом отримання математичної моделі об'єкту керування була обрана ідентифікація. Для процесу підготовки вологості зерна пшениці машина для зволоження зерна марки А1-БШУ-1 для каналу керування «Положення клапану подачі води – вологість зерна» передаточна характеристика являє собою аперіодичну ланку першого порядку з запізненням 4,802 секунд. Дослідження за допомогою П-образного впливу показало симетричність моделі, та відсутність інтегруючої складової. Дослідження об'єкту графічним методом по вихідній характеристиці після подачі вхідного сигналу визначило наступні характеристики: час наростання дорівнює приблизно 390 с., час встановлення складає приблизно 410 с., перерегулювання відсутнє.

Отриманих даних про функціонування об'єкту керування, та висунутих критеріїв достатньо для проведення синтезу системи та обрання конкретного типу регулятора.

3 СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

3.1 Модель системи керування

Імітаційна модель системи автоматичного керування процесом підготовки зерна к помолу основана на структурній схемі системи, коли складовими частинами імітаційної моделі системи є локальні імітаційні моделі окремих елементів системи. Такими локальними моделями є імітаційні моделі блоку керування або регулятора, датчика вологості, клапана подачі води у машину для зволоження зерна марки А1-БШУ-1.

Таким чином, структурна схема імітаційної моделі системи керування автоматичного керування процесом підготовки зерна к помолу представлено на рисунку 3.1.

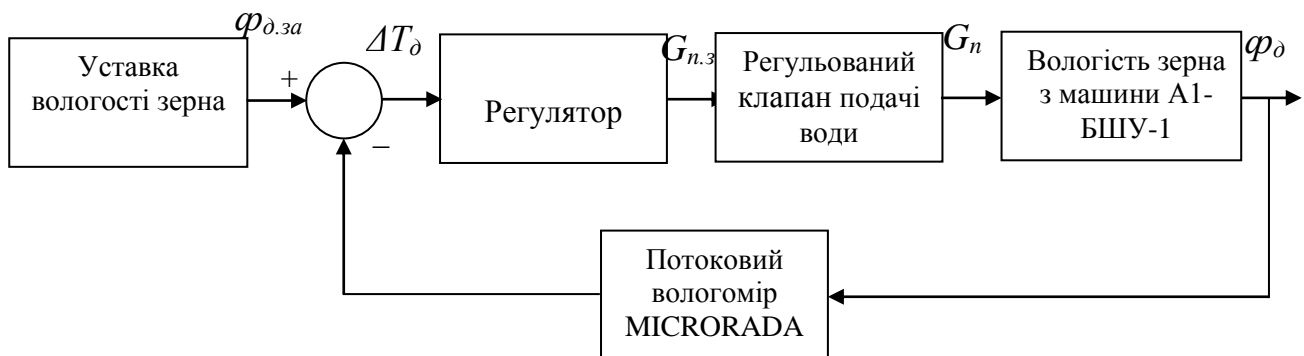


Рисунок 3.1 - Структурна схема імітаційної моделі системи керування процесом підготовки зерна к помолу

На рисунку 3.1 введені наступні позначення:

$\varphi_{д.зад}$ – задане значення (уставка) вологості зерна вологості зерна з машини А1-БШУ-1, °%;

$\varphi_{д}$ – фактичне значення (уставка) вологості зерна вологості зерна з машини А1-БШУ-1, °%;

$\Delta T_{д}$ – відхилення фактичного значення (уставка) вологості зерна вологості зерна з машини А1-БШУ-1, °%;

$G_{н.з}$ – задане значення положення клапану подачі води, %;

G_n – фактичне положення клапану подачі води, %.

Аналіз характеристик у розділах 1, 2 дозволяє зробити висновок щодо наявності інерційності змни вологості як об'єкта керування – перехід вологості на новий рівень займає до 900 с. Тим часом, зміна ступеня відкриття регульованого клапана подачі води із одного крайнього положення до іншого займає декілька секунд. Таким чином, маючи суттєву інерційність об'єкта керування у порівнянні з клапаном подачі води, як виконавчим елементом системи (об'єкт повільніше за виконавчий елемент у 100-1000 разів), справедливим буде припущення про відсутність інерційності виконавчого елемента системи. Також приймаємо, що потоковий датчик вологості зерна, встановлений на виході машину для зволоження зерна марки А1-БШУ-1, також є елементом без інерції, оскільки перетворення зміни вологості зерна вимірювального елемента датчика на зміну електричного сигналу відбувається за декілька мс.

На основі результатів структурної та параметричної ідентифікації об'єкта керування передаточна функція об'єкта керування має наступний вигляд:

$$W(s) = \frac{0.019939e^{(-4.802s)}}{(173.27s + 1)}$$

де s – неперервний оператор Лапласа.

Для обчислення коефіцієнтів підсилення локальних моделей елементів системи зробимо аналіз діапазонів зміни сигналів на входах та виходах елементів системи.

За умови повністю відкритого клапана подачі води виході машину для зволоження зерна марки А1-БШУ-1 спостерігається встановлення вологості зерна з початкового значення 3 % до 5 %. Відкритому клапану відповідає сигнал положення електроприводу 10 В. За умови повністю закритого клапана спостерігається вологість зерна 3 %. Закритому клапану відповідає керуючий сигнал положення електроприводу 0 В.

Потоковий вологомір зерна MICRORADAR 125 вимірює вологість у діапазоні від 0,15% (при цьому на виході датчика спостерігається 4 мА) до 15 %. (при цьому на виході датчика маємо 20 мА).

3.2 Структура регулятора

Регулятор системи автоматичного керування являє собою програмно-апаратний пристрій, який стежить за дійсним значенням параметра об'єкта керування й розраховує значення керуючого впливу, яке виконується за допомогою виконавчого пристрою. Розрахунки значення керуючого впливу здійснюється відповідно до алгоритму керування реалізованим регулятором. Вибір регулятора здійснюється відповідно до вимог, висунутих до системи автоматичного керування і якості її роботи.

На підставі вимог до систем керування вологістю на виході машини для марки А1-БШУ-1 система повинна підтримувати значення вологості на рівні 4 %. Статична помилка системи автоматичного керування повинна дорівнювати не більше 0,01%. Зміна вологості на виході машини для зволоження зерна марки А1-БШУ-1 повинна бути монотонною. Перерегулювання повинне бути меншим за 10 %, що становить для вологості зерна значення 0,4 %.

У процесі ідентифікації було встановлено, що шар вологості у виході машини для зволоження зерна марки А1-БШУ-1 є лінійним об'єктом керування, структурно стійким, і з самовирівнюванням. У промисловості для керування такими об'єктами широке застосування одержали пропорційно-інтегрально-диференційні регулятори.

Виходячи з отриманих результатів ідентифікації, визначені постійна часу (173,48 с) та час запізнення (4,802 с) об'єкта керування.

Виходячи з цього, у системі автоматичного керування вологістю зерна на виході машини для зволоження зерна марки А1-БШУ-1, в якості регулятора міг бути використаний пропорційно-інтегрально-диференційний (PID) регулятор, або один з його підвидів: пропорційний (P), пропорційно-інтегруючий (PI), пропорційно-диференційний (PD).

Розрахунок параметрів для P, PI, PID регуляторів проведемо методом Зиглера-Николса. Для визначення параметрів регуляторів за методами Зиглера-Николса необхідно розрахувати параметри. Використовуються параметри що характеризують реакцію об'єкту керування на ступінчасту зміну керуючого впливу, а саме:

- K – коефіцієнт підсилення інтегруючої ланки;

- T – постійна часу об'єкту;
- τ – час затримки.

Визначення характеристики постійна часу об'єкту виконується згідно кривої розгону методом дотичної у точці перегину передавальної характеристики (крива розгону). У даному випадку точка перегину відповідає режиму переходу від прискорення до режиму уповільнення темпу наростання вихідного сигналу.

Модель відповідає аперіодичній ланціпершого порядку з запізненням:

- $K = 0,019939$;
- $T = 173,48$ с;
- $\tau = 4,802$ с.

Пропорційний регулятор по методу Зиглера-Николса:

$$K_p = 1037.28;$$

Пропорційно-інтегруючий регулятор по методу Зиглера-Николса

$$K_p = 56.56, \quad T_i = 0.88;$$

Пропорційно-інтегруюча-диференціюючий регулятор

$$K_p = 69.64, \quad T_i = 0.77, \quad T_d = -83.42, \quad N = 0.0122$$

Таблиця 3.1 Параметри регуляторів розраховані методом Зиглера-Николса

	K_p	T_i	$T_d=K_d$	$T_f=T_d/N$	N
P	1037.28				
PI	56.56	0.88			
PID	69.64	0.77	-83.42	-83.42/0.0122	0.0122

Побудуємо модель системи у пакеті MATLAB та реалізуємо усі типи регуляторів, перевіривши їх роботу з параметрами, що розраховані методом Зиглера-Николса.

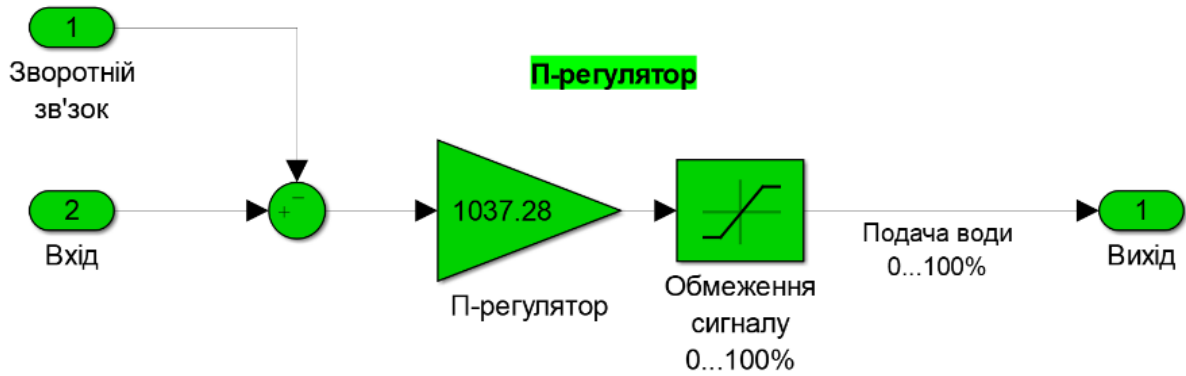


Рисунок 3.2– Модель Р-регулятор за методом Зиглера-Николса

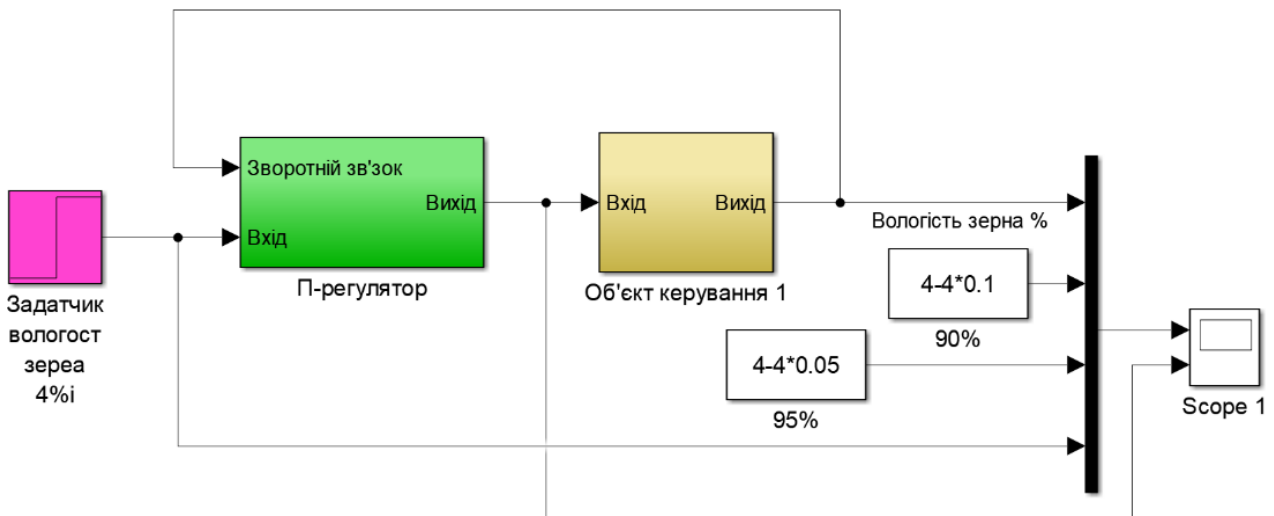


Рисунок 3.3– Модель системи керування з Р-регулятором за методом Зиглера-Николса

Графік моделювання системи керування з Р-регулятором показано на рис. 3.4., а данні у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Оцінка Р-регулятора відповідно до критеріїв

№	Метод	Час наростання		Час встановлення		Перерегулювання		Інтегральна оцінка
		с	%	с	%	ф,	%	
1	Зиглера-Николса	67	90	95	95	-	-	відмінно

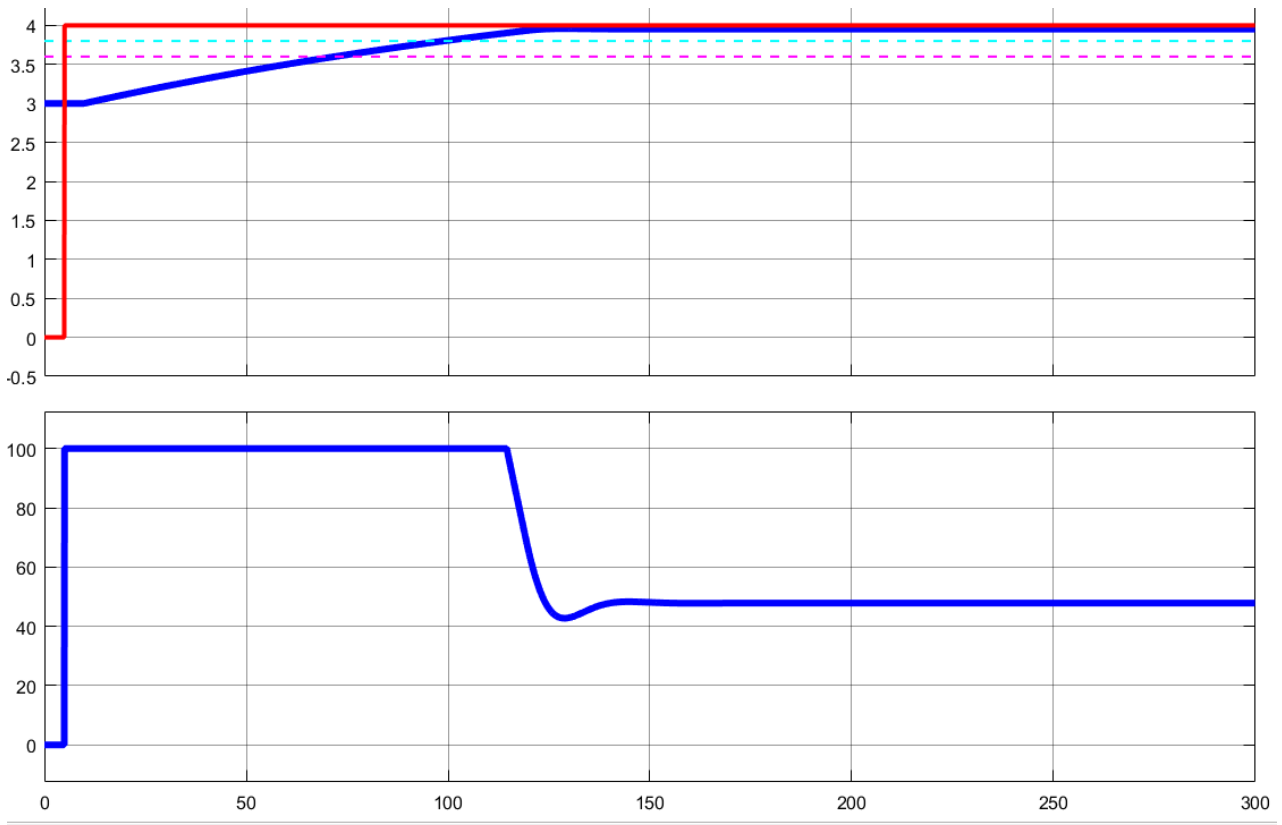


Рисунок 3.4– Результат моделювання системи керування з Р-регулятором з параметрами, що розраховані за методом Зиглера-Николса

Проаналізувавши результати моделювання системи з використанням Р-регулятора, з параметрами, що розраховані методом Зиглера-Николса можна зробити висновок, що при використанні Р-регулятора незначної статичної помилкипо відхиленню значення вихідної величини від завдання. Для подальшого дослідження, проаналізуємо роботу ПІ-регулятора.

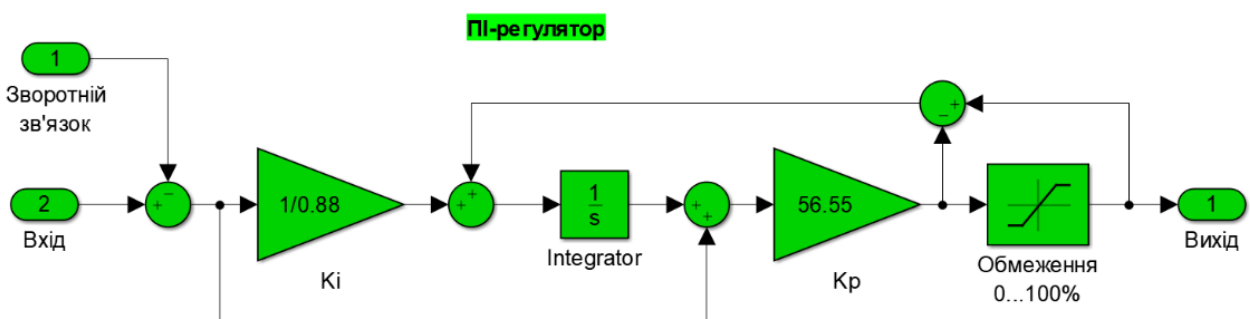


Рисунок 3.5– Модель ПІ-регулятор за методом Зиглера-Николса

Таблиця 3.3 – Оцінка PI-регулятора відповідно до критеріїв

№	Метод	Час наростання		Час встановлення		Перерегулювання		Інтегральна оцінка
		с	%	с	%	φ	%	
1	Зиглера-Николса	72	90	90	97	-	-	не задовільно

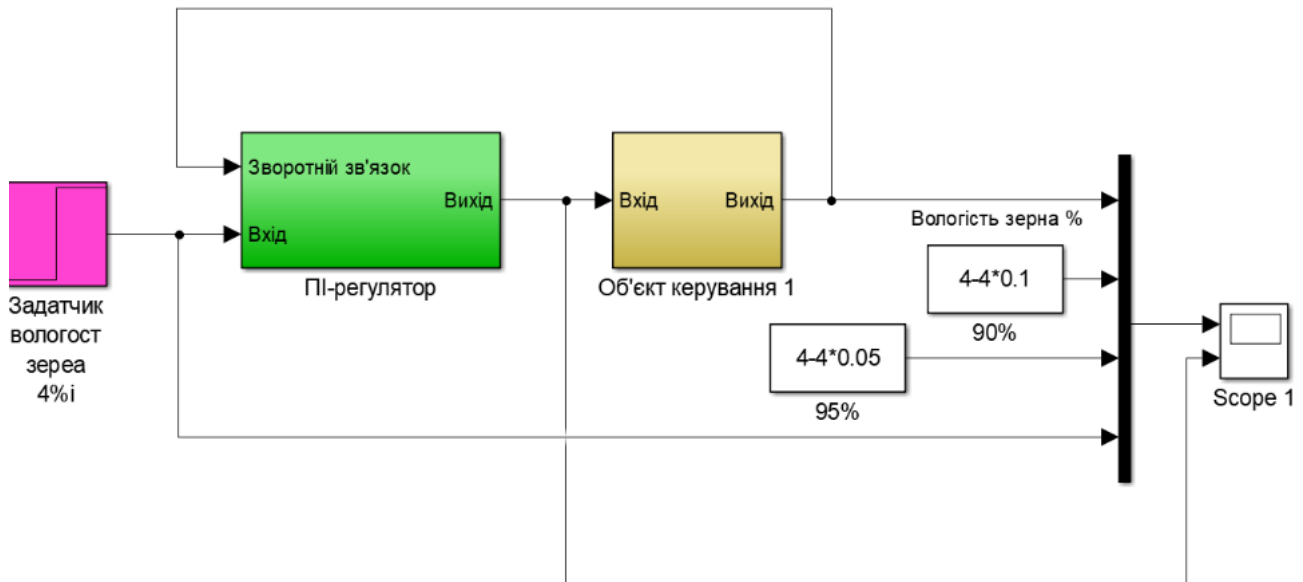


Рисунок 3.6 – Модель системи керування з PI-регулятором за методом Зиглера-Николса

Графік моделювання системи керування з PI-регулятором показано на рисунку 3.7., данні у таблиці 3.3.

Проаналізувавши результати моделювання системи з використанням PI-регулятора, з параметрами, що розраховані методом Зиглера-Николса, можна зробити висновок, що використання PI-регулятора, в цілому по вихідному параметру задовольняє вимогам - присутні незначні відхилення вихідної величини. Також присутні періодичні, з інтервалом 100 с, переключення керованої величини від 0% до 100% - що є не припустимим з точки зору надійності апаратної частини системи керування.

Для подальшого дослідження, проаналізуємо PID-регулятор, який за допомогою диференційної складової може компенсувати неузгодженості на виході об'єкту керування.

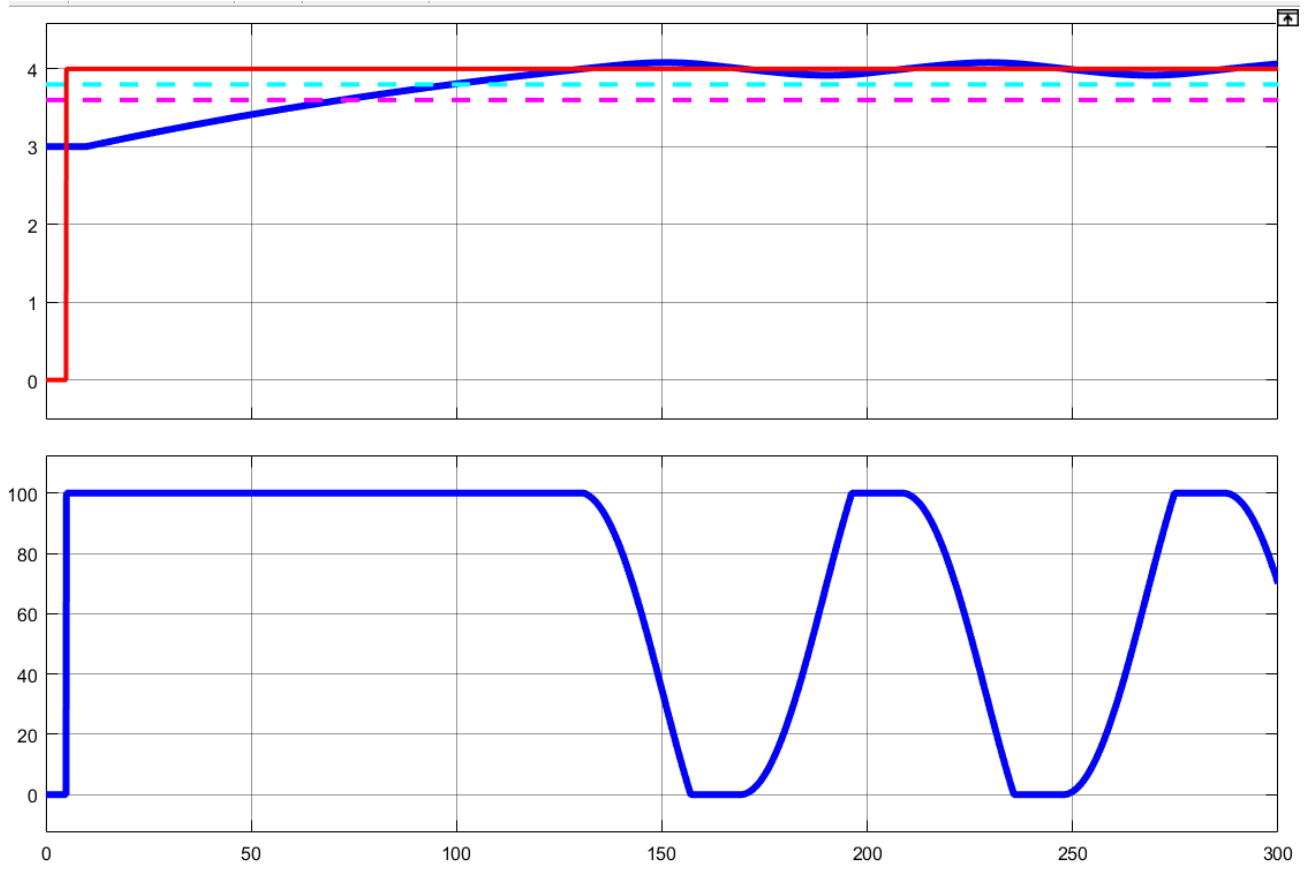


Рисунок 3.7 – Результат моделювання системи керування з ПІ-регулятором з параметрами, що розраховані за методом Зиглера-Николса.

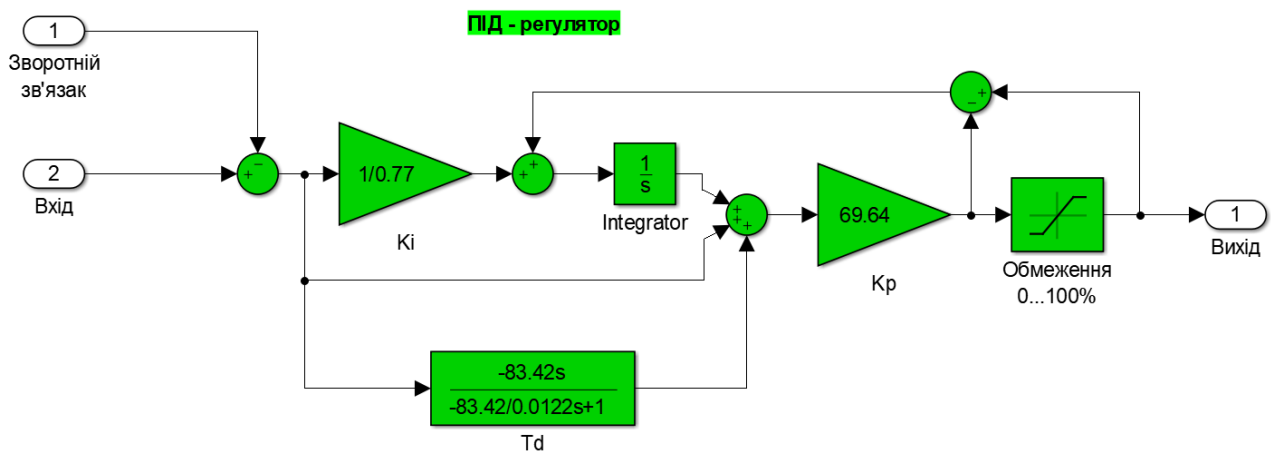


Рисунок 3.8– Модель ПІ-регулятор за методом Зиглера-Николса

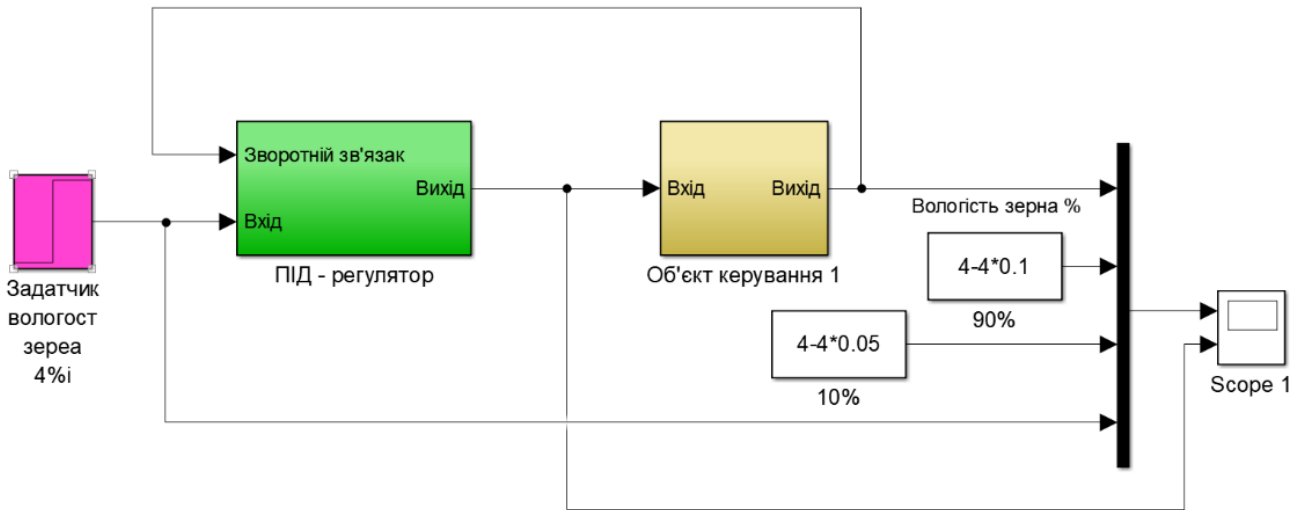
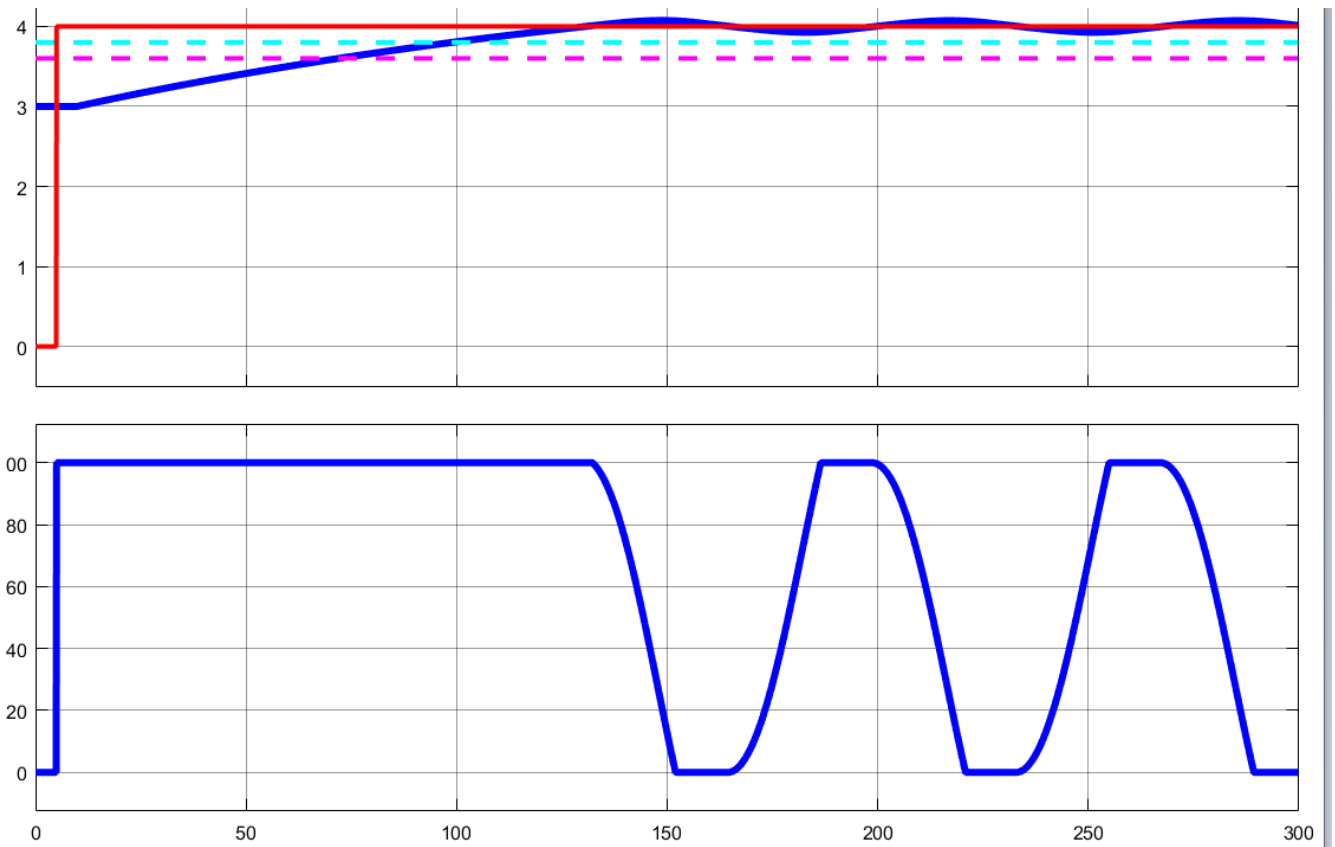


Рисунок 3.9 – Модель системи керування з PID-регулятором за методом Зиглера-Николса

Таблиця 3.4 – Оцінка PID-регулятора відповідно до критеріїв

№	Метод	Час наростання		Час встановлення		Перерегулювання		Інтегральна оцінка
		с	%	с	%	φ	%	
1	Зиглера-Николса	72		100		-	-	не задовільно



Графік моделювання системи керування з PID -регулятором показано на рисунку 3.10., дані у таблиці 3.4

Проаналізувавши результати моделювання системи з використанням PID-регулятора, з параметрами, що розраховані методом Зиглера - Николса, можна зробити висновок, що використання PID-регулятора також не підходить по тим же самим причинам, що і PI-регулятор.

Таким чином зупиняємося на використанні P-регулятора.

3.3 Оцінка якості функціонування системи керування

Дослідимо роботу системи керування в умовах технологічного процесу, а саме, перевіримо систему на робастність та реакцію на вплив збурення (рисунок 3.11). При моделюванні до моделі системи керування додаємо джерело сигналу ступінчатого типу значення якого буде змінюватися та із позитивним або негативним знаком буде додаватися до вихідного сигналу. Сигнал збурення буде додаватися через інтервал більше ніж $2 \cdot T_{вст}$ після початку роботи системи керування, де $T_{вст}$ – постійна часу P-регулятора (таблиця 2.2), тобто через $2 \cdot 95 \text{ с} < 200 \text{ с}$. При цьому ми будемо стежити за значенням вихідної величини, а точніше за її відхиленням від заданого значення. Критичним буде значення відхилення, що перевищує $\pm 10\%$, це значення – поріг перевищення якого псує якість процесу зволоження зерна (таблиця 3.6).

Таблиця 3.6 – Оцінка впливу збурення на систему керування

Значення вологості, як вплив збурення $\varphi_{зб}$, %	Значення вологості зерна на виході системи керування, φ , %	Значення вологості, як вплив збурення $\varphi_{зб}$, %	Значення вологості зерна на виході системи керування, φ , %
0,1	3,958	-0,1	3,949
0,2	3,963	-0,2	3,945
0,3	3,968	-0,3	3,940
0,4	3,972	-0,4	3,935
0,5	3,977	-0,5	3,931
0,6	3,982	-0,6	3,926
0,7	3,986	-0,7	3,922
0,8	3,991	-0,8	3,917
0,9	3,998	-0,9	3,912
1,0	4,098	-1,0	3,887
1,1	4,198	-1,1	3,787
1,2	4,298	-1,2	3,687
1,3	4,398	-1,3	3,587
1,4	4,498	-1,4	3,487
1,5	4,598	-1,5	3,387

Данні таблиці 3.6 у графічному вигляді представлено на рисунку 3.11.

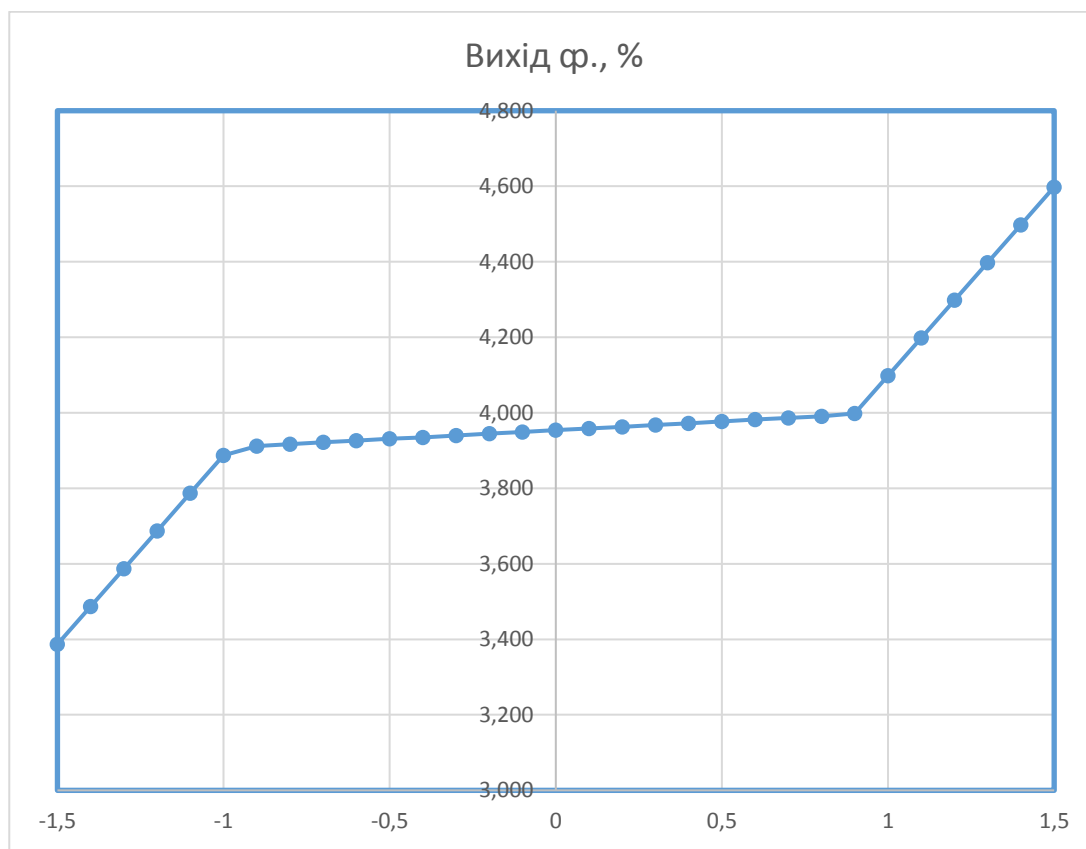


Рисунок 3.11– Графік перевірки системи керування на збурення

Діаграми впливу збурення на роботу автоматичної системи керування з негативним та позитивним значенням збурення представлено на рисунку 3.12 ... 3.15.

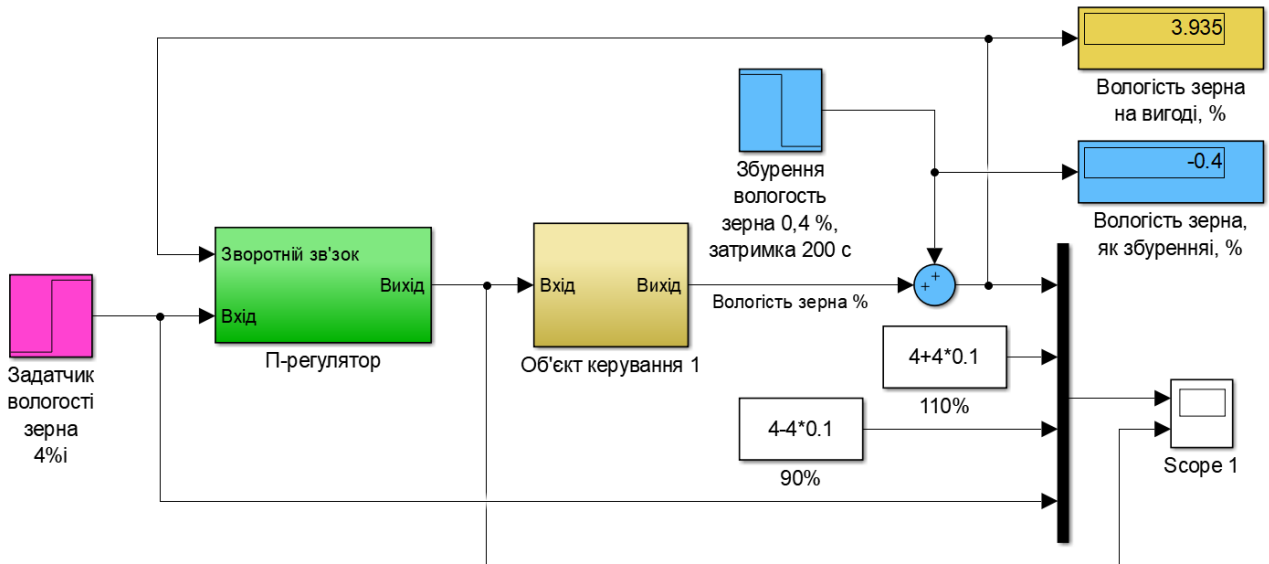


Рисунок 3.12– Модель перевірки системи керування на збурення -0,6%

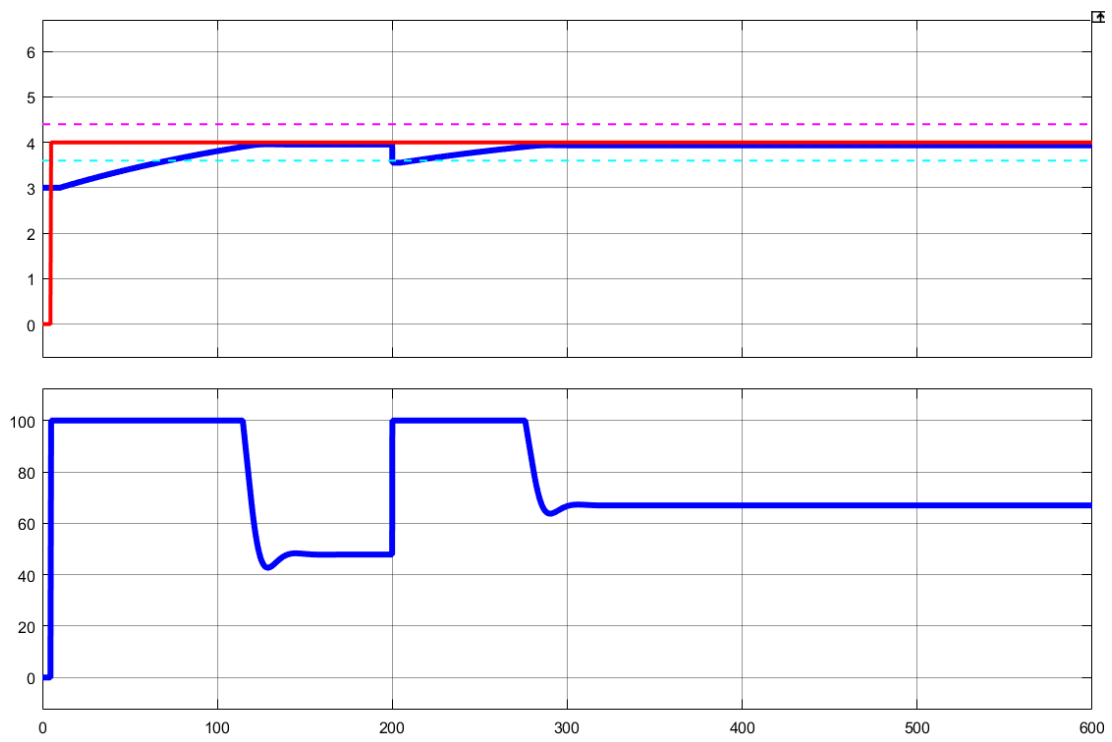


Рисунок 3.13– Графік моделювання системи керування на збурення -0,6%

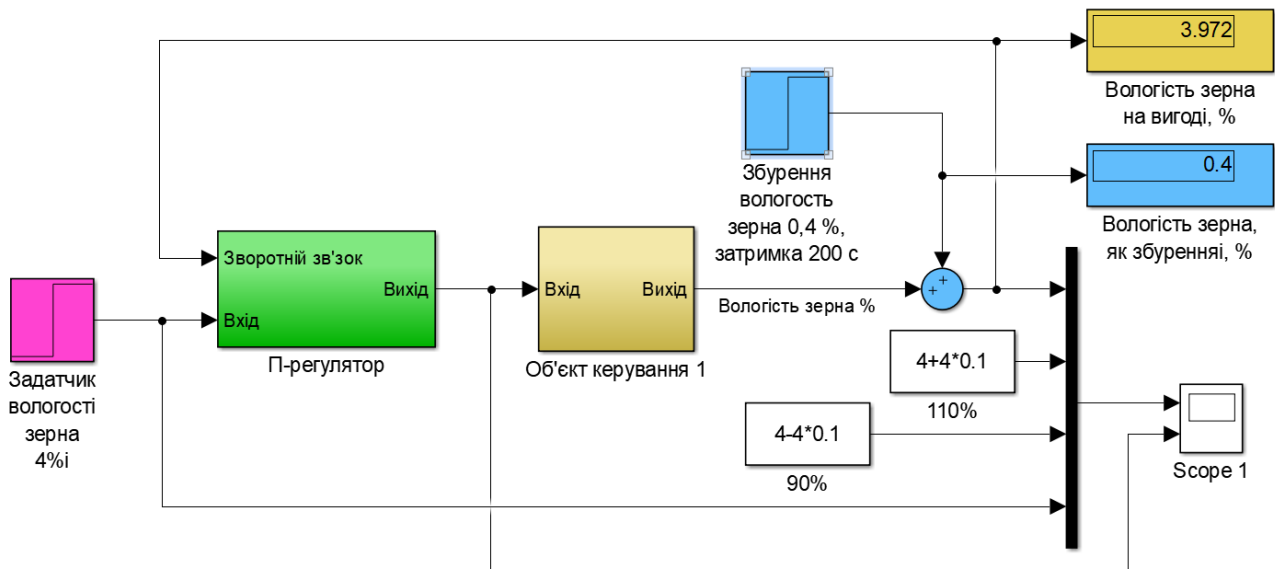


Рисунок 3.14– Модель перевірки системи керування на збурення +0,6%

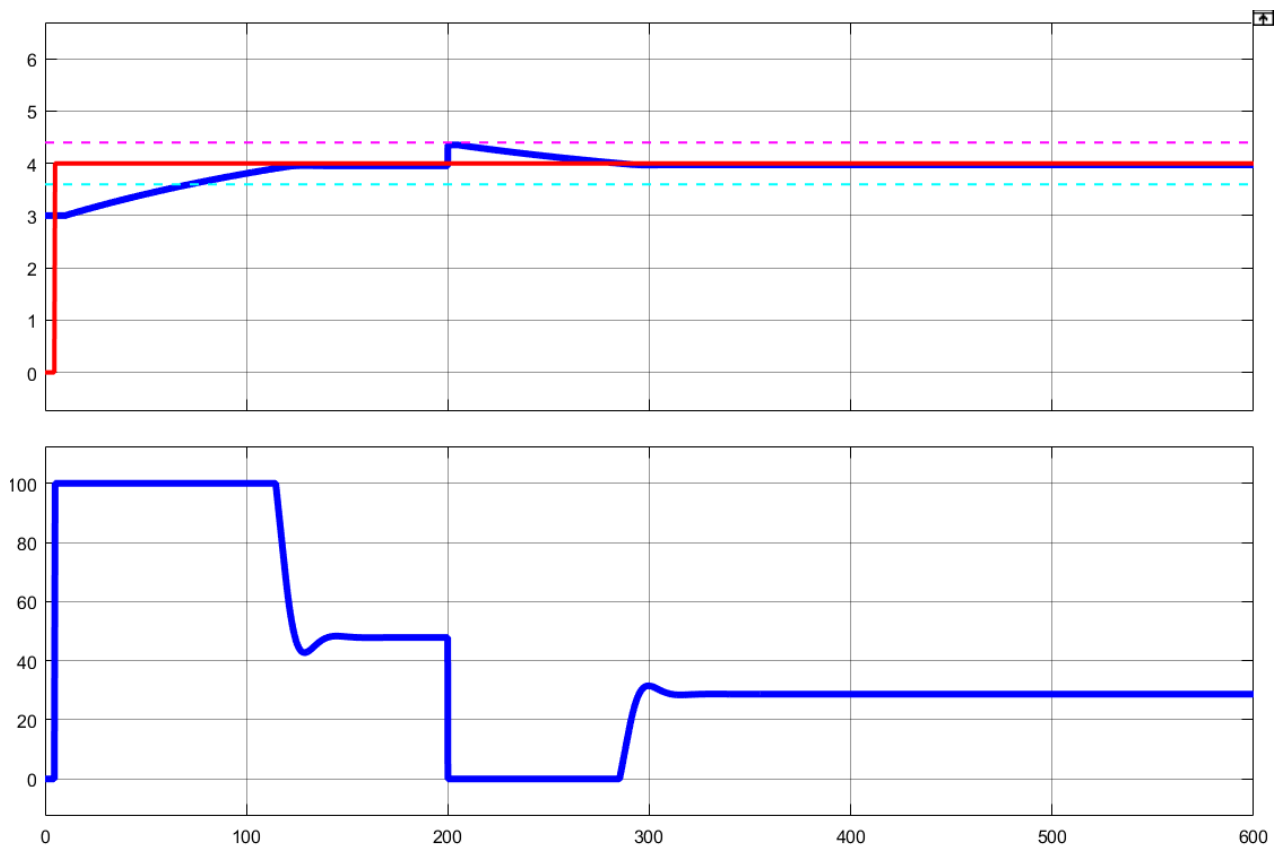


Рисунок 3.15– Графік моделювання системи керування на збурення +0,6%

Аналіз результатів моделювання показує що при збуренні $\pm 0,5\%$ вологість зерна на виході системи не перевищує критичного значення відхилення вологості $\pm 0,4\%$.

За рахунок властивостей об'єкта керування система може компенсувати збурення до величину у $\pm 0,9\%$, але вже з перевищенням критичного значення відхилення вологості $\pm 0,4\%$.

Система перестає компенсувати вплив збурення при значенні величини збурення більше $\pm 0,9\%$. Але неможна вважати, що ми отримали гідну систему керування.

Машина для зволоження зерна А1-БШУ-1 відносно складний об'єкт, а ми враховуємо тільки зміну вологості зерна, яке подається, та не приймаємо до уваги інші показники якості процесу. Можна вважати що ми досліджуємо складний процес зволоження зернатільки по одному з багатьох параметрів.

Очевидно, що тиск води якаподається до машини для зволоження зерна А1-БШУ-1, має властивості до зміни, а це значить, що змінюється коефіцієнт об'єкту керування. При такій думці виглядає доцільним провести дослідження відхилення вихідної величини від заданого значення при зміні коефіцієнту об'єкту керування.

Номінальне значення коефіцієнту підсилення об'єкту керування $K=0.019939$, то будемо тільки зменшуватийого значення з шагом у -10% звертаючи увагу на значення вихідної величини системи керування (рисунок 3.15).

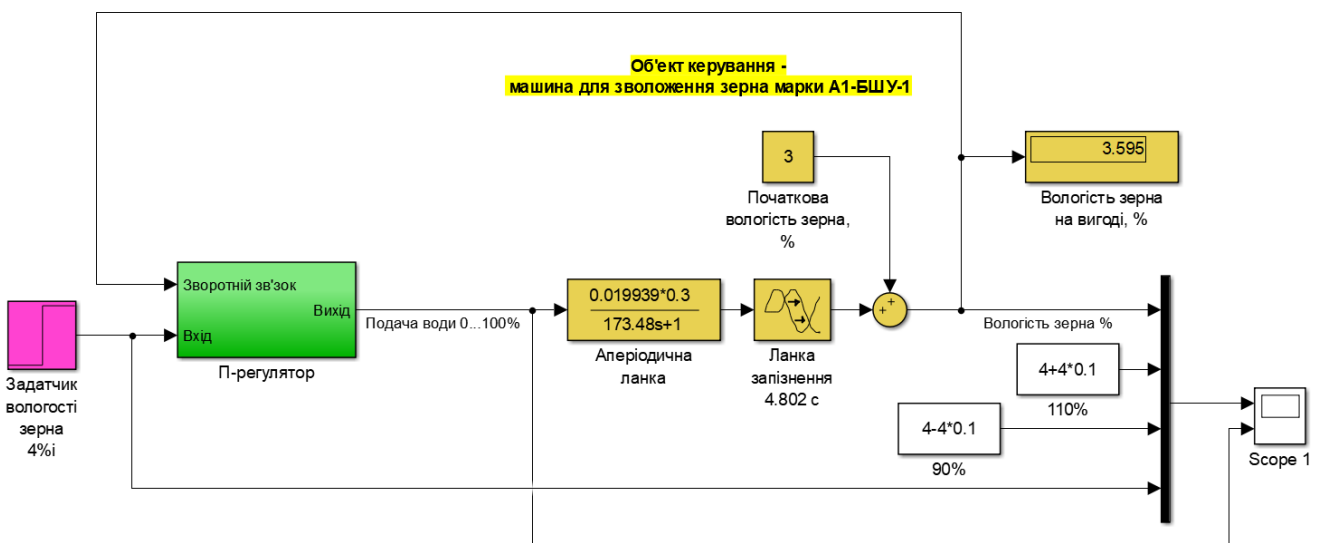


Рисунок 3.15– Модель перевірки системи керування при зміні коефіцієнту підсилення об'єкту керування

Збільшення коефіцієнту підсилення об'єкту керування не має сенсу, оскільки на вході подачі води до машини для зволоження зерна А1-БШУ-1 стоїть редуктор обмеження тиску води на номінальне значення.

Призначенням цього експерименту буде знайти межове значення коефіцієнта при якому вихідний параметр відхилиться більше критичного значення відхилення вологості на виході $4 \pm 0,4$ %.

Таблиця 3.7 – Оцінка впливу зміни коефіцієнту на систему керування

Значення відхилення коефіцієнту об'єкту керування	Значення вологості зерна на виході системи керування
%	φ
-80	3,396
-70	3,595
-60	3,793
-50	3,912
-40	3,925
-30	3,935
-20	3,943
-10	3,949
0	3,954

Згідно таблиці побудовано графік зміни параметрів (рисунок 3.16).

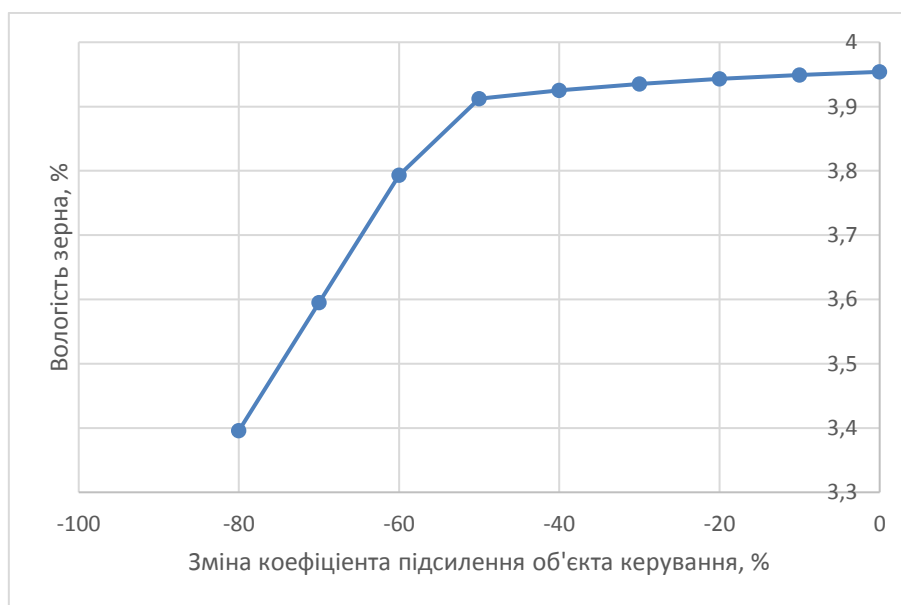


Рисунок 3.15– Графік впливу зміни коефіцієнту на систему керування

Експеримент по дослідженню впливу збурення на вихідний параметр системи зі зниженням коефіцієнту «К» об'єкту керування виконано на моделі системи керування у середовищі MatlabR2015b. Результати представлено у таблицях

Таблиця 3.8 – Оцінка впливу збурення на систему керування для різних коефіцієнтів підсилення об'єкту управління

	Вихід ф., %				
	Відхилення Коб, %				
Збурення., %	0	-20	-40	-60	-80
-0,90	3,912	3,683	3,289	2,893	2,496
-0,80	3,917	3,783	3,389	2,993	2,596
-0,60	3,926	3,909	3,589	3,193	2,796
-0,40	3,935	3,920	3,789	3,393	2,996
-0,20	3,945	3,932	3,911	3,593	3,196
0,00	3,954	3,942	3,925	3,793	3,396
0,20	3,963	3,954	3,940	3,914	3,596
0,40	3,972	3,966	3,955	3,935	3,796
0,60	3,982	3,977	3,970	3,957	3,922
0,80	3,991	3,989	3,985	3,978	3,961
0,90	3,995	3,994	3,993	3,989	4,005

Згідно таблиць побудовано графік зміни параметрів.

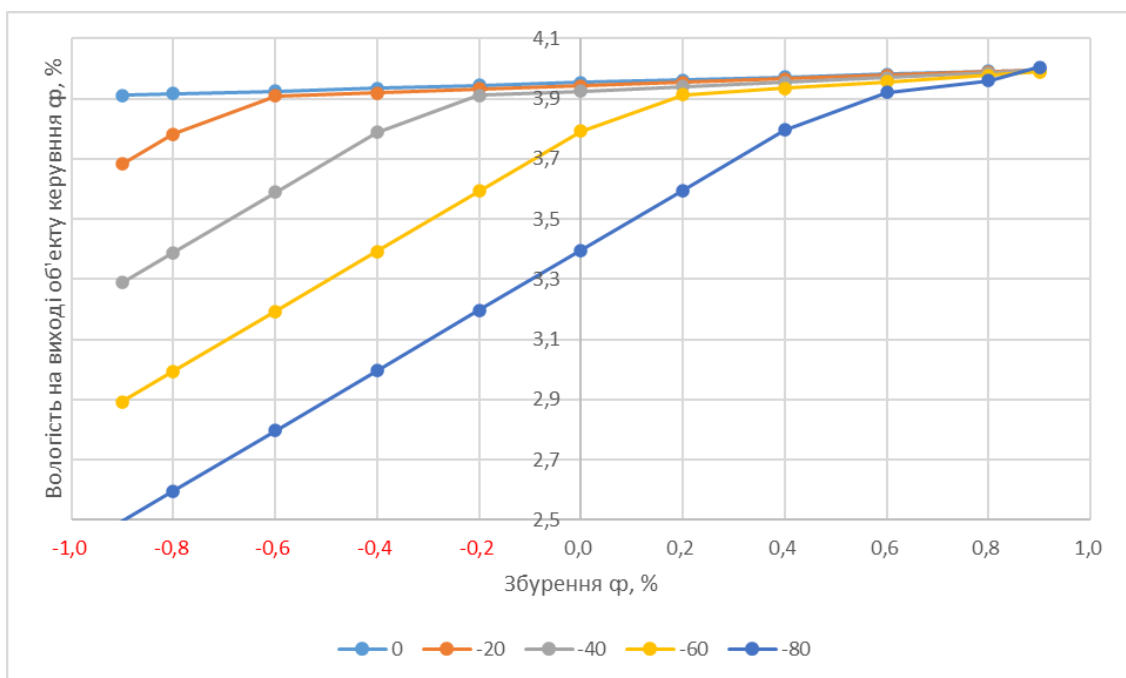


Рисунок 3.16– Графік перевірки системи керування на збурення при різних коефіцієнтах «к» об'єкту керування

Із графіка видно, що зниження коефіцієнту «К» знижує запас надійності об'єкту керування при впливі збурення негативного значення.

Що дозволило сформулювати наукове положення: дія збурення на вихідний параметр системи керування має вплив, та залежить від знаку та значення збурення, а стійкість системи керування для протидії збуренню пропорційна коефіцієнту «к» об'єкту керування, та має нижнє межове значення «-40 %».

Перевірка моделі на робастність була проведена шляхом зміни параметрів об'єкта керування: К -20%, Т+10% (червоний графік вихідного сигналу об'єкту керування (рисунок 3.16)).

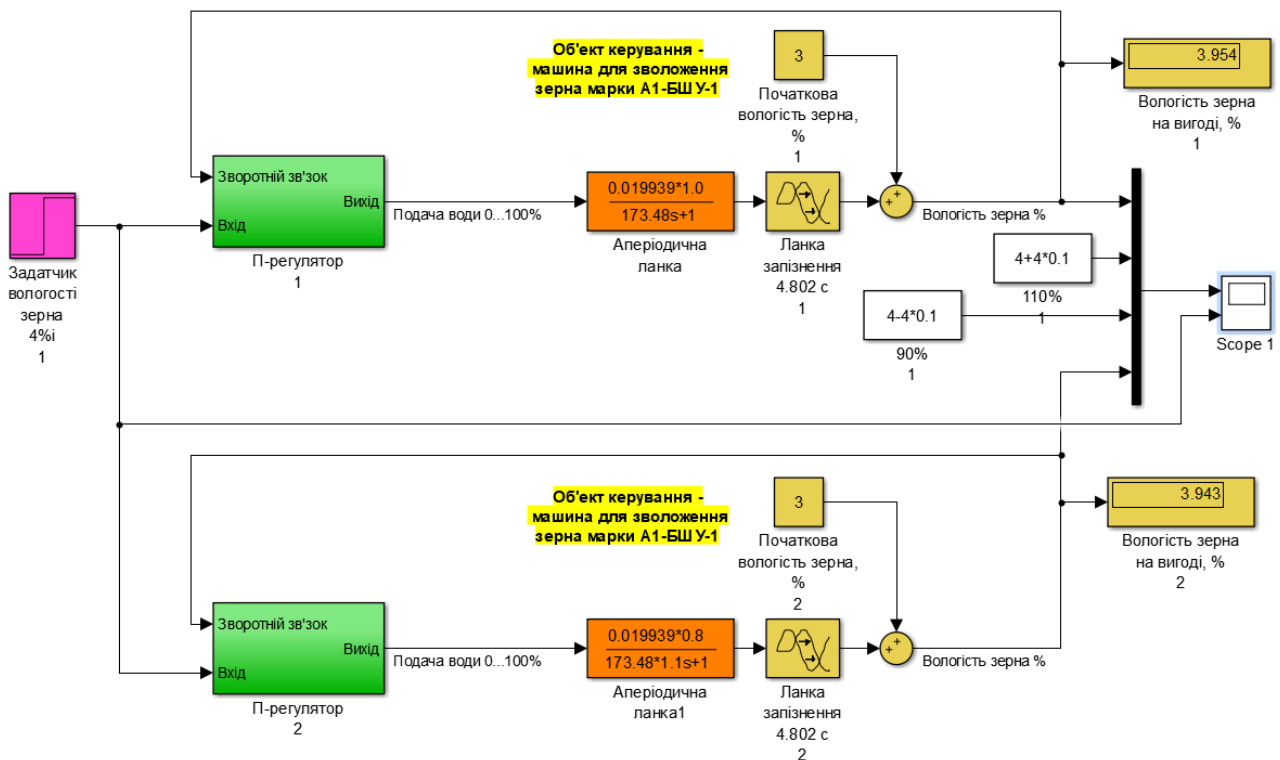


Рисунок 3.16– Модель перевірки системи керування на робастність

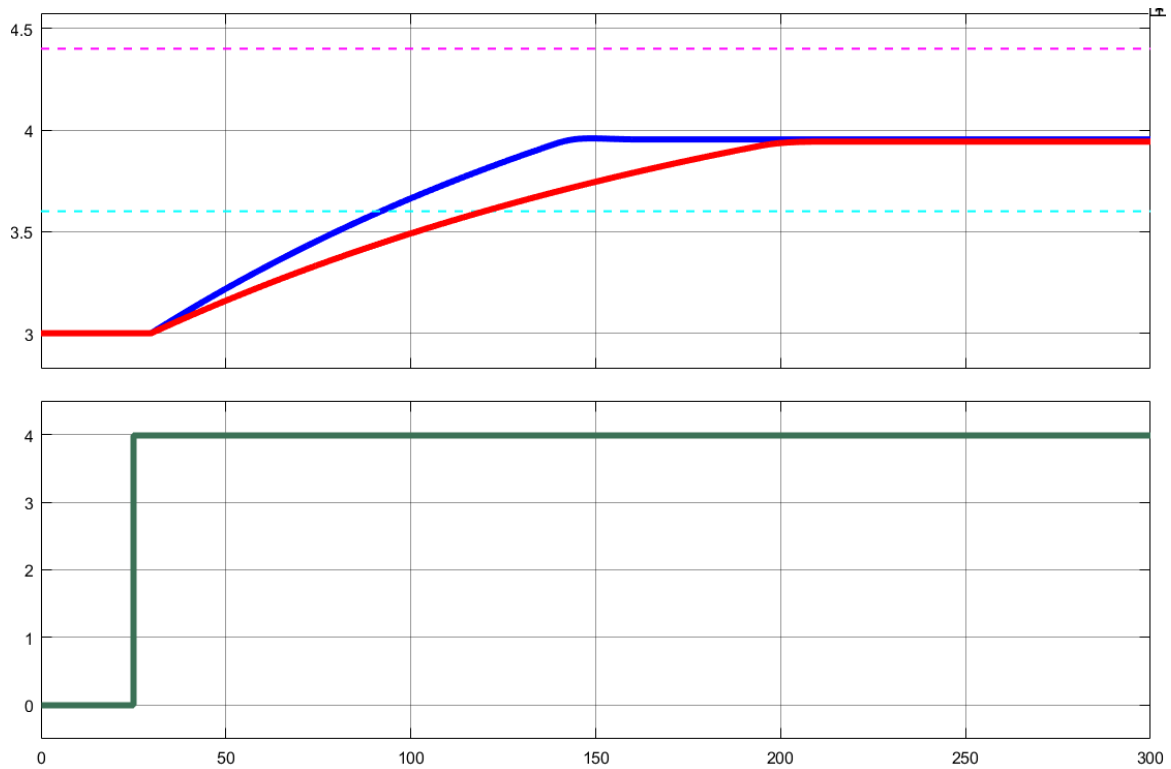


Рисунок 3.17– Результати моделювання системи керування при перевірці на робастність

Результати показали, що навіть при такій зміні параметрів об'єкта регулятор виконує свої функції відповідно до вимог.

3.4 Висновки до розділу

Для процесу підготовки вологості зерна для помелу по каналу положення клапану подачі води – вологість зерна після проведеного дослідження передавальної характеристики, було отримано модель системи керування, визначено структуру та параметри регулятора, оцінено роботу системи згідно з висунутими критеріями, визначено допустиму межу зміни коефіцієнту «К» об'єкту курування при впливі збурення на вихідний параметр системи керування.

Дія збурення на вихідний параметр системи керування має вплив, та залежить від знаку та значення збурення. Для об'єкту керування з коефіцієнтом «К» -40 % збурення критично впливає на вихідний параметр при негативному знаку зі значенням 0,4 % та більше. Позитивне значення збурення не впливає на вихідний параметр, завдяки властивостям об'єкту керування (присутність редуктора, обмежуючого тиск в каналі подачі води).

Дія збурення на вихідний параметр системи керування має вплив, ще більше при зниженні коефіцієнту «К» об'єкту керування. Критичне значення коефіцієнту «К» сягає -40 %. Вже при цьому значенні коефіцієнту «К» система керування не має запасу стійкості при впливі негативного збурення на вихідний параметр, що зобов'язує виконати заново розрахунок параметрів регулятора.

Отримані результати дозволяють перейти до експериментального розділу, та розробки людино-машинного інтерфейсу.

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Цифрова модель об'єкта керування

Згідно з завданням необхідно розробити програмне забезпечення системи керування та людино-машинний інтерфейс для SCADA системи zenon Supervisor 7.10. Програмне забезпечення розроблено таким чином, щоб якості об'єкта керування використовується програмна модель. Модель системи керування представлена у вигляді двох програмних модулів: модуля регулятора та модуля об'єкта керування.

Для перетворення моделі математичного пакету MATLAB до тексту програми необхідно, щоб усі елементи моделі були цифрові. Таким чином, спочатку виконаємо заміну усіх неперервних елементів моделі системи керування на цифрові. Далі виконаємо поділ моделі на модель регулятора та модель об'єкта керування. Після чого перетворимо цифрові моделі на програмний код для програмних модулів.

Результатом виконання розділу синтезу системи керування є неперервна модель системи керування, яка задовольняє сформульованим критеріям якості. Ця модель представлена на рисунку 4.1.

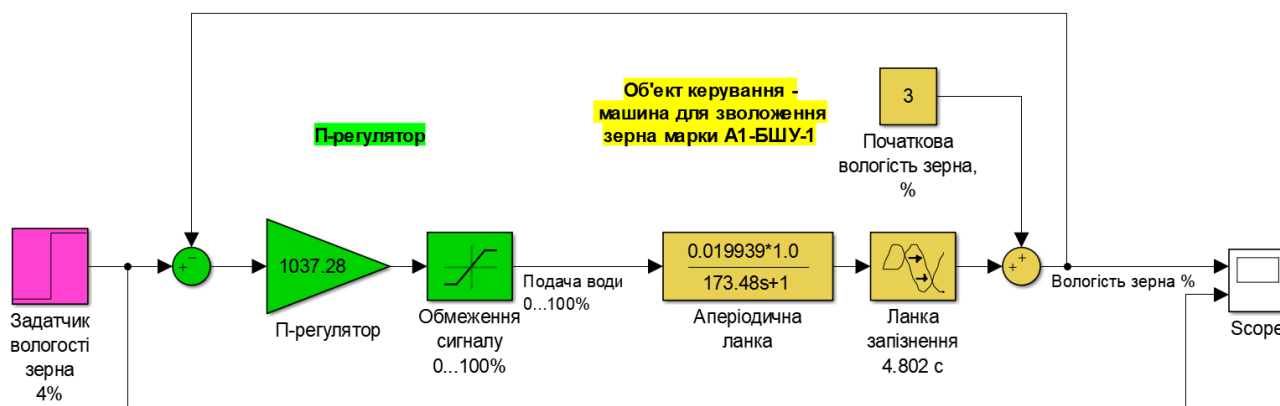


Рисунок 4.1 – Неперервна модель системи керування вологістю зерна у зволожувальній машині А1-БШУ-1

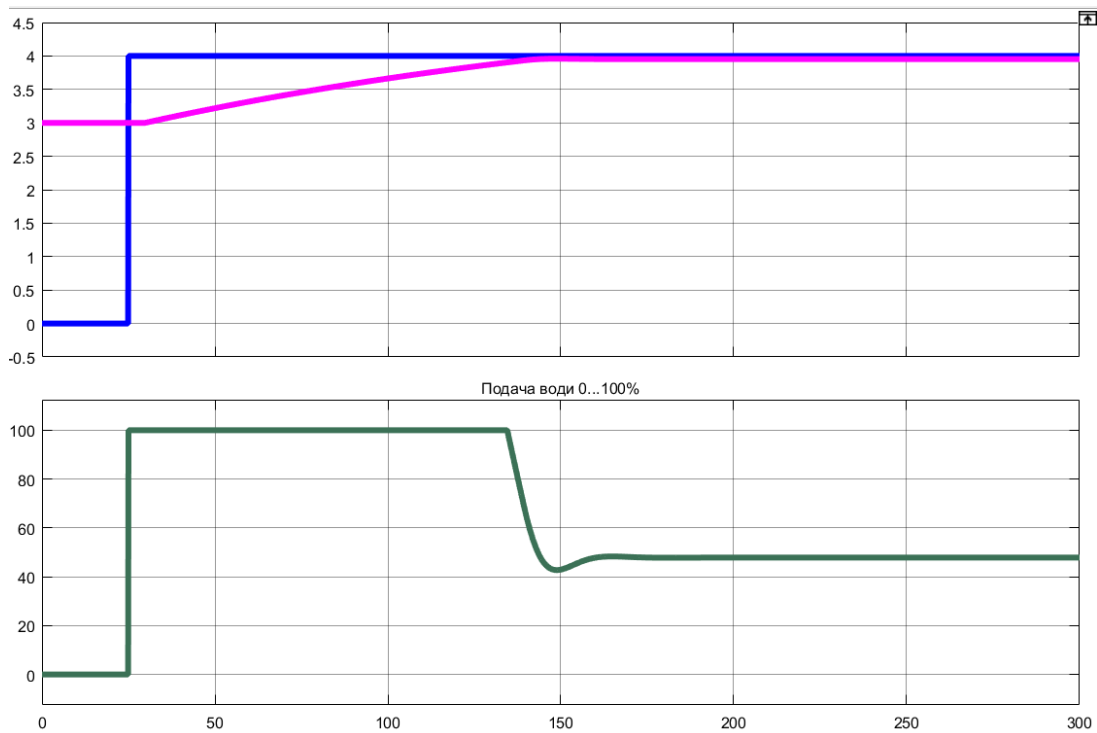


Рисунок 4.2 – Графік роботи системи керування вологістю зерна у зволожувальній машині А1-БШУ-1

Для перетворення елементів моделі системи керування в цифрову форму необхідно визначитися з часом дискретизації у системі.

Час дискретизації в першу чергу визначається для реалізації регулятора. Він повинен бути як мінімум в 10 разів менше найбільшої постійної часу об'єкта керування:

$$\text{cycle} = T_{\max}/10, \quad (5.1)$$

де T_{\max} - найбільша постійна часу об'єкта керування.

Крім того воно повинно бути більше ніж:

$$\text{cycle} = T_{\max}/200 \quad (5.2)$$

У зв'язку з тим, що стандартний цикл програмованого логічного контролера становить 100 мс, якщо отримане значення часу дискретизації більше 100 мс, для часу дискретизації вибирається значення рівне 1000 мс, що в математичному пакеті MATLAB відповідає значенню «Sampletime»0.1 с.

Виконаємо перетворення всіх елементи моделі системи керування на цифрові у середовищі MatlabR2015b.

Для об'єкта керування розділимо один об'єкт другого порядку на два об'єкту першого порядку. Для цього знайдемо коріння рівняння:

Перетворення передавальної функції в цифрову форму:

```
>>Object = tf([0.019939], [173.48 1])
```

```
Object = 0.01994 / (173.5 s + 1)
```

```
>>Object_discrete = c2d(Object, 0.1)
```

```
Object_discrete = 1.149e-05 / (z - 0.9994)
```

Виконаємо заміну необхідних блоків, з безперервних на цифрові, та розрахуємо параметри для диференційної ланки регулятора.

Результатом заміни безперервних елементів моделі системи керування цифровими з відповідним чином розрахованими значеннями параметрами є цифрова модель системи керування на рис. 4.3.

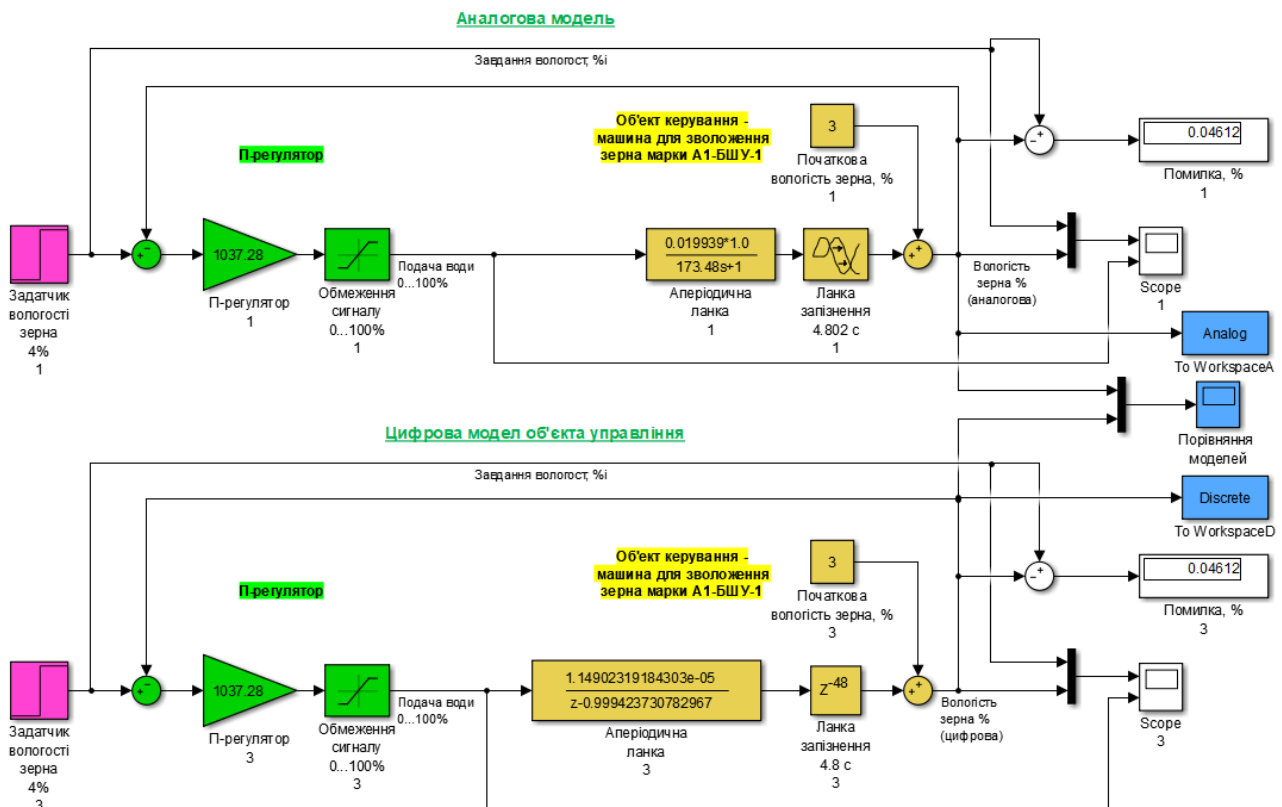


Рисунок 4.3 – Схема моделі порівняння неперервної (аналогової) та цифрової систем керування вологістю зерна

Оцінка відповідності цифрової моделі системи керування безперервної моделі виконується за нормованим середньоквадратичним відхиленням. Для оцінки на безперервну і цифрову модель подається уставка і реєструються їх дійсні значення з період відповідним часу дискретизації цифрової моделі.

Розбіжність значень вихідних величин після перехідного процесу повинна бути менше 20%.

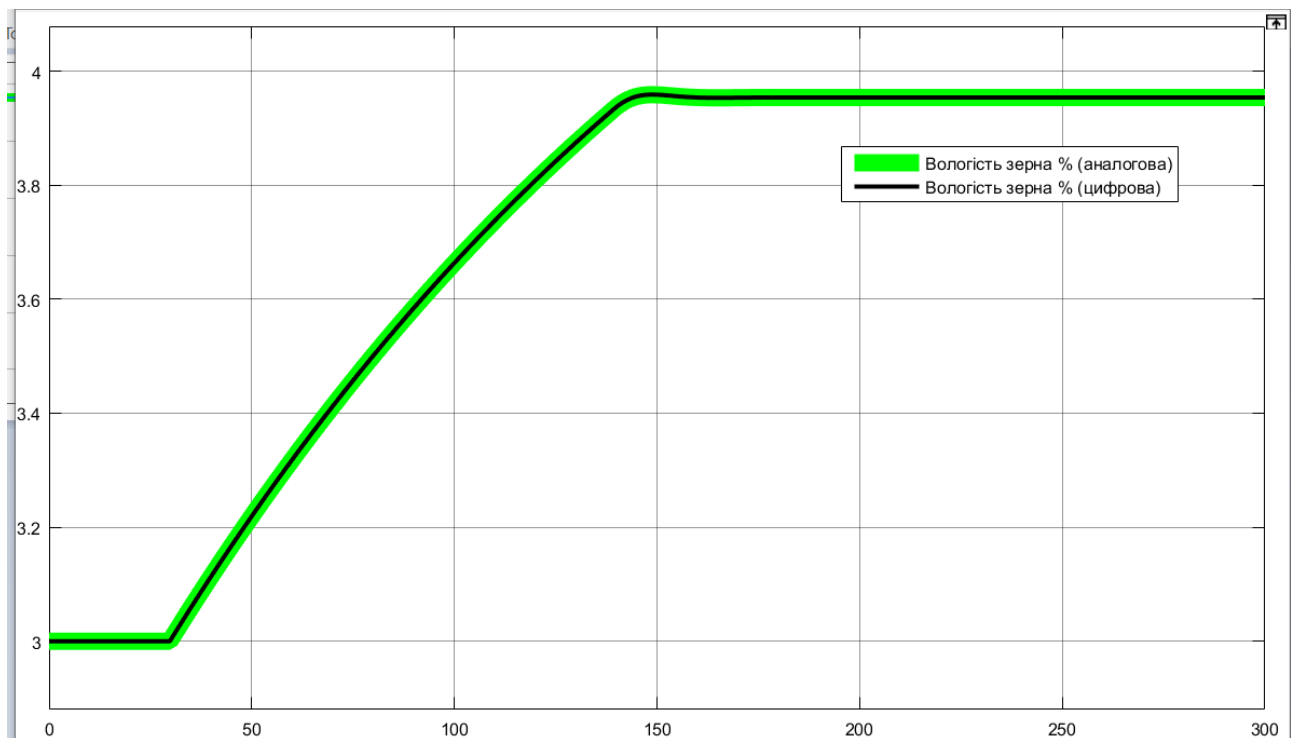


Рисунок 4.5 – Порівняння цифрової моделі з неперервною (аналоговою)

Порівняння результатів моделювання безперервної та цифрової моделі виконано за допомогою метода нормованого середньоквадратичного відхилення:

```
>>goodnessOfFit(Discrete, Analog, 'NRMSE')*100.0  
ans =  
99.9879
```

Графіки перехідного процесу збігаються на 99.9 %. Розбіжність вихідних величин після закінчення перехідного процесу відсутня. Таким чином отримана цифрова модель може бути використана за для створення програмного забезпечення системи керування та перевірки його функціонування.

Для подальшої роботи розділимо модель системи на дві підсистеми: Controller та Object – підсистема регулювання та підсистема об'єкта керування відповідно (рис. 4.5).

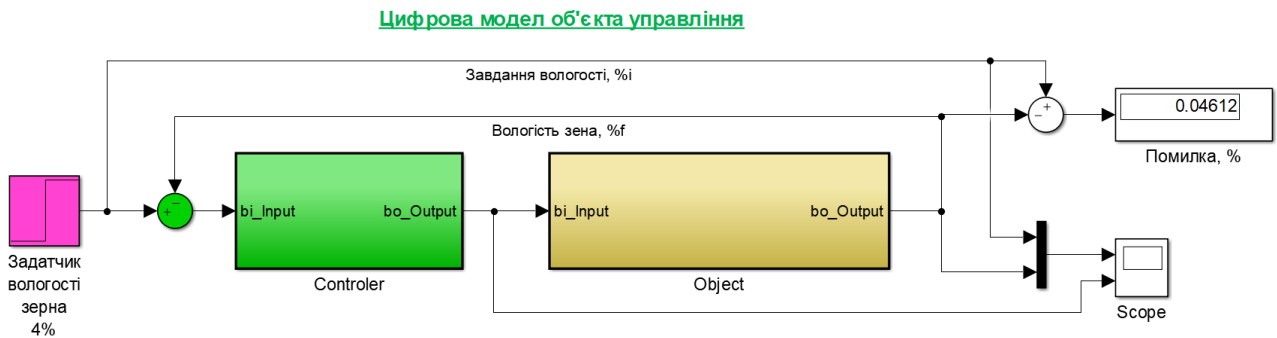


Рисунок 4.5 – Модель системи керування у вигляді двох підсистем

За допомогою стандартного засобу математичного пакету MATLAB блок підсистеми який відповідає регулятору та блок підсистеми який відповідає об'єкту керування були перетворені до програмних модулів на мові стандарту MEK 61131-3 «Structuredtext». На базі отриманих модулів подалі буде розроблено програмне забезпечення для SCADA системи zenon.

4.2 Розробка програмного забезпечення системи керування

Розробка програмного забезпечення системи керування виконується в SCADA системі zenon для програмованого логічного контролера у середовищі zenonLogic.

Програмне забезпечення системи керування буде розроблятися безпосередньо для програмованого логічного контролера у середовищі zenonLogic, що входить до складу SCADA системи zenon.

В SCADA системі zenon використано драйвер пристрою керування “S7TCP32” для контролеру VIPA (рис. 4.6). Сам драйвер переведений в режим програмної симуляції. Час оновлення даних заданий рівним часу дискретизації 100 мс. Для даного драйвера буде розроблятися програмне забезпечення об'єкта керування.

State	Identification	Description	File name
...	Filter text	Filter text	Filter text
	Driver for internal variables		Intern
	Driver for mathematics variables		MATHDR32
	Driver for system variables		SYSDRV
	VIPA		S7TCP32

Рисунок 4.6 – Драйвера програмованого логічного контролера

Програмне забезпечення об'єкта керування буде функціонувати на програмному програмованому логічному контролері zenon Logic який в режимі симуляції буде реалізувати програмований логічний контролер VIPA та об'єкт керування.

На базі отриманого тексту програми з математичного пакету MATLAB розроблено користувацький функціональний блок "Object". Текст програми якого розроблено на мові програмування StructuredText (дод. Б). Виклик функціонального блока "Object" виконується в тілі основної програми, яка наведена на рис. 4.7.

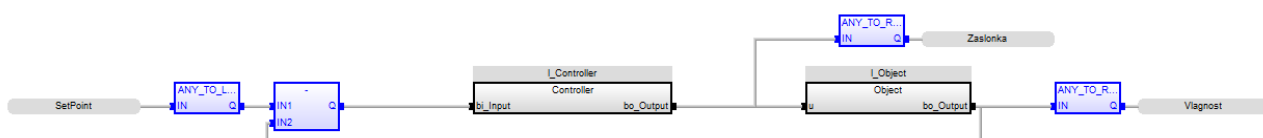


Рисунок 4.7 – Основна програма системи керування

На вхід блока об'єкта керування задається дійсне значення положення клапану подачі води «Zaslodka». З виходу блока дійсне значення записується до змінної вологості зерна «Vologost». Змінні «Zaslodka» та «Vologost» є глобальними та належать SCADA системі zenon.

На базі отриманого тексту програми з математичного пакету MATLAB розроблено користувацький функціональний блок "Controler", текст програми якого написано на мові програмування Structuredtext, яка наведена в дод. Б.

На вхід блока задається значення похибки системи керування яке обчислюється як різниця між уставкою «SetPoint» та дійсним значенням «Vologost» (до 5 %). На виході блока формується керуючий вплив, значення якого копіюється до змінної «Zalodka» (керуючий вплив – положення клапану подачі води 0...100 %).

Відповідно до завдання програмне забезпечення контролера повинно функціонувати в SCADA системі zenon на програмному програмованому логічному контролері zenon Logic. Для цього в SCADA системі zenon додано відповідний проект zenon Logic «St». Для зв'язку з SCADA системою додані змінні які наведені на рис. 4.8.

State	Name /	Identification	Measur...	#	Driver	Data type	Measuring ra...	Measuring ra...
Filter...	Filter text	Filter text	Filter...	Filter text	Filter text	Filter text	Filter text	Filter text
	SetPoint	Уставка	%		S7TCP32 - VIPA	REAL	0.00	5.00
	Vlagnost	Вологість	%		S7TCP32 - VIPA	REAL	0.00	10.00
	Zaslodka	Засувка	%		S7TCP32 - VIPA	REAL	0.0	100.0

Рисунок 4.8 – Змінні програмованого логічного контролеру

4.3 Розробка програмного забезпечення людино-машинного інтерфейсу

Програмне забезпечення людино-машинного інтерфейсу (дод. В) має декілька вікон: технологічний процес, діаграма процесу, хронологічний список подій та інформаційний список тривог. Виходячи з того, що людино-машинний інтерфейс повинен відображати декілька зображень, то він повинен складатися з двох шаблонів на одному з котрих повинні відображатися кнопки переключення зображення, а на іншому самі зображення.

На основному зображенні будуть відображатися інформація про технологічний процес, зміну вологості зерна, хронологічний список подій та інформаційний список тривог. Допоміжний шаблон “ButtonScreen” буде використаний для розробки вікна з кнопками зміни основного зображення.

У вікні зображення, що створене на основі шаблону “ButtonScreen” розміщені часи, дата, кнопки зображені “Діаграма процесу”, “Технологічна схема”, “Список тривог”, “Хронологія подій”. Крім того на ньому знаходяться кнопка “Перезавантажити” яка відповідає за оновлення людино-машинного інтерфейсу у випадку його перезавантаження та кнопка “Exit” яка закриває людино-машинний інтерфейс.

Відповідно до завдання було розроблено схему відображення стану параметрів технологічного процесу, яке наведено на рис. 4.9.

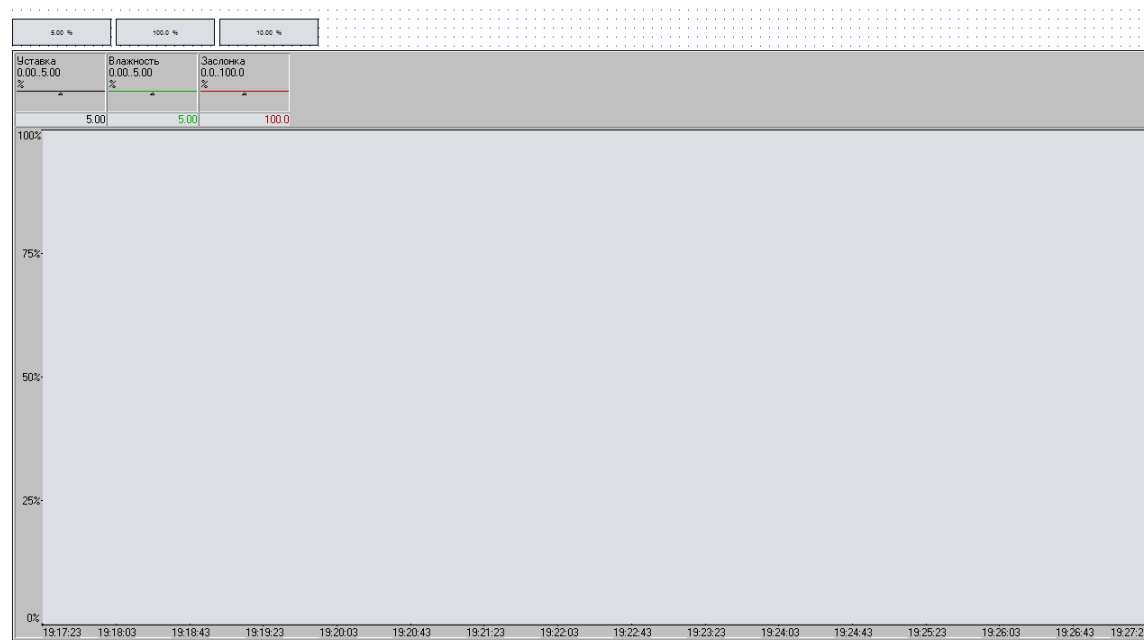


Рисунок 4.9 – Мнемосхема технологічного процесу

На технологічному зображенні вказане основне обладнання процесу. Для контролю зміни вхідних та вихідних параметрів об'єкту керування розроблено відповідне зображення яке наведено на рис. 4.10. На зображенні за допомогою розширеного тренду відображається зміна вологості зерната положення клапану подачі води.

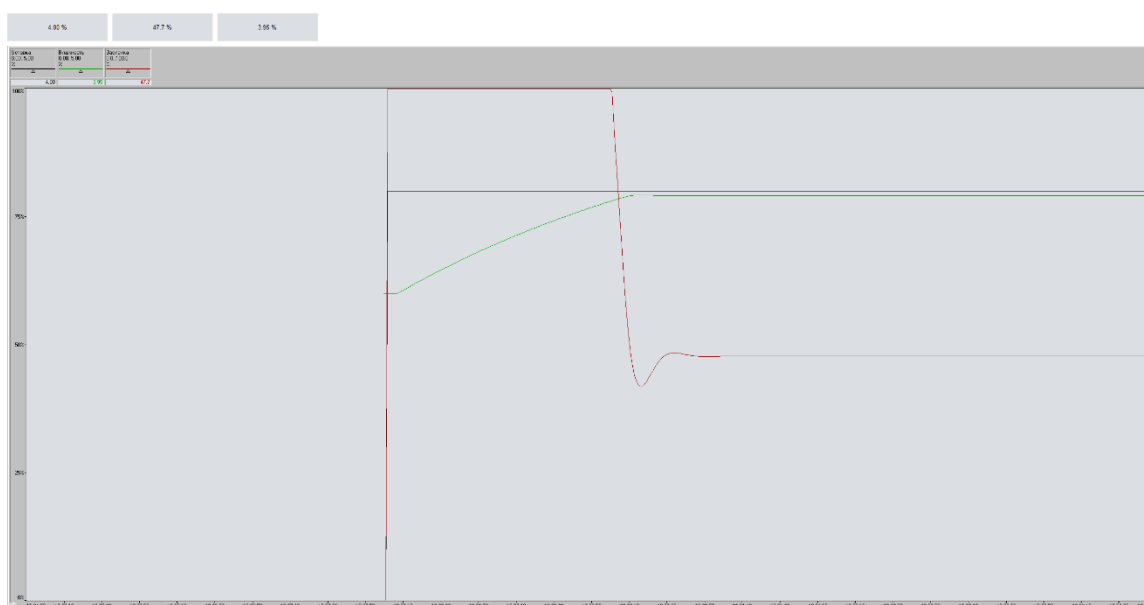


Рисунок 4.10 – Зображення тренду параметрів

4.4 Перевірка функціонування програмного забезпечення

Перевірка функціонування програмного забезпечення виконувалася в режимі симуляції. Замість програмованого логічного контролера використовувався програмний програмований логічний контролер з моделлю об'єкта керування.

В процесі перевірки було встановлено, що робота системи керування виконується відповідно до моделі системи у Matlab.

Тренди відображають правильну інформацію про зміну вологості зерна(рис. 4.12) та сягають заданого значення.

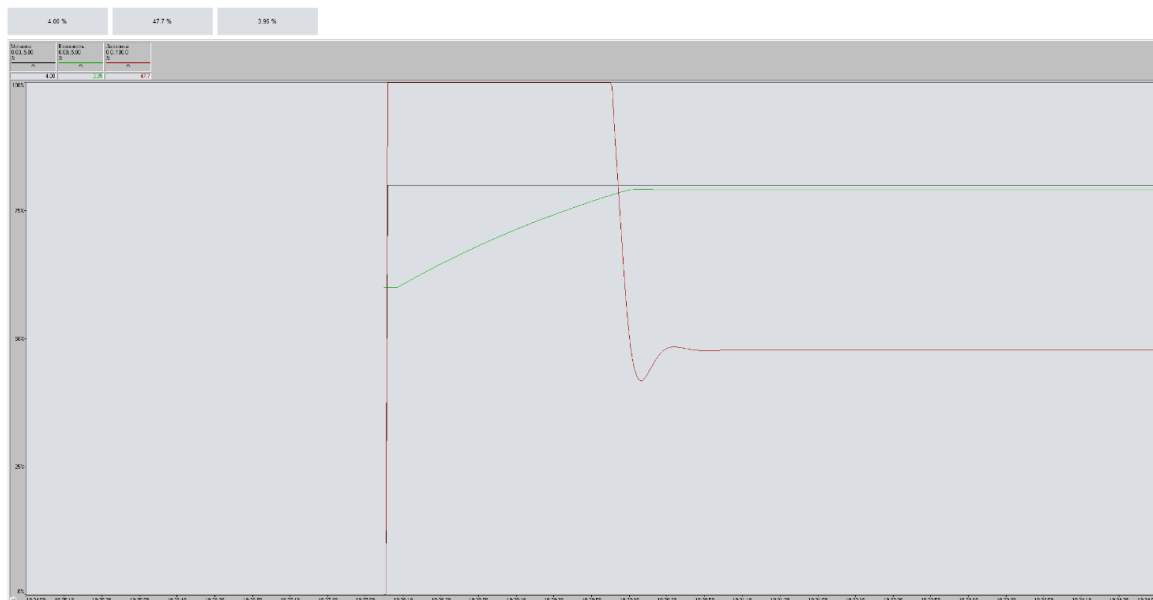


Рисунок 4.12 – Зображення моніторингу зміни вологості зерна

4.5 Висновки по розділу

На базі безперервної моделі системи керування розроблена цифрова модель системи керування. З моделі відокремлені модель об'єкта керування та модель регулятора. За допомогою стандартних засобів математичного пакета MATLAB отримані програмні модулі, які реалізують об'єкт керування та регулятор на мові програмування StructuredText.

На базі програмних модулів розроблено програмне забезпечення системи керування для програмованого логічного контролера VIPАна базі Zenon Logісщо входить до складу SCADA системи Zenon. В SCADA системі Zenon розроблено людино машинний інтерфейс, який містить відображення

інформації про технологічний процес, зміну вологості зерна, хронологічний список подій та інформаційний список тривог.

Виконано перевірку функціонування програмного забезпечення.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування

Розвиток технічних, апаратних і програмних засобів, дає можливість підприємствам зменшувати витрати, підвищувати якість продукції, збільшувати швидкість виробництва, автоматизувати процеси і безліч інших рішень.

У цьому розділі кваліфікаційної роботи приведено економічне обґрунтування доцільності використання автоматизованої системи керування, яка забезпечує:

- спостереження за процесом від самого початку і до кінця за допомогою зручної панелі НМІ;
- постійний контроль за протіканням технологічного процесу;
- енерго-таресурсозбереження;
- збільшує продуктивність виробництва, та скорочує час підготовки обладнання до процесу виробництва.

Для того, щоб визначити економічну ефективність впровадження даної системи замість застарілої базової, проведемо розрахунок річних витрат та прибутків.

5.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування

Розрахуємо капітальні витрати, що пов'язані з виготовленням та впровадженням комп'ютеризованої системи керування. Визначення проектних капітальних витрат проводиться за такою формулою:

$$K_{\text{пр}} = C_{\text{об}} + D_{\text{тр}} + M_{\text{мн}} \quad (5.1)$$

де $C_{\text{об}}$ – витрати на комплектуючі вироби;

$D_{\text{тр}}$ – витрати на транспортно-заготівельні витрати;

$M_{\text{мн}}$ – витрати на монтаж і налагодження системи.

Вартість комплектуючих деталей наведена в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Вартість комплектуючих системи

Найменування	Кіл-ть (од.вим.)	Вартість (грн)	Сума (грн)
--------------	---------------------	----------------	------------

Датчик вологості зерна	1 шт.	15000	3000
Шаровий клапан з ел.приводом	1 шт.	23000	5300
Контролер VIPA 200V	1 шт.	8280	10280
Модуль вводу/виводу	1 шт.	12900	2300
Блок живлення 24В	2 шт.	1700	490
УСЬОГО			21370

Витратина транспортно-заготівельні і складські витрати визначаються повсіх розділах залежності від вартості обладнання матеріалів, виробів, конструкцій, беруться 8 % від загальної вартості.

$$D_{\text{тр}} = C_{\text{об}} \times 0,08 \quad (5.2)$$

де $C_{\text{об}}$ – вартість комплектуючих, грн.

Таким чином витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи складають

$$D_{\text{тр}} = 21370 \times 0,08 = 1709,6 \text{ грн.}$$

Вартість монтажних і налагоджувальних робіт приймаємо на рівні 7% від вартості обладнання.

$$M_{\text{МН}} = C_{\text{об}} \times 0,07 \quad (5.3)$$

Витрати на монтажні і налагоджувальні роботи складуть

$$M_{\text{МН}} = 21370 \times 0,07 = 1495,9 \text{ грн.}$$

5.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення

5.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення

Трудомісткість розробки програмного забезпечення розраховується за формулою:

$$t = t_o + t_u + t_a + t_n + t_{\text{от}} + t_g \quad (5.4)$$

де t_o – витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання;

t_u – витрати праці на дослідження алгоритму рішення завдання;

t_a – витрати праці на обробку блок-схеми алгоритму;

t_n – витрати праці на програмування поготовій блок-схеми;

$t_{\text{от}}$ – витрати праці на налаштування програмна ЕОМ;

t_g -витрати праці на підготовку документації по завданню.

Складові витрат праці визначаються на підставі умовної кількості оброблених операторів у програмному забезпеченні.

Умовне кількості операторів у програмі:

$$Q = q \times c(1 + p), \quad (5.5)$$

де q –

кількість операторів, які у програмі, приймаємо $q=42$ (виходячи з ПЗ на мові Matlab);

c – коефіцієнт складності програми;

p – коефіцієнт корекції програм в процесі її обробки.

Коефіцієнт складності «с» програми визначає відносну складність програми по відношенню до типового завдання, складність якого відповідає. Приймаємо $c=1,35$.

Коефіцієнт корегування програми «р» визначає збільшення обсягу робіт зарахунок внесення змін алгоритма або програму в результаті уточнення постановки завдання. Величина p приймає рівню 0,1.

Таким чином, для програми, описаної в кваліфікаційній роботі:

$$Q = 42 \times 1,35(1 + 0,1) = 62,37.$$

Оцінка витрат праці на підготовку і опис завдання в даній кваліфікаційній роботі складають 35 люд.-годин.

Витрати праці на вивчення опису завдання визначаються з урахуванням уточнення опису так кваліфікації програміста за формулою:

$$t_u = \frac{Q \cdot B}{(75 \dots 85) \cdot k}, \text{ люд.-годин} \quad (5.6)$$

де B - коефіцієнт збільшення витрат праці приймаємо $B=1,5$;

k -

коефіцієнт кваліфікації програміста, який визначається залежно від стажу роботи за спеціальністю.

У нашому випадку коефіцієнт кваліфікації програміста становить $k=1,2$.

Для розробляльного програмного забезпечення:

$$t_u = \frac{62.37 * 1.5}{80 * 1.2} = 1 \text{ люд. -годин.}$$

Витрати на розробку алгоритму рішення завдання визначаються за формулою:

$$t_a = \frac{Q}{(20...25) \cdot k}, \text{ люд.-годин} \quad (5.7)$$

Для розробки вального програмного забезпечення:

$$t_a = \frac{62,37}{20 * 1.2} = 3 \text{ люд. -годин.}$$

Витрати праці на складання програми готовий блок-схеми алгоритму визначаються за формулою:

$$t_n = \frac{Q}{(20...25) \cdot k}, \text{ люд.-годин} \quad (5.8)$$

Для розробки вального програмного продукту:

$$t_n = \frac{62,37}{20 * 1.2} = 3 \text{ люд. -годин.}$$

Витрати праці на налагодження програми на ЕОМ розраховуються за формулою:

$$t_{\text{нал}} = \frac{Q}{(4...5) \cdot k}, \text{ ЛЮД.-ГОДИН} \quad (5.9)$$

Для конкретного програмного продукту:

Витрати праці на підготовку документації по завданню визначаються за формулою:

$$t_d = t_{\text{ДР}} + t_{\text{ДО}}, \text{ ЛЮД.-ГОД}, \quad (5.10)$$

де $t_{\text{ДР}}$ – трудомісткість підготовки матеріалів до написання;

$t_{\text{ДО}}$ – трудомісткість редагування, друку та оформлення документації.

$$t_{\text{ДР}} = Q / (15...20) \cdot k, \quad (5.11)$$

$$t_{\text{ДО}} = 0,75 t_{\text{ДР}} \quad (5.12)$$

$$t_{\text{ДО}} = 0,75 * 2,88 = 2 \text{ люд.-год.}$$

Для програмного забезпечення, що розроблено в кваліфікаційній роботі:

$$t_d = 3 + 2 = 5 \text{ люд.-год.}$$

Трудомісткість розробки програмного забезпечення становитиме:

$$t=30+1+3+3+10+5=57 \text{ людино-годин.}$$

5.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного продукту

Витрати на розробку програмного продукту включають витрати на заробітну плату розробника програми $Z_{зп}$ і вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми на ЕОМ $Z_{мі}$

$$K_{пз} = Z_{зп} + Z_{мі}, \text{ грн.} \quad (5.13)$$

Заробітна плата розробника програмного забезпечення:

$$Z_{зп} = t \cdot C_{пр}, \text{ грн.} \quad (5.14)$$

де t – загальна трудомісткість обробки програмного забезпечення;

$C_{пр}$ – середня годинна тарифна ставка програміста становить:

$$C_{пр} = 85 \text{ грн./час.}$$

Заробітна плата за розробку програмного забезпечення дорівнює:

$$Z_{зп} = 57 \cdot 85 = 4845 \text{ грн.}$$

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми на ЕОМ:

$$Z_{мв} = t_{нал} \cdot C_{мч}, \text{ грн.} \quad (5.15)$$

де $t_{нал}$ – трудомісткість налагодження програми на ЕОМ, людино-годин;

$C_{мч}$ – вартість машино-години ЕОМ, грн./год. $C_{мч} = 9 \text{ грн./год.}$

$$Z_{мв} = 10 \cdot 9 = 90 \text{ грн.}$$

Витрати на розробку програмного забезпечення системи керування становитимуть:

$$K_{пз} = 4845 + 90 = 4935 \text{ грн.}$$

Очікувана тривалість розробки програмного забезпечення:

$$T = \frac{t}{B_k \cdot F_p}, \text{ міс.} \quad (5.16)$$

де B_k –

кількість розробників, така як програма в кваліфікаційні роботи розроблялася однією людиною, то $B_k = 1$;

F_p – місячний фонд робочого часу ($F_p = 176 \text{ годин.}$)

Визначимо тривалість розробки ПЗ:

$$t_{\text{нал}} = \frac{57}{1 \cdot 176} = 0,32 \text{ міс.}$$

Розрахувавши всі показники, використовуємо формулу 5.1 і розраховуємо капітальні витрати:

$$K_{\text{пр}} = 21370 + 1709,6 + 1495,9 + 4935 = 29510,5 \text{ грн.}$$

Вартість системи керування що знаходиться в експлуатації становить 23005,5 грн.

Використовуванасистема в розрахунках прийнята базовий варіант.

$$\Delta K = K_{\text{пр}} - K_{\text{баз}} = 29510,5 - 23005,5 = 6505 \text{ грн.}$$

5.4 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати розраховуються за формулою:

$$C_e = C_a + C_z + C_c + C_{p.o.} + C_{ee} + C_{\text{інш}}, \quad (5.17)$$

де C_e - річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням системи керування;

C_a - амортизація основних фондів;

C_z - заробітна плата обслуговуючого персоналу;

C_c - відрахування на соціальні заходи;

$C_{p.o.}$ - витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання;

C_{ee} - вартість електроенергії;

$C_{\text{інш}}$ - інші витрати.

Визначимо експлуатаційні витрати при впровадженні системи керування.

5.4.1 Амортизація основних фондів

Залежновід групи, до

якої віднесено той, чи інший об'єкт основних засобів, встановлено мінімально-допустимі строки їх амортизації.

Обладнання, розробленої в кваліфікаційній роботі системи керування, належить до 4 групи (машини та обладнання). Передбачуваний термін експлуатації системи становить 3 роки.

При використанні методу прискореного зменшення залишкової вартості норм

а амортизація визначається за формулою:

$$H_a = (2/T) * 100\% \quad (5.18)$$

де T – термін корисного використання об'єкта;

H_a – норма амортизації.

$$C_a = (ПВ * H_a) / 100\%, \quad (5.19)$$

де C_a – амортизація основних фондів (річна);

$ПВ$ – первинна вартість, дорівнює капітальним витратам $ПВ = K$.

Отже, норма амортизації для проектованої системи керування складе:

$$H_a = (2/3) * 100\% = 66\%$$

Сума амортизації для проектованої базової системи становитиме:

$$C_{a.пр} = (24575,5 * 66\%) / 100\% = 16219,83 \text{ грн.}$$

$$C_{a.баз} = (23005,5 * 66\%) / 100\% = 15183,63 \text{ грн.}$$

5.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника:

$$T_{ном.рік} = (T_k - T_{вих.св} - T_{відп}) * T_{зм}, \text{ГОДИН} \quad (5.20)$$

де T_k – календарний фонд робочого часу, 365 днів;

$T_{вих.св}$ – вихідні дні та свята, 114 дні;

$T_{відп}$ – відпустка, 21 день;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, 8 год.

Таким чином, річний фонд робочого часу працівника складе:

$$T_{ном.рік} = (365 - 114 - 21) * 8 = 1840 \text{ годин.}$$

Для керування процесом задіяні 1 оператор ЛМІ, 2 технологи і 1 спеціаліст з електроустаткування.

Після впровадження проектованої системи керування штат персоналу не змінився, отже заробітна плата і відрахування на соціальні заходи будуть однакові.

Розрахунок річного фонду заробітної плати виробничих робітників здійснюється відповідно до форми, наведеної в табл. 5.2.

Таблиця 5.2-Розрахунок заробітної плати персоналу

п/п	Найменування професії робітників			Годинна тарифна ставка,	Номінальний річний фонд робочого часу, годин	Пряма заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата	Доплати (7%), грн.	Всього заробітна плата, грн.
		в.	п.						
	Оператор НМІ	1		30	1840	66500	5520	4655	76675
	Технолог	2		28	1840	105100	10310	7357	122767
	Наладчик електроустаткування	1		32	1840	74880	7488	5241,6	87610
	Разом								287051,6

$C_{з.пр} = C_{з.баз} = 287051,6 \text{ грн.}$

5.4.3 Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи визначаються за формулою:

$$C_c = 0,22 * C_z \quad (5.21)$$

$C_{с.пр} = C_{с.баз} = 0,22 * 287051,6 = 63151,35 \text{ грн.}$

5.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт

Витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання та мережі приймаємо на рівні 5 % від величини капітальних витрат:

$$C_{то.тр} = 0,05 * K \quad (5.22)$$

$C_{р.о.пр} = 0,05 * 36212,25 = 1228,78 \text{ грн.}$

$C_{р.о.баз} = 0,05 * 35000 = 1150,28 \text{ грн.}$

5.4.5 Витрати на електроенергію

Розрахуємо вартість електроенергії, споживаної для розробленої системи керування:

$$C_{еe} = K_e * K_{др} * ds * T \quad (5.23)$$

де K_e –

кількість електроенергії, спожитої проектованою системою керування за одиницю, 0,4 кВт*год;

$K_{др}$ – кількість робочих днів у році ($K_{др} = 365 - 114 = 251$ день);

ds–тривалість зміни, 8 годин;

T–

тарифна електроенергія для підприємств (для користувачів електроенергії 2 класу тариф складає 2,26 грн. за кВт без ПДВ. З урахуванням ПДВ тариф $T = 2,26 * 1,2 = 2,712$ грн).

$$C_{\text{е.пр}} = 0,4 * 251 * 8 * 2,712 = 2178,278 \text{ грн.}$$

Кількість електроенергії, спожитої системою керування, що знаходиться в експлуатації – 0,5 кВт * год

$$C_{\text{е.баз}} = 0,5 * 251 * 8 * 1,96 = 1967,84 \text{ грн.}$$

5.4.6 Інші витрати

Інші витрати з експлуатації об'єкта проектування включають витрати з охорони праці, на спецодяг та інше згідно практики, ці витрати визначаються в розмірі 4 % від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу:

$$C_{\text{інш}} = C_z * 0,04 \text{ грн.} \quad (5.24)$$

$$C_{\text{інш.пр}} = C_{\text{інш.баз}} = 287051,6 * 0,04 = 11482,06 \text{ грн.}$$

За формулою 5.17 розраховуємо річні експлуатаційні витрати для проектного абазового варіантів:

$$C_{\text{пр}} = 16219,83 + 254030,6 + 63151,35 + 1228,78 + 2178,278 + 11482,06 = 348290,898 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{баз}} = 15183,63 + 254030,6 + 63151,35 + 1150,28 + 1967,84 + 11482,06 = 346965,76 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.3 – Експлуатаційні витрати

Назва показника	Базовий варіант	Проектний варіант
Амортизація	15 183,63	16 219,83
Фонд заробітної плати	254031	254031
Відрахування на соціальні виплати	63151,35	63151,35
Ремонт та технічне обслуговування	1150,3	1228,8
Електроенергія	1967,8	2178,3
Інше	11482	11482
Загалом	346965,76	348290,89

Таким чином, економія експлуатаційних витрат становитиме:

$$\Delta C = C_{\text{пр}} - C_{\text{баз}} = 348290,89 - 346965,76 = 1324,24 \text{ грн.}$$

5.5 Визначення додаткового прибутку від впровадження системи керування

Середньодобове збільшення виходу готової продукції при впровадженні розробленої системи керування складе 0,7 %, зарахунок зниження простоїв обладнання.

Визначимо додатковий прибуток від впровадження проекрованої системи керування:

$$\Delta\Pi = (\text{Ц}_{\text{пр.}} - \text{S}_{\text{пр.}}) \times \text{Q}_{\text{пр.}} - (\text{Ц}_{\text{баз.}} - \text{S}_{\text{баз.}}) \times \text{Q}_{\text{баз.}}, \quad (5.25)$$

де $\text{S}_{\text{пр.}}, \text{S}_{\text{баз.}}$ –

Собівартість обробки 1 т. продукції за проектним і базовим варіантами, грн./од. (9000 грн.);

$\text{Ц}_{\text{пр.}}, \text{Ц}_{\text{баз.}}$ – Ціна за 1 т. продукції, грн.

(зурахуванням торгової надбавки 20% складе 6000 грн.);

$\text{Q}_{\text{пр.}}, \text{Q}_{\text{баз.}}$ –

обсяг виробництва продукції, кг (на даний момент продуктивність обробки становить 1 т. на добу).

При 251 робочому дні обсяг виробленої продукції складе:

$$\text{Q}_{\text{баз.}} = 1 * 251 = 251 \text{ т./рік.}$$

При впровадженні системи керування:

$$\text{Q}_{\text{пр.}} = 1,007 * 1 * 251 = 252,76 \text{ т./рік.}$$

Додатковий прибуток від впровадження системи керування:

$$\Delta\Pi = (10800 - 500) * 252,76 - (10800 - 500) * 251 = 17570 \text{ грн.}$$

5.6 Оцінка економічної ефективності проекту

Визначимо показники економічної ефективності проекрованої системи керування:

– річний економічний ефект:

$$E = \Delta\Pi - \Delta C - \Delta K * E_{\text{п}} > 0 \quad (5.26)$$

– економічна ефективність:

$$E_{\text{г}} = \Delta\Pi - \Delta C \quad (5.27)$$

– ітермінокупність розробки:

$$T_{\text{ок}} = \Delta K / E_{\text{г}} \quad (5.28)$$

$$E_{\Pi} = (N_{\text{кр}} - N_{\text{інф}}) / 100 \quad (5.29)$$

де $N_{\text{кр}}$ – річна процентна ставка, %;

$N_{\text{інф}}$ – річний рівень інфляції, %.

В якості нормативного значення приймемо величину банківської кредитної ставки $N_{\text{кр}}$ (18%) з урахуванням інфляції $N_{\text{інф}}$ (1,2%), тобто:

$$E_{\Pi} = (18 - 1,2) / 100 = 0,168.$$

$$E = 17570 - 1324,24 - 0,168 * 6505 = 16152,92 \text{ грн.}$$

$$E_r = 17570 - 1324,24 = 16245,76 \text{ грн.}$$

$$T_{\text{ок}} = 6505 / 16\,245,76 = 0,402 \text{ року.}$$

Коефіцієнт ефективності капітальних витрат ϵ показує, скільки гривень додаткового прибутку (економії) приносить одна гривня капітальних витрат:

$$\epsilon = E_r / \Delta K \quad (5.30)$$

Коефіцієнт ефективності становить:

$$\epsilon = 16\,245,76 / 6505 = 2,5.$$

Отже, при впровадженні системи керування 1 грн. капітальних витрат приносить 2,5 грн. прибутку.

Економічні показники, що характеризують ефективність створення і використання розробленого проекту системи керування відображені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Економічні показники

Найменування показників	Од. вимірювання	Показники базового варіанту системи	Показники проектного варіанту системи
Капітальні витрати	грн.	23005,5	24575,5
Експлуатаційні витрати, всього	грн.	346965,76	348290,898
В тому числі: - амортизація	грн.	15 183,63	16 219,83
- заробітна плата обслуговуючого персоналу	грн.	254030,6	254030,6
- відрахування на соціальні заходи	грн.	63151,35	63151,35
- технічне обслуговування та поточний ремонт системи керування	грн.	1150,28	1228,78
- вартість споживаної електроенергії	грн.	1967,84	1580,69
- інші витрати	грн.	11482,06	11482,06
Додатковий прибуток	грн.	-	16 279,535
Річний економічний ефект	грн.	-	17274,8
Коефіцієнт ефективності			2,5

Термін окупності капітальних вкладень	р	-	0,402
---------------------------------------	---	---	-------

5.7 Висновки

Привпровадженні проектованої системи капітальні витрати складають 24,6 тис. грн. Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з провадженням системи 34,8 тис. грн. Проте, очікується додатковий прибуток у розмірі 16,3 тис. грн та дуже швидкий термін окупності 0,4 року.

Виходячи з отриманих результатів, та звертаючи увагу на досить великий коефіцієнт ефективності, що дорівнює 2,5, можна зробити висновок, що провадження проектованої комп'ютеризованої системи економічно вигідно.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Аналіз небезпек і ризиків під час роботи з роботизованою системою

Працівники підприємств часто не усвідомлюють рівня загроз, які можуть виникнути під час виробничої діяльності. Так, на думку більшості, виконання правил безпеки – обтяжлива, непотрібна процедура, їх порушення не завжди призводить до травмування. Крім того, однією з основних причин інцидентів, нещасних випадків та аварійних ситуацій є людська помилка, коли людина втрачає реакцію або ж її реакція на наявну небезпеку є неадекватною. Отже, постає потреба у формуванні відповідального ставлення працівника до потенційних джерел небезпек, моделі поведінки, направленої на збереження його життя та здоров'я.

Водночас працівники вже мають певні переконання, підкріплені:

- власним світоглядом, який впливає на інтерпретацію здобутої інформації;
- розумовими здібностями, які відповідають за адекватний аналіз ситуації;
- упередженістю, коли працівник намагається знайти підтвердження своїх висновків, а не розібратись у ситуації;
- стереотипністю, тобто приймається рішення за визначеним раніше шаблоном, та ін.

Значний вплив на поведінку працівника також має колективна думка, що інколи призводить до прийняття рішення без аналізу небезпечної ситуації. Такий висновок робить Виконавчий орган з охорони праці у Великобританії (HSE) у керівництві HSG 48 «Зменшення помилок та вплив на поведінку». У дослідженні зазначається: «якщо керівники та менеджери потурають неадекватній поведінці та не подають доброго прикладу працівникам, імовірність того, що це стане нормою у поведінці збільшується».

Прикладом вирішення є один з варіантів наведеної задачі. Незважаючи на значні переваги, які надають роботи, існує ціла низка небезпек та проблем, які потенційно можуть нашкодити людям. До найбільш значних слід віднести

можливі проблеми з аутентифікацією людини чи навіть завдання фізичної шкоди через різноманітні збої програмного забезпечення, випадкові помилки, проникнення вірусів, фізичне втручання, кібератак, підробки ключів доступу та інше. Крім того, роботи постійно накопичують інформацію про своїх власників, яку можуть викрасти зловмисники, а також може відбутись неконтрольований обмін даними між самими роботами. В таблиці 6.1 вибірково наведені небезпеки, які підкріплені відповідними кадрами з фільмів, можливі загрози для людини в результаті створення відповідних умов і наведені рекомендації щодо їх усунення.

Таблиця 6.1 - Критерії оцінки професійних ризиків

Категорія ризику	Ставлення до рівня ризику	Дії щодо керування рівнем ризику
IA, IB, PA	Категорично неприйнятний (КН) (відмова від ризику).	Роботу виконувати заборонено без зміни в умовах та розробки і впровадження заходів щодо зниження ризиків Першочергово мають бути виконанні упереджувальні та захисні заходи для унеможливлення реалізації небезпеки в небезпечну подію та/або зниження наслідків небезпечної події. Встановлюється контроль за заборону проведення робіт.
IC, ID, IE, PB, PC, PD, PA, PB, PC, IVA, IVB	Неприйнятний (Н) (зниження ризику)	Роботу виконувати дозволено (постійно або тимчасово), але з впровадженням в часі змін в умовах роботи упереджувальних та захисних заходів для унеможливлення реалізації небезпеки або зниження наслідків небезпечної події. Мають бути розроблені і впровадженні відповідні організаційно-технічні заходи.
IF, PE, PF, PID, PIE, PD, IVC, IVD, VA, VB, VC, VIA, VIB	Прийнятний з перевіркою (ПП) (прийняття ризику з контролем)	Роботу дозволено виконувати, але потрібен постійний контроль за безпекою та виконанням упереджувальних та захисних заходів (дій), щодо унеможливлення або зниження ризику до прийнятного рівня та аналіз змін стану безпеки в часі та просторі.
PIF, IVF, PIF, VF, VIF, VIF, IVE, IPE, VE, VIE, VPE, VD, VID, VID, VIC, VPC, VIB, VPA	Прийнятний (П) (прийняття ризику без контролю)	Не потребує вживати упереджувальних та захисних заходів (дій) для унеможливлення або зниження ризику.

В таблиці 6.1, 6.2 наведено принцип оцінки ризику матричним методом, який застосований для вирішення вказаної задачі.

Нещасні випадки переважно настають унаслідок хибної оцінки ситуації, несприйняття реальної загрози через, що спотворює дійсність. Чим більший розрив між сприйняттям загрози та її реальністю, тим менше шансів уникнути небезпеки. Важливе значення має психологічний стан і настроїв працівника, які можуть змінюватись протягом робочого часу через взаємини в колективі, особисті обставини, стану здоров'я, занепокоєння, стурбованості та ін.

За роботизованими системами майбутнє. Вони швидко знаходять свою нішу у різних виробничих сферах, особливо у критичній інфраструктурі. Однак роботи представляють декілька серйозних небезпек, які розглянуто під час вирішення поставленого завдання.

Робототехнічні питання не обмежуються одним, але багатьма аспектами, які можуть використати будь-яку прогалину вразливості / безпеки для орієнтації на роботизовані системи та додатки. Мета полягає в їх ідентифікації та класифікації, щоб отримати кращу уяву, яка допомагає іншим колегам-дослідникам у їх пошуках ідентифікувати, вирішити та подолати їх.






До найбільш серйозних небезпек, які притаманні роботизованим системам відносять (таблиця 6.3):

- відсутність захищеної мережі що робить спілкування між роботами / машинами та людьми небезпечним і схильний до різних атак;
- відсутність належної автентифікації що призводить до несанкціонованого доступу із використанням стандартних імен користувачів та паролів, який може бути легко порушений даним зловмисником;
- відсутність конфіденційності що пов'язано з використанням слабких алгоритмів шифрування, які можна легко зламати, що призводить до перехоплення та виявлення роботочутливих даних та дизайнерські плани;
- відсутність конфіденційності може призвести до викриття ділових угод та торгів, які можуть вплинути на репутацію даної організації, та викриття співпраці між різними робототехнічними фірмами безпеки;

Таблиця 6.2 - Матриця оцінки професійних ризиків

Ступінь тяжкості наслідків захворювання (Н)		ЙМОВІРНІСТЬ (І)						
		Назва критерію ймовірності (частоти захворювання)						
Критерії категорії ступеню тяжкості інциденту		Позначення ступеня тяжкості (Н)	Високоймовірний	Імовірний	Рідкий	Малоймовірний	Практично неможливий	Неможливий
			Критерії ймовірності (частоти хронічних захворювань) (3х)					
			Небезпечна подія відбувається часто протягом розгляданого строку	Відбувається кілька разів протягом строку	Відбувається принаймні один раз протягом	Малоймовірно, але може відбутися протягом строку	Надзвичайно малоймовірно, що подія відбудеться протягом строку	Імовірність близька до нуля
			Позначення ймовірності (частоти інциденту)					
			A	B	C	D	E	F
КАТЕГОРІЯ ТЯЖКОСТІ НАСЛІДКІВ ЗАХВОРЮВАННЯ	Групова загибель людей	I	КН	КН	Н	Н	Н	ПП
	Загибель однієї людини, групові тяжкі травми, групові тяжкі професійні захворювання	II	КН	Н	Н	Н	ПП	ПП
	Тяжкі травми в однієї людини, травми середньої тяжкості у групи людей	III	Н	Н	Н	ПП	ПП	П
	Травми середньої тяжкості в однієї людини, легкі травми у групи людей,	IV	Н	Н	ПП	ПП	ПП	П
	Травма легкого ступеня тяжкості в однієї людини, незначні uszkodження у групи людей	V	ПП	ПП	ПП	ПП	П	П
	Незначні uszkodження в однієї людини, незначне нездужання в однієї людини, майже відсутня, низька шкода системі	VI	ПП	ПП	ПП	П	П	П
	Немає шкоди, травми, професійного захворювання, не завдано шкоди системі	VII	ПП	ПП	П	П	П	П

Таблиця 6.3 - Оцінка ризиків при взаємодії людини і роботизованої системи

№	Небезпеки	Небезпечна подія	Наслідки небезпечної події	Початковий ризик			Запобіжні заходи	Кінцевий ризик		
				Ймовірність	Важкість	Ризик		Ймовірність	Важкість	Ризик
1	<p>Недоліки аутентифікації, що може заблокувати, порушити та/або перервати його з'єднання через відсутність авторизації, навмисні аварії, помилкові дії, призведе до повної або часткової втрати керування роботом</p> 	<p>Конструктивні недоліки, недосконалість, недостатня надійність засобів виробництва</p>	<p>Важка травма інвалідність, через настання аварійної ситуації</p> 	С	Ш	Н	<p>Багатофакторна аутентифікації, використання біометричних даних, смарт-карт</p> 	Ф	Ш	П
2	<p>Фізична небезпека, потенційно небезпечна найближчий навколишній простір через дію рухомих частин роботів, переміщення інструментів, обробки заготовок</p> 	<p>Дія рухомих і таких, що обертаються, деталей обладнання, машин і механізмів</p>	<p>Важка травма інвалідність або смерть, через потрапляння в зону дії робота</p> 	С	Ш	Н	<p>Фізичний захист, застосування програми PhysicalLayerSecurity, яка дозволяє контролювати небезпечний простір дії робота і вимикати у випадку знаходження людини</p>	Ф	Ш	П

3	<p>Викрадення даних, шкідливе програмне забезпечення, фізичне / логічне втручання, зловмисне/шпигунське програмне забезпечення,</p> 	<p>Використання даних проти власника, аварійна ситуація</p>	<p>Психоемоційний, фізіологічний стрес, який пов'язаний об'єктивними змінами умов виробництва, крадіжкою даних; розвиток соматичних хвороби: гіпертонії, ішемічної хвороби серця, виразки шлунку</p> 	D	V	ПП	<p>Шифрування, захист від спуфінгу, фільтрація, сканування, використання модель IDS узагальнена точність покращеного дерева рішень перевершувала порівнювані алгоритми, подолання дуже високої частоти помилкових тривог, нечітких алгоритмів, Розробка проактивної кібербезпеки</p>	F	V	П
4	<p>Пошкодження програмного забезпечення, через залежність від хмарних сервісів і додатків сторонніх розробників і відкритого зв'язку, що призводить до виникнення вузьких місць у мережі, накладних витрат і затримок</p> 	<p>Незадовільне функціонування просторів, аварійна ситуація</p>	<p>Психоемоційний, фізіологічний стрес, який пов'язаний об'єктивними змінами умов виробництва, крадіжкою даних; розвиток соматичних хвороби: гіпертонії, ішемічної хвороби серця, виразки шлунку</p> 	D	V	ПП	<p>Резервне копіювання / навчання користувач, розробка прогностичної кібербезпеки для забезпечення більш високого рівня виявлення загроз набагато точнішою та своєчасною з найменшою частотою хибнопозитивних і хибнонегативних результатів</p> 	F	V	П

Помилкова фігурація та погане програмування які можуть зробити роботизовані системи та операційні системи нездатними виконувати заплановані завдання з необхідним рівнем точності, а отже, загрожуючи їх операторам-людям і погано впливає на функції програмного забезпечення.

Також існує небезпека відсутності вдосконалених рішень IDS також є головною проблемою, особливо коли покладається на систему виявлення вторгнень, яка або виявляє аномалію, поведінку або шаблон підпису даного шкідливого програмного забезпечення, а не покладається на вдосконалені гібридні та легкі рішення IDS на основі ШІ. те саме стосується використання медових банок.

Випробування на проникнення може призвести до порушення безпеки розгорнутих програм. Відсутність виправлень безпеки збільшує ймовірність базових та розширених атак, таких як викрадення конфіденційних даних, віддалений доступ та руткіт. Відсутність підготовки персоналу також є серйозною проблемою, оскільки персонал, що працює в роботодамені кодування, або як людський оператор, або як керівник ІТог, націлений на соціальну інженерію, зворотну інженерію та фішинг атаки. Відсутність співпраці людина-машина може вплинути на людську діяльність з точки зору праці, праці та продуктивності. Відсутність скринінгу працівників може призвести до внутрішньої атаки під керівництвом викривача, який витікає конфіденційні дані та викриває класифіковану інформацію та чутливі роботизовані деталі.

Робототехнічні системи схильні до різних вразливостей, що може вплинути на їх продуктивність з точки зору підключення, продуктивності, операцій та точності. У цій роботі представлено декілька уразливих місць, які є складними:

Вразливість мережі за відсутності або прийняття основних заходів безпеки, роботизовані системи вразливі до різноманітних дротових / бездротових зв'язків та атак на з'єднання, включаючи повторне відтворення, людину посеред, підслуховування ping, sniff, ng, spoo, fi, ng тощо.

Уразливість платформи включає відсутність постійних оновлень програмного забезпечення та програмного забезпечення, а також виправлень безпеки для підтримання безпечної сучасної роботизованої системи. Це призводить до також конфігурації та вразливості бази даних.

Вразливість коду програми, які не перевірені та не оцінені на предмет помилок кодування або сумісності, також можуть вплинути на продуктивність роботизованої системи. Отже, далі тестування по суті потрібно.

Погана практика вразливості включає поганий вибір заходів безпеки та засобів, а також відсутність кодування навички, які можна легко модифікувати, щоб викликати помилки або виконувати неправильні завдання.

Ці небезпеки можуть значно вплинути на працездатність інфраструктури, що переросте від економічних втрат до людських. Тому розглянуті небезпеки та спроби віднайти запобіжні заходи вже нині формують відповідне бачення у здобувачів освіти щодо експлуатації роботів, основою якого є захист від будь-яких можливих кібервпливів.

Для запобігання нещасних випадків серед працівників і забезпечення ефективної роботи системи управління охороною праці на підприємствах важливо сформувати у усвідомлене ставлення до безпеки праці. Встановлено, що для формування безпекових компетенцій потрібно(є) стимулювання розвитку відповідних психічних (психомоторних) процесів працівників за рахунок формування (замість «формування» «набуття, вивчення») ситуаційної обізнаності, що (яка) передбачає формування («формування» викидаємо «безумовне») усвідомленого ставлення до безпеки праці на робочому місці, формування (замість «формування» «розвиток») навичок для виявлення потенційних небезпек та пошуку і обґрунтування подальших дій.

6.2 Розробка систем для підвищення безпеки роботизованих систем

Захист роботизованих систем вимагає врахування програмного аспекту роботів. Отже, важливо забезпечити, щоб виправлення програмного забезпечення завжди оновлювались, захищались та завжди контролювались та

перевірялись на наявність будь-якої підозрілої діяльності. З метою захисту програмного забезпечення можна ввести загальну стандартизовану ОС, таку як NuttX OS. Це запобігає використанню програмного забезпечення та зменшує ймовірність атаки. Однак також рекомендується додати процес автентифікації для захисту роботів. Більше того, використання механізмів автентифікації та шифрування повідомлень допомагає забезпечити безпечний зв'язок між роботами та їх системами управління.

Захист додатків Важливо обмежити, зменшити та подолати ймовірність того, що програма потрапить під загрозу будь-якої можливої кібератаки. Для цього вкрай потрібно буде розробити чітко побудований, чітко визначений та надійно захищений код програми, який запобігає можливому використанню коду. Таким чином, це робить систему управління роботами менш схильною до введення зловмисного коду або спроб (и) модифікації. Більше того, перед розробкою будь-якої програми кожна програма повинна пройти фазу тестування безпеки, щоб виявити будь-яку можливу вразливість та / або прогалину в безпеці, яку можна знайти та виявити. Це допомагає, зменшуючи та запобігаючи подальшій експлуатації та майбутнім кібератакам.

Випуск системи робототехніки триває вже деякий час, ще на етапі проектування. Однак останнім часом все більше проливається світ на подолання цього обмеження з акцентом на те, як забезпечити захист програмного, апаратного забезпечення та зв'язку роботизованої системи. Було проаналізовано кіберфізичну загрозу безпеці, спрямовану на комунікаційний зв'язок між платформами “AdeptMobileRobots” та їх клієнтами. Автори проаналізували існуючі вразливості на комунікаційному каналі, що використовується робототехнічними програмами. Згодом автори націлювались на цілісність, доступність та конфіденційність, використовуючи підхід, орієнтований на вплив. Це було зроблено слідуючи шаблону оцінки ризику змагальності Національного інституту стандартів і технологій (NIST). Автори розробили інструмент RobotAttackTool (RAT) з відкритим кодом. Більше того, рівень ризику їхніх атак був якісно оцінений із встановленими фізичними

наслідками. Мета авторів - покращити як безпеку, так і безпеку роботизованого платформінгу, підвищуючи обізнаність та покращуючи розуміння нових загроз. Більше того, що стосується оцінки ризику, було представлено всебічне опитування існуючих конструкцій та досліджень з оцінки ризиків, які враховували як безпеку, так і безпеку промислової інфраструктури. Маклін та ін. представив новий метод, який визначає ризики, що оточують систему мобільного агента тем.

Таблиця 6.4 - Пропоновані системи захисту

Операції:	Виробники:	Інтегратори:
- Розробити план реакції інциденту	- Огляд роботичної безпеки та дизайну / тестування;	- Огляд вразливості дизайну;
- Огляд програмних оновлень/ патчів	- Моделювання загрози;	- Огляд пристрою / кодування системи;
- Підвищення обізнаності / навчання	- Тестове проникнення/ вразливість ідентифікації;	- Виконання тестування робочих органів;
- Розширена ідентифікація/ скринінг користувача	- Огляд плану відповідності на безпеку (и);	- Визначення уразливості програмного забезпечення;
- Зрозуміти заходи безпеки	- Огляд програмного забезпечення/ Оновлення ОС / Патч	- Огляд / запропонувати відповідну безпеку для контролю.
- Дотримуватися законів		

Аналіз базувався на спільному методі співпраці на основі керівних слів HAZOP (HAZard OPeability), який застосовувався до моделей уніфікованої мови моделювання (UML). Цей представлений підхід до оцінки ризику був застосований до допоміжного робота, який надавав допомогу для вставання, присідання та ходьби та моніторингу стану здоров'я.

6.3 Розрахунок освітлення

Розрахунок освітлення проводимо в кімнаті оператора по керуванню роботизовано системою яка наведена на рис. 6.1.

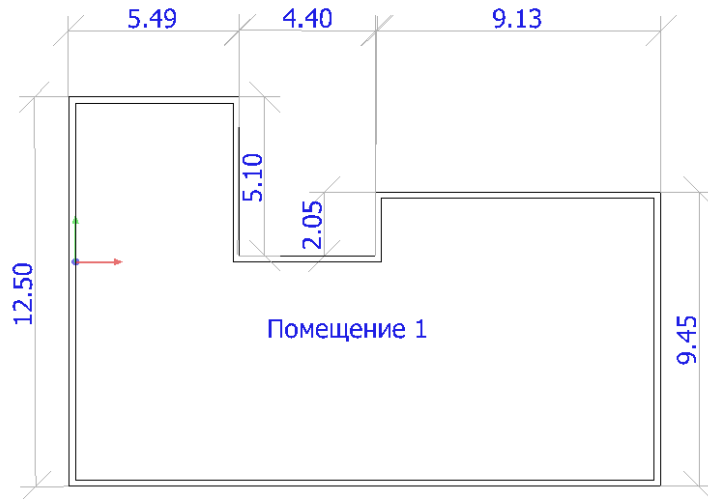


Рисунок 6.1 - Геометричні розміри приміщення

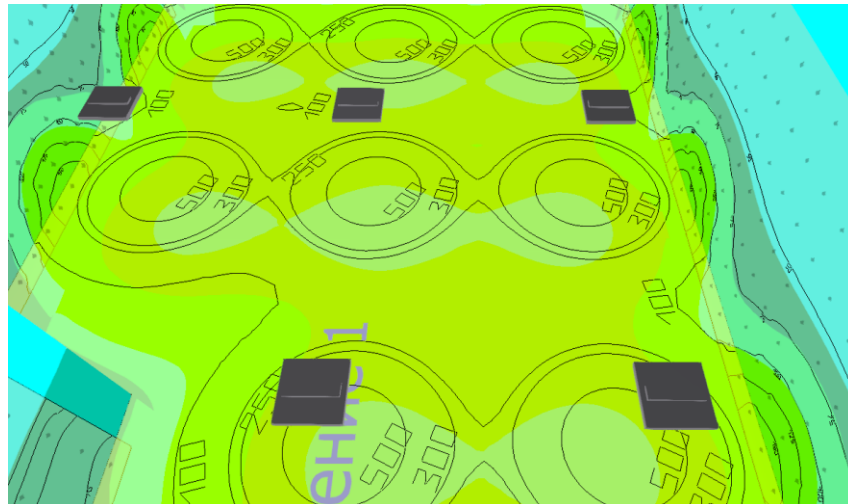


Рисунок 6.2 - Розрахунок освітлення від зверху

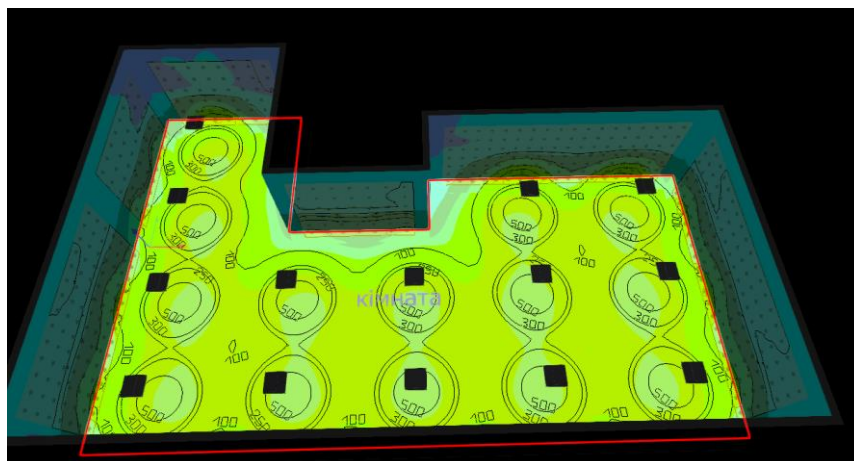


Рисунок 6.3 - Оцінка освітленості на робочій поверхні

Було обрано світлодіодну лампа Maxusassist T8 PRO 14W 840 1200mm PL v2 – це сучасна якісна альтернатива стандартним люмінесцентним лампам T8. Лампа надійна та екологічно безпечна, включається без затримок, випромінює рівне світло без мерехтінь, точно передає відтінки навколишніх предметів і при цьому економить електроенергію.

Ця модель проста і комфортна в експлуатації, встановлюється в растровий або магістральний світильник і може використовуватися для загального освітлення громадських, адміністративних і торгових просторів.

Технічні характеристики Maxusassistance T8 PRO 14W 840 1200mm PL v2

Категорії	G13
Світловий потік, Lm	1960
Номінальна потужність, Вт 1	4
Температура експлуатації, С	від -20 до +40
Термін гарантії	36
Індекс кольору (Ra)	>80
Клас енергоспоживання	A++
Діапазон робочої напруги	150-260
Тип цоколя	G13
Діаметр, мм	29
Матеріал корпусу	Пластик
Коефіцієнт потужності (PF)	0.90
Форм-фактор	T8
Ступінь захисту від вологи	IP20
Аналог лампи розжарювання	200
Колір корпусу	білий
Напруга, V	220
Комплект поставки	Світильник, документація, упаковка
Сила струму, mA	70
Кут розсіювання, °	210

Світлова віддача, Lm/W	140
Довжина, мм	1200
Температура світла,	4000

6.4 Безпека у надзвичайних ситуаціях

У розділі проводилось моделювання вибуху балону з морфоліном, вхідні дані та результати моделювання наведені на рис. 4

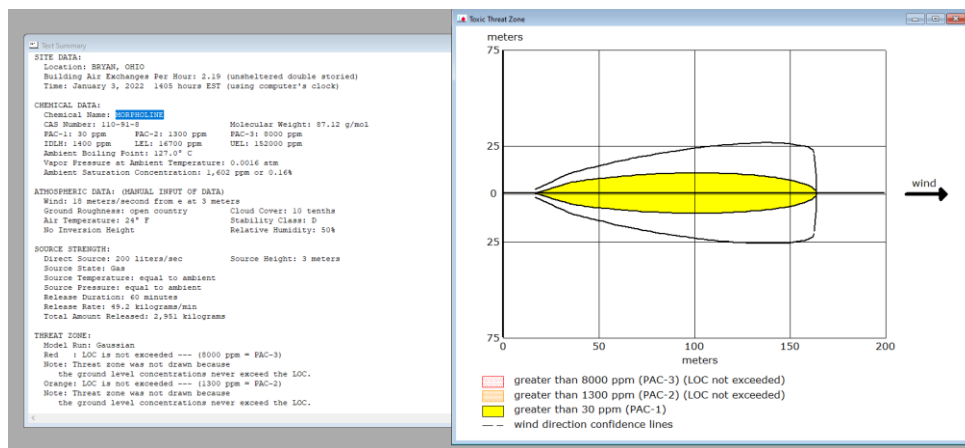


Рисунок 6.4 - Оцінка вибухової хвилі балону з морфоліном

Настпний етап передбачав візуалізацію вибухової хвилі на 3D мапі, яка наведена на рисунок 6.5.



Рисунок 6.5 - Вибухова хвиля

Характеристики морфоліну наведені на рисунку 6.6

Морфолін		ICSC : 0302 (Листопад 2006)	
ТЕТРАПІВРОКСАЗИН-1,4 CAS #: 110-91-8 UN #: 2054 EINECS #: 203-815-1			
ОСОБЛИВІ НЕБЕЗПЕКИ		ПРОФІЛАКТИЧНІ ЗАХОДИ	
ПОЖЕЖА І ВИБУХ	Займисте. При пожежі виділяє подразнюючі або токсичні пари (або газу). При температурі, що перевищує 35°C, можуть утворюватися вибухонебезпечні суміші пари з повітрям.	НЕ використовувати відкритий вогонь. НЕ допускати утворення іскор. НЕ КУРИТИ. При температурі понад 35°C застосовувати замкнуту систему вентиляцію та вибухозахищене електричне обладнання.	Використовувати розпилену воду, порошок, спиртостійку піну, двокоміс вуглецю. У разі пожежі: охолоджувати бочки тощо, розпорозуючи воду.
НЕ ДОПУСКАТИ ОСВІТИ ТУМАНУ! УБІГАТИ БУДЬ-ЯКИХ КОНТАКТІВ! У ВСІХ ВИПАДКАХ ЗВЕРНУТИСЯ ДО ЛІКАРЯ!			
СИМПТОМИ		ПРОФІЛАКТИЧНІ ЗАХОДИ	
Вдихання	Відчуття ледення. Кашель. Утруднене дихання. Плуване дихання. Симптоми можуть виявлятися пізніше. Див. примітки.	Застосовувати вентиляцію, місцеву витяжку чи засоби захисту органів дихання.	Свіже повітря, спокій. Налісидичне становище. Може знадобитися штучне дихання. Звернутися за медичною допомогою. Див. Примітки.
Шкіра	МОЖЕ АБСОРБУВАТИСЯ. Почервоніння. Біль. Опіки шкіри. Пухирі.	Захисні рукавички. Захисний одяг.	Зняти забруднений одяг. Промити шкіру великою кількістю води або прийняти душ. Звернутися за медичною допомогою.
Очі	Почервоніння. Біль. Помутніння зору. Сильні глибокі опіки.	Використовувати маску для обличчя або засоби захисту очей у комбінації із засобами захисту органів дихання.	Насамперед промити великою кількістю води протягом декількох хвилин (зняти контактні лінзи, якщо це можливо зробити без труднощів), потім звернутися за медичною допомогою.
Проковтування	Біль в животі. Відчуття печення. Кашель. Дарєя. Нудота. Шок чи сильна слабкість. Блювота.	Не приймати їжу, напої та курити під час роботи.	Прополоскати рота. Дати випити одну або дві склянки води. НЕ викликати блювання. Звернутися за медичною допомогою.
ЛІКВІДАЦІЯ ВИТОКІВ		КЛАСИФІКАЦІЯ ТА МАРКУВАННЯ	
Індивідуальний захист: повний комплект одягу, включаючи автономний дихальний апарат. Янайшвидше зібрати проливу рідину в ємності, що закриваються. Видалити рідину, що залишилася, за допомогою піску або інертного сорбенту. Потім зберігати та утилізувати відповідно до місцевих правил.		Згідно з критеріями СМР ООН	
ЗБЕРІГАННЯ		Транспортування	
Забезпечити вогнестійкість. Окремо від сильних окисників та кислот. Зберігати сухим.		Класифікація ООН	
Упаковка		Клас небезпечі ООН: 8. Додаткові ризики щодо ООН: 3. Група упаковки ООН: 1	

Рисунок 6.6 - Характеристики морфоліну

На рисунку 6.7 наведені фізичні властивості морфоліну а також симптоми дії його на організм.

Морфолін		ICSC : 0302	
ФІЗИЧНІ ТА ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ			
Агрегатний стан; зовнішній вигляд БЕЗПЕЧНИЙ БІЛІЙД БЕЗВІДЬНА ГІГРОСКОПІЧНА РІДИНА З ХАРАКТЕРНИМ ПАРОМ.	Формула: C ₄ H ₉ NO Молекулярна маса: 87,1 Температура кипіння: 129°C Температура плавлення: -5°C Відносна щільність (вода = 1): 1,0 Розчинність у воді: змінюється Тиск пари, кПа при 20°C: 1,06 Питома густина парів (воздух = 1): 3,00 Относительная плотность смеси пара и воздуха при 20°C (воздух = 1): 1,01 Температура вогнища: 35°C cc Температура самовоспалення: 310°C Предель взрываемости, % в объеме воздуха: 1,4-11,2 Коэффициент распределения октанол-вода (Log Pow): -0,86		
Фізичні небезпечності Хімічна небезпечність Розкладається при горінні. Утворює токсичні летілі сполуки оксиди азоту та оксиду вуглецю. Речовина є середньою основою. Реагує із сильними окислювачами. Приводить до появи небезпечних пожежі. Розпадає: пластики, гуму та покриття. Нестабільно при зберіганні у мідних або цинкових контейнерах.			
ВПЛИВ НА ОРГАНІЗМ І ЕФЕКТИ ВІД ВПЛИВУ			
Шляхи впливу Речовина може проникати в організм при вдиханні, через шкіру та прийомі всередину.	Ризик вдихання Необезпечний рівень забруднення повітря можна досягти досить швидко при випаровуванні цієї речовини при 20°C.		
Ефекти від короточасного впливу Речовина розпадає очі, шкіру та дихальні шляхи. (для речовин при прийомі внутрішньо). Вдихання пари може спричинити набряк легень. Див. Примітки	Ефекти від тривалого або повторюваного впливу Речовина може впливати на печінку та нирки.		
Гранично-припустимі концентрації			
TLV: 20 ppm як TWA (шкіра), A4 (не класифікується як канцероген для людини). 3 МАК: 36 mg/m ³ , 10 ppm, категорія обмеження пікової дії: (I2); група ризику для вагітності: D. 3 EU-OEL: 36 mg/m ³ , 10 ppm як TWA, 72 mg/m ³ , 20 ppm як STEL.			
ДОВКІЛЛЯ			
ПРИМІТКИ			
Залежно від рівня впливу, рекомендується періодичне медичне обстеження. Симптоми набряку легень часто не виявляються, доки міне кілька годин, і вони посилюються фізичними зусиллями. Тому дуже важливі відпочинок та медичне спостереження. Слід розглянути можливість негайного проведення інгаляційної терапії лікарем або уповноваженою на це особою.			

Рисунок 6.7 - Фізичні та хімічні властивості

Враховуючи симптоми необхідно застосувати наступні заходи першої допомоги:

- викликати швидко медичну допомогу;
- особи, які надають першу допомогу, повинні використовувати індивідуальні засоби захисту органів дихання і шкіри;
- свіже повітря, спокій, тепло, чистий одяг;

- дати вдихати амлінітрит (декілька крапель на ватці), а при зупинці дихання зробити штучне дихання;
- дати пити розчин повареної солі (1 столова ложка на 1 склянку води), викликати блювання, активоване вугілля у великій кількості;
- шкіру промити водою з милом, очі промити водою.

6.5 Висновки по розділу

У розділі проведено аналіз небезпек і ризиків під час роботи з роботизованою системою, проведено аналіз заходів для підвищення безпеки роботизованих систем, зроблено розрахунок освітлення в кімнаті оператора по керуванню роботизованою системою, розглянуто питання пожежної профілактики та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи складено висновки:

Для системи керування машиною для зволоження зерна марки А1-БШУ-1 обрано комплекс технічних засобів на базі мікропроцесорного контролера VIPA 200 та програмний комплекс SCADA системи Zenon, виконано розробку необхідних технічних документів.

Для процесу підготовки зерна пшениці для помолу по каналу керування «Положення клапану подача води – вологість зерна» передаточна характеристика являє собою аперіодичну ланку першого порядку з запізненням. Дослідження за допомогою П-образного впливу показало симетричність моделі, та відсутність інтегруючої складової. Дослідження об'єкту графічним методом по вихідній характеристиці після подачі вхідного сигналу визначило наступні характеристики: час наростання дорівнює приблизно 67 с., час встановлення складає приблизно 92 с., перерегулювання відсутнє.

Для процесу підготовки зерна для помолу по каналу положення клапана подачі води – вологість зерна після проведеного дослідження передавальної характеристики, було отримано модель системи керування, визначено структуру та параметри регулятора, оцінено роботу системи згідно з висунутими критеріями, визначено допустиму межу зміни коефіцієнту «К» при впливі збурення на вихідний параметр системи керування.

Дія збурення на вихідний параметр системи керування має вплив, та залежить від знаку та значення збурення. Для об'єкту керування з коефіцієнтом «К» -40 % збурення критично впливає на вихідний параметр при негативному знаку зі значенням 0,4 % та більше. Позитивне значення збурення не впливає на вихідний параметр, завдяки властивостям об'єкту керування (присутність редуктора, обмежуючого тиск в каналі подачі води).

Дія збурення на вихідний параметр системи керування має вплив, ще більше при зниженні коефіцієнту «К» об'єкту керування. Критичне значення коефіцієнту «К» сягає -40 %. Вже при цьому значенні коефіцієнту «К» система

керування не має запасу стійкості при впливі негативного збурення на вихідний параметр, що зобов'язує виконати заново розрахунок параметрів регулятора.

На базі безперервної моделі системи керування розроблена цифрова модель системи керування. З моделі відокремлені модель об'єкта керування та модель регулятора. За допомогою стандартних засобів математичного пакета MATLAB отримані програмні модулі, які реалізують об'єкт керування та регулятор на мові програмування StructuredText.

На базі програмних модулів розроблено програмне забезпечення системи керування для програмованого логічного контролера VIPA на базі Zenon Logic що входить до складу SCADA системи Zenon. В SCADA системі Zenon розроблено людино машинний інтерфейс, який містить відображення інформації про технологічний процес, зміну вологості зерна, хронологічний список подій та інформаційний список тривоги.

При впровадженні проекрованої системи капітальні витрати складають 24,6 тис. грн. Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи 34,8 тис. грн. Проте, очікується додатковий прибуток у розмірі 16,3 тис. грн та дуже швидкий термін окупності 0,4 року.

Виходячи з отриманих результатів, та звертаючи увагу на досить великий коефіцієнт ефективності, що дорівнює 2,5, можна зробити висновок, що впровадження проекрованої комп'ютеризованої системи економічно вигідно

Розглянуті та проаналізовані шкідливі та небезпечні чинники, на робочому місці. Розроблені інженерно-технічні заходи щодо запобігання або зменшення впливу шкідливих та небезпечних чинників, а також питання пожежної профілактики та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. СВО ЯРМУ НМЗ-05. Нормативно-методичне забезпечення Навчальний процес / Упоряд.: В.О. Салов, Т.В. Журавльова, О.М. Кузьменко та ш. -Д.: Національний Гірничий університет, 2005 р. - 138 с.
2. ГОСТ 34.003-90. Інформаційна технологія. Комплекс стандартів на автоматизовані системи. Автоматизовані системи. Терміни, і визначення. - М.: Держстандарт, 1992 р. - 54 с.
3. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теорії автоматичного керування для студентів напрямку підготовки «Комп'ютерна інженерія» / Укл.: О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – С. 35-72 – Режим доступу: <https://goo.gl/nUMtFE>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
4. Аналіз ринку борошна в Україні. Офіційний сайт консалтингової компанії AR-group. URL: <https://ar-group.kiev.ua/vypolnennye-proekty/item/10-analiz-rynka-muki-v-ukraine-2015//>
5. ДБН В.2.5-28:2016, Природне і штучне освітлення, Мінбуд України, 2016р. – 10 с.
6. ГДК та ОБРД – Мінкобезпеки України, 2000 р. – 4 с.
7. Гігієнічна класифікація праці - МОЗ України, 2014 р. – С. 2-6
8. Демский А.Б. і ін. Довідник по встаткуванню зернопереробних підприємств. М."Колосся", 1970, 432 с.
9. Демский А.Б. і ін. Устаткування для виробництва борошна й крупи. М. Агропромиздат, 1990.
10. Соколов А.Я й ін. Технологічне встаткування підприємств по зберіганню й переробки зерна. М. "Колосся", 1984.
11. Соколов А.Я. і ін. Основи розрахунків і конструювання машин і автоматів харчових виробництв. М. Машинобудування, 1969.
12. Трисвятский Н.А. і ін. Зберігання й технологія сільськогосподарських продуктів. М. Агропромиздат, 1991.

13. Егоров Г.А. Технологія борошна, крупи й комбікормів. М. “Колосся”, 1984, 376 с.
14. Егоров Г.А. Технологія й устаткування борошномельно-круп'яного й комбікормового виробництва. М. “Колосся”, 1979, 368 с.
15. Демский А.Б. і ін. Комплексне встаткування борошномельних заводів. М. Агропромиздат, 1985, 216 с.
16. Цециновский В.Н., Птушкин Г.Е. Технологічне встаткування зернопереробних підприємств. М. “Колосся”, 1976, 368 с.
17. Мерко І.Т. Технологія борошномельного й круп'яного виробництва. М. Агропромиздат, 1985, 288 с.
18. Гаметский Р.Р. Устаткування зернопереробних підприємств. М. Агропромиздат, 1990, 271 с.
19. Романів А.І., Тихомиров Е.П. Практикум по встаткуванню підприємств по зберіганню й переробці зерна. М. “Колосся”, 1981, 145с
20. Правила улаштування електроустановок. Київ 2017, 617с
21. Правила пожежної безпеки в Україні. НАПБ А.01-001-2015 Із змінами і доповненнями, внесеними наказом Міністерства внутрішніх справ України від 15 серпня 2016 року № 810 від 31 липня 2017 року № 657 (редакція діє з: 03.10.2017)
22. <http://uga.ua/calendar/forum-zernopererobnikiv-2018/>

ДОДАТОК А

Програмні модулі системи керування

А.1 Модуль об'єкта керування

Name	Type	Properties	Dim.	Attrib.	Syb.	Init value
Object						
u	LREAL			IN	<input type="checkbox"/>	
bo_Output	LREAL			OUT	<input type="checkbox"/>	
DiscreteTransferFcn_states	LREAL				<input type="checkbox"/>	
Delay_DSTATE	LREAL		[0.....		<input type="checkbox"/>	
idxDelay	DINT				<input type="checkbox"/>	
i	DINT				<input type="checkbox"/>	
Global variables						
RETAIN variables						


```

Object
VAR_INPUT
  u : LREAL ;
END_VAR
VAR_OUTPUT
  bo_Output : LREAL ;
END_VAR
VAR
  DiscreteTransferFcn_states : LREAL ;
  Delay_DSTATE : ARRAY [0 .. 47] OF LREAL ;
  idxDelay : DINT ;
  i : DINT ;
END_VAR
  
```

А.2 Модуль регулятора

Name	Type	Properties	Dim.	Attrib.	Syb.	Init value	User Group
Controller							
bi_Input	LREAL			IN	<input type="checkbox"/>		
bo_Output	LREAL			OUT	<input type="checkbox"/>		
rtb_Kp1	LREAL				<input type="checkbox"/>		
Global variables							
RETAIN variables							


```

Controller
VAR_INPUT
  bi_Input : LREAL ;
END_VAR
VAR_OUTPUT
  bo_Output : LREAL ;
END_VAR
VAR
  rtb_Kp1 : LREAL ;
END_VAR
  
```

ДОДАТОК Б

Програмне забезпечення системи керування

Б.1 Програмне забезпечення об'єкта керування

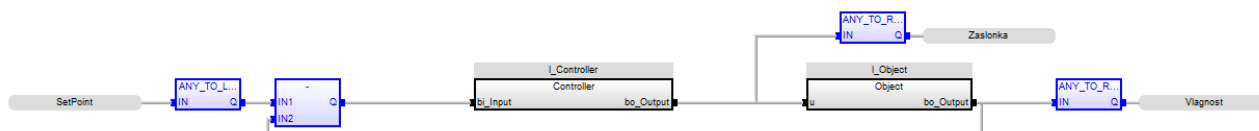
Б.1.1 Список програм

[FBD] Main (* Основна програма *)

[ST] Object (* Об'єкт керування *)

[ST] Controller (* Засіб керування *)

Б.1.2 Основна програма



```
(* Output: '<Root>/bo_Output' incorporates:
 * Constant: '<S1>/Температура окружающей среды'
 * Delay: '<S1>/Delay'
 * Sum: '<S1>/Sum3' *)
bo_Output := Delay_DSTATE[0] + LREAL#3.0;

(* Update for Delay: '<S1>/Delay' incorporates:
 * DiscreteTransferFcn: '<S1>/Discrete Transfer Fcn' *)
FOR idxDelay := 0 TO 46 DC
    Delay_DSTATE[idxDelay] := Delay_DSTATE[idxDelay + 1];
END_FOR;
Delay_DSTATE[47] := LREAL#1.155735304437297E-5 * DiscreteTransferFcn_states;
(* End of Update for Delay: '<S1>/Delay' *)

(* Update for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Discrete Transfer Fcn' incorporates:
 * Update for Inport: '<Root>/bi_Input' *)
DiscreteTransferFcn_states := u - (LREAL#-0.999422132347781 * DiscreteTransferFcn_states);
```

Б.1.4 Засіб керування

```
(* Gain: '<S1>/Kp=1' incorporates:
 * Inport: '<Root>/bi_Input' *)
rtb_Kp1 := LREAL#1037.0 * bi_Input;
(* Saturate: '<S1>/0-100 %1' *)
IF rtb_Kp1 >= LREAL#100.0 THEN
    (* Output: '<Root>/bo_Output' *)
    bo_Output := LREAL#100.0;
ELSIF rtb_Kp1 > LREAL#0.0 THEN
    (* Output: '<Root>/bo_Output' *)
    bo_Output := rtb_Kp1;
ELSE
    (* Output: '<Root>/bo_Output' *)
    bo_Output := LREAL#0.0;
END_IF;
(* End of Saturate: '<S1>/0-100 %1' *)
```

Б.1.5 Перелік змінних

Globalvariables

TempAir

REAL

Embedded: <Symbol>

uTempAir

REAL

Embedded: <Symbol>

ValvePotok

REAL

Embedded: <Symbol>

Main

l_Controller

Controller

l_Object

Object

Controller

bi_Error

REAL

bo_Output

REAL

u_states

REAL

u_DSTATE

REAL

rtb_Saturation1

REAL

rtb_u

REAL

u_tmp

REAL

Object

bi_Input

REAL

bo_Output

REAL

u1_states

REAL

u1_states_h

REAL

Delay2_DSTATE

REAL [0..269]

k

DINT

i

DINT

u1

REAL

ДОДАТОК В

Програмне забезпечення людино-машинного інтерфейсу

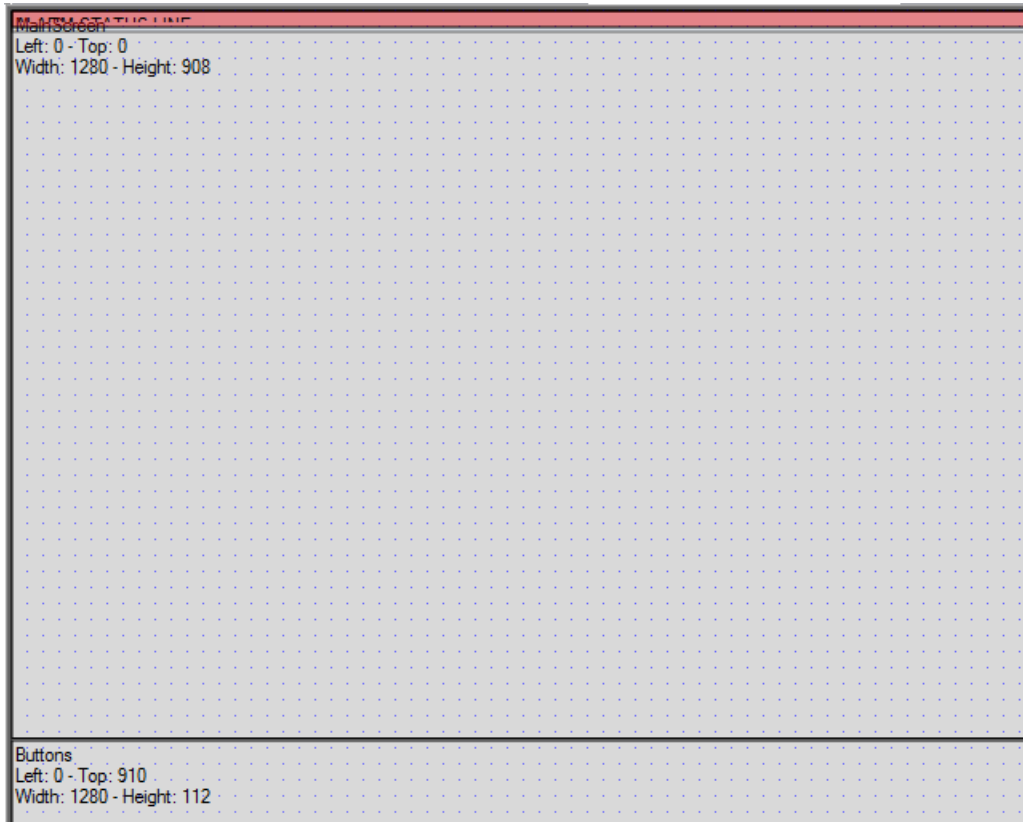
В.1 Драйвера

State	Identification	Description	File name
Filter text	Filter text	Filter text	Filter text
	Driver for internal variables		Intern
	Driver for mathematics variables		MATHDR32
	Driver for system variables		SYSDRV
	VIPA		S7TCP32

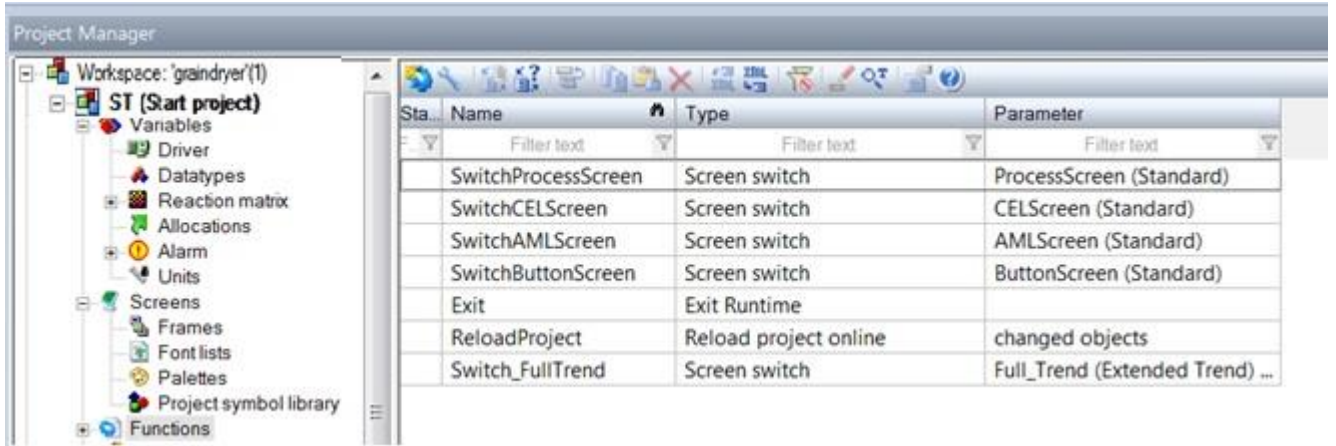
В.2 Перелік змінних

Name	Type	Properties	Dim.	Attrib.	Syb.	Init value	User Group	Tag
Main								
I_Controller	Controller				<input type="checkbox"/>			
I_Object	Object				<input type="checkbox"/>			
Global variables								
SetPoint	REAL	<syb>			<input checked="" type="checkbox"/>			Устав...
Vlagnost	REAL	<syb>			<input checked="" type="checkbox"/>			Волог...
Zaslonka	REAL	<syb>			<input checked="" type="checkbox"/>			Засу...
RETAIN variables								

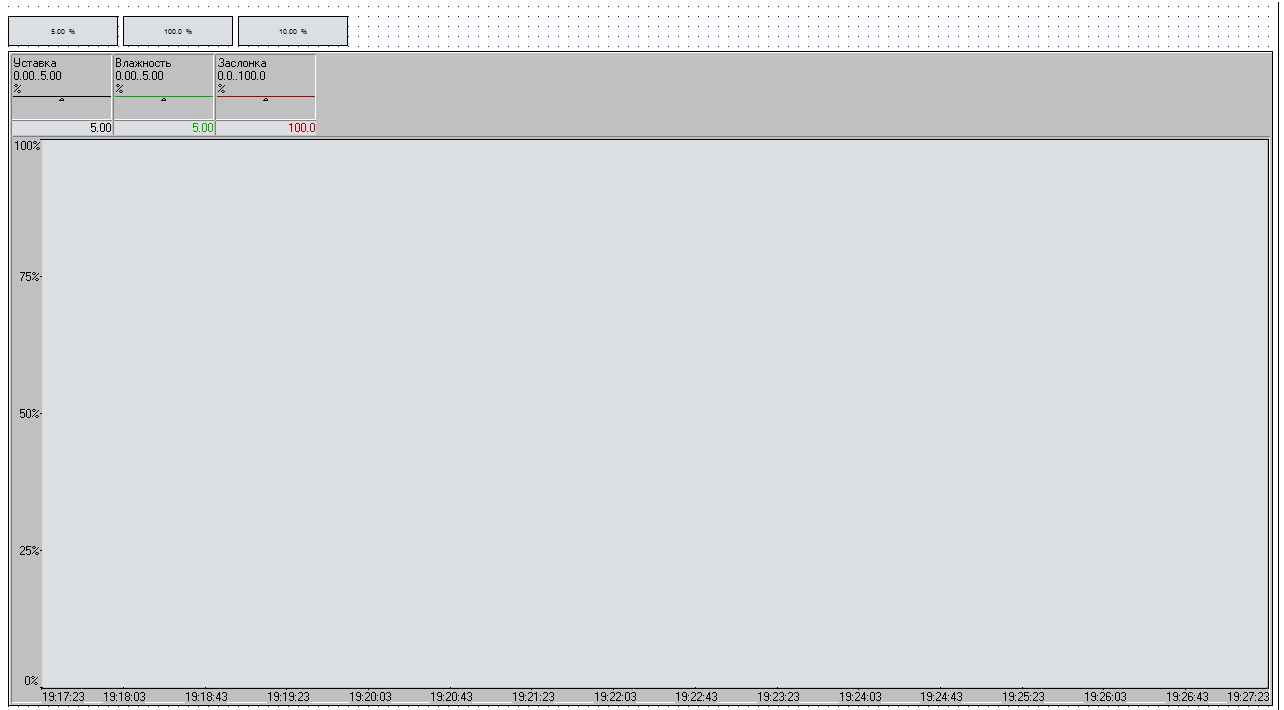
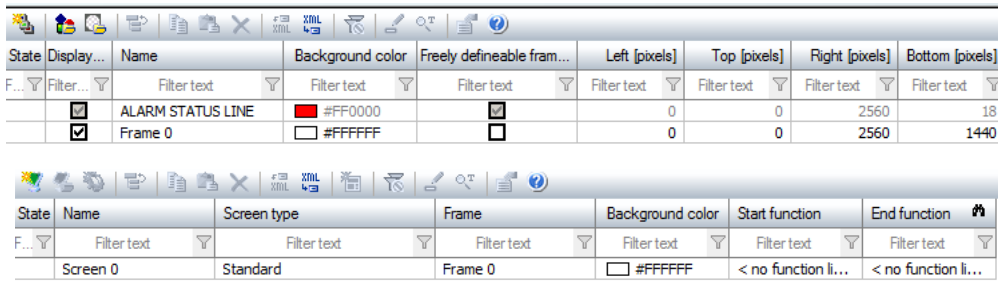
В.3 Шаблони зображень

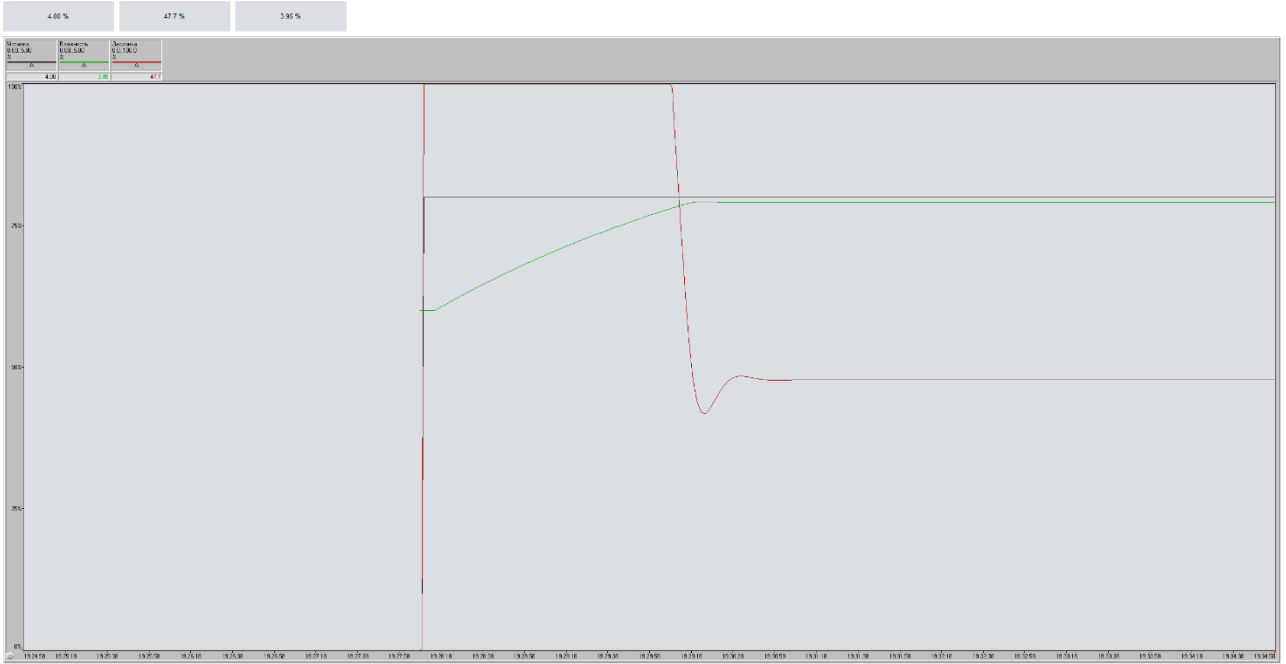


В.4 Функції



В.5 Зображення





ВІДГУК

**на кваліфікаційну роботу ступеню магістра
на тему: “Дослідження та синтез системи автоматичного керування
процесом підготовки зерна к помолу”**

студента групи 151м-20-1

Господицько Олега Ігоровича

Тема кваліфікаційної роботи актуальна і безпосередньо близька професійній діяльності магістра спеціальності 151 “Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”.

Оригінальність роботи полягає в отриманні моделі впливу збурення на вихідний параметр системи керування процесу підготовки зерна пшениці до помолу по каналу положення клапана подачі води – вологість зерна, що дозволяє визначити межове значення коефіцієнта «К» об'єкту керування як межу стійкості розробленої системи керування машиною для зволоження зерна марки А1-БШУ-1.

Студент виконав роботу з добрим ступенем самостійності підтримуючи консультації з керівниками розділів. Праця студента над кваліфікаційною роботою підтвердила достатність знань та навиків з даної галузі знань. В цілому кваліфікаційна робота заслуговує оцінку «добре» за умови відповідного захисту, а студент Господицько О.І. присвоєння йому кваліфікації «магістр» за спеціальністю 151 “Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”.

Керівник кваліфікаційної роботи, доцент

К. В. Соснін

20.12.2021

ВІДГУКИ ПО РОЗДІЛАМ ТА ПІДРОЗДІЛАМ

