

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий
інститут електроенергетики
(інститут)

Факультет інформаційних технологій
(факультет)
Кафедра інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра

здобувача Ковалевського Артура Михайловича
(ПІБ)
академічної групи 123-22ск-1
(шифр)
спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія
(код і назва спеціальності)
за освітньо-професійною програмою Комп'ютерна інженерія
(офіційна назва)
на тему «Кіберфізична система обліку габаритних характеристик посилок до 30 кг на конвеєрі»

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	доц.Ткаченко С.М.			
спеціальної частини	доц.Ткаченко С.М.			

Рецензент				
-----------	--	--	--	--

Нормоконтролер	проф. Цвіркун Л.І.			
----------------	--------------------	--	--	--

Дніпро
2025

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
інформаційних технологій
та комп'ютерної інженерії
(повна назва)

Гнатушенко В.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

" " 2025 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавр

здобувача Ковалевського А.М. академічної групи 123-22ск-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія

за освітньо-професійною програмою Комп'ютерна інженерія
(офіційна назва)

на тему «Кіберфізична система обліку габаритних характеристик посилок до
30 кг на конвеєрі»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 05.05.2025 № 336-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання і постановка задачі	На основі матеріалів виробничих практик, інших науково-технічних джерел показати актуальність завдання, сформулювати мету та задачі виконання кваліфікаційної роботи	10.02.2025
Розробка блоку вимірювання габаритів	Розробити технічні вимоги до КФС. Виконати технічне проектування апаратної частини КФС системи з необхідними інженерними розрахунками	20.04.2025
Розробка програмного забезпечення системи	Обґрунтувати технічні характеристики програми й розробити програму збору даних від дачиків LiDAR	31.05.2025

Завдання видано _____
(підпис керівника)

доц. Ткаченко С.М.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 25.01.2025

Дата подання до екзаменаційної комісії 10.06.2025

Прийнято до виконання _____

Ковалевський А.М.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 62 с., 18 рис., 2 табл., 2 дод., 21 джерело.

ГАБАРИТИ, ПОСИЛКА, СОРТУВАЛЬНИЙ КОНВЕЄР, LiDAR, ВИМІРЮВАЛЬНІ ВОРОТА, КУТ ВІХИЛЕННЯ, ПРОЄКЦІЇ, СИСТЕМА ОБЛІКУ, PROFINET.

Об'єкт професійної діяльності – система обліку габаритних характеристик посилки до 30 кг.

Мета роботи – розробка кіберфізичної системи вимірювання, збереження, відображення і надання по запити даних з габаритних характеристик посилки масою до 30 кг.

Здійснено огляд існуючих різновидів відправлень, конструкцій і габаритів упаковок, методів безконтактного вимірювання розмірів. побудову і принцип роботи камерної сушарки СКП-6. Обґрунтовано метод безконтактного вимірювання відстаней за допомогою датчиків типу LiDAR. Сформульовано технічні вимоги до системи, яка має виконувати наступні функції:

- детектування наявності посилки і вимірювання відстаней до поверхонь коробки посилки з приведенням даних вимірювань відстаней до міліметрів;
- розрахунок лінійних проєкцій на осі горизонтальної площі та визначення кута відхилення граней посилки від координатних базисних осей;
- розрахунок висоти, довжини й ширини посилки;
- відображення поточних даних на інтерфейсі оператора, збереження даних вимірювання габаритів посилки у базі даних протоколу процесу й надання їх зовнішнім системам обліку.

Розроблено технічне й програмне рішення, яке задовольняє поставленим вимогам. Результати роботи можуть бути використані для побудови систем обліку габаритних характеристик посилки на підприємствах, що вирішують задачі послуг поштових доставок, перевезень, планування логістики.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів	6
Вступ	7
1 Стан питання і постановка задачі	8
1.1 Значення систем контролю температури для сушки кукурудзи в початках	8
1.2 Характеристика, структура, особливості, умови роботи об'єкту впровадження	8
1.3 Огляд існуючих методів, технологій, аналогів систем вимірювання габаритів посилок	14
1.4 Обґрунтування напрямку вирішення задачі розробки системи обліку	20
1.5 Мета і задачі і роботи	22
2 Розробка блоку вимірювання габаритів	23
2.1 Технічні вимоги до об'єкту професійної діяльності	23
2.1.1 Найменування і призначення об'єкту професійної діяльності	23
2.1.2 Вимоги до структури і функціонування об'єкту професійної діяльності	23
2.1.3 Вимоги до показників призначення	24
2.2 Розробка апаратної частини	25
2.2.1 Розробка функціональної схеми автоматизації	25
2.2.2 Розробка принципової схеми системи керування	27
2.2.2.1 Розрахунок параметрів аналого-цифрового перетворення	27

2.2.2.2	Аналіз входів і виходів об'єкту професійної діяльності	28
2.2.2.3	Вибір елементної бази системи	34
2.2.2.4	Вибір джерел живлення	39
2.2.2.5	Розробка принципової схеми системи	40
3	Розробка програмного забезпечення системи	42
3.1	Призначення і сфера застосування програмного забезпечення ...	42
3.2	Обґрунтування технічних характеристик програми	42
3.2.1	Функції, виконувані програмою	42
3.2.2	Вимоги до функцій, виконуваних програмою	43
3.2.3	Обґрунтування вхідних і вихідних даних ПЗ	43
3.2.4	Обґрунтування алгоритмів і методів, застосованих для реалізації програмного забезпечення	44
3.2.5	Обґрунтування розмірів баз даних протоколів процесів ...	50
3.2.6	Технічні та програмні засоби, застосовані для реалізації програми	50
3.3	Опис розробленої програми	50
3.3.1	Загальна інформація	50
3.3.2	Функціональне призначення	51
3.3.3	Опис логічної структури ПЗ	53
3.4	Використані технічні засоби	57
3.5	Виклик та завантаження	57
3.6	Вхідні й вихідні дані	57
	Висновки	58
	Перелік джерел посилань	60

Додаток А. Текст програми блоку вимірювання габаритів посилок КФС ОХГП	63
Додаток Б. Інтерфейс оператора КФС ОХГП	

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

НМІ	–	англ. Human Machine Interface, людино-машинний інтерфейс;
LiDAR	–	англ. Light Detection and Ranging, виявлення та визначення дальності за допомогою світла;
АЦП	–	аналого-цифровий перетворювач;
БВГП	–	блок вимірювання габаритів посилок;
БД	–	база даних;
КТЗ	–	комплекс технічних засобів;
КФС	–	кіберфізична система;
КФС ОГХП	–	кіберфізична система обліку габаритних характеристик посилки;
ІО	–	інтерфейс оператора;
ТВ	–	телевимірювання;

ВСТУП

Габаритні характеристики посилок, разом із масовими використовуються компаніями України, які працюють у сфері, зокрема, поштових перевезень для вирішення задач логістики. Обсяги перевезень можуть бути значними, тому поштових склади обладнують спеціалізованими конвеєрними лініями сортування. Такі лінії повинні використовувати з вимірювання габаритів разом з обліком посилок, тому задача розробки системи вимірювання й обліку габаритних характеристик посилки є актуальною.

Мета представленої роботи кваліфікаційної роботи – розробка кіберфізичної системи вимірювання, збереження, відображення і надання по запити даних з габаритних характеристик посилки масою до 30 кг.

Обрана тема кваліфікаційної роботи актуальна для підприємств, що вирішують задачі послуг поштових доставок, перевезень, планування логістики.

Початковими даними для представленої роботи є матеріали передатес-таційної практики, присвячені огляду існуючих методів безконтактного обліку відстаней та габаритів, а також відкриті джерела інформації по промисловим контролерам Siemens.

Представлена кваліфікаційна робота пов'язана із роботами по вдосконаленню методичного забезпечення дисципліни «Теорія комп'ютерних систем» кафедри інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії НТУ «Дніпровська політехніка».

1 СТАН ПИТАННЯ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Значення систем обліку габаритних характеристик вантажів

Габаритні характеристики посилок, разом із масовими використовуються компаніями України, які працюють у сфері, зокрема, поштових перевезень для вирішення задач логістики з точки зору ефективного використання можливостей контейнерів, причепів фур, вантажних фургонів, критих залізничних вагонів. Обсяги необхідних перевезень можуть бути досить значними, про що свідчить обладнання поштових складів спеціалізованими конвеєрними лініями сортування посилок [1,2]. Працівники пошти хаотично завантажують посылки на таку лінію, потім має проводитись автоматичне сортування за масовими й габаритними характеристиками. Продуктивність лінії може сягати від 3 до 5 тис. посилок на годину [1]. Природньо, що такі лінії можуть використовувати сканери штрих-кодів, а також обов'язково повинні використовувати зважування та вимірювання габаритів разом з обліком. Вимірювання ваги на лініях сортування зазвичай виконується прямими методами, з використанням рухомих рольгангових, рідше конвеєрних терезів [3]. Вимірювання габаритів – більш складний процес, тут мова йде про непрямі методи вимірювання габаритів об'єкту, що рухається. Тому задача розробки системи вимірювання й обліку габаритних характеристик посылки є актуальною.

Розглянемо роботу сортувального конвеєра з посылками до 30 кг на ньому в якості об'єкту впровадження.

1.2 Характеристика, структура, особливості, умови роботи об'єкту впровадження

Конвеєр для переміщення посилок може бути як стрічковим, так і роликним, з точки зору вимірювання габаритів це не має значення, на відміну від задачі вимірювання ваги. Тому доцільно спочатку розглянути об'єкт вимірювання, а саме упаковану посылку вагою до 30 кг.

Взагалі, максимальна маса посылки обмежується до 30 кг, а максимальні габарити: 500x500x400 мм. Посилки, з одягом громадян, призваних на строкову військову службу приймаються як окремі посылки з предметами завдовжки до 2000 мм, периметр найбільшого поперечного перерізу яких не перевищує 1500 мм. Посилки, маса яких перевищує 10,5 кілограмів, вважаються великоваговими, а посылки, розмір яких перевищує 500x500x400 міліметрів, вважаються громіздкими [3].

Мінімальні масогабаритні характеристики посылки складають, відповідно, понад 7 кг або від 90x140x50 мм [3]. Все, що менше – секограми й бандеролі, далі не розглядаються.

Існують й інші, додаткові класифікації посилок. Зокрема, від Укрпошти [5]:

– великогабаритними є відправлення вагою до 30 кг. Довжина однієї сторона перевищує 120 см, або довжина будь-яких двох сторони перевищує 70 см, але сума всіх сторін (довжина + ширина + довжина) – не перевищує 350 см;

– великоваговими є відправлення вагою від 30 до 600 кг. Приймаються для пересилання на палетах. Максимальні розміри палети — 120×120 см, а максимальна висота відправлення – 180 см.

Тут великогабаритні відправлення також підпадають під задачі розробленої системи.

Нова Пошта користується дещо іншою класифікацією, використовуючи термін «об'ємна вага» [6]:

$$\text{об'ємна вага} = (\text{Довжина} \times \text{Ширина} \times \text{Висота}) \times 250$$

(Важливо! Усі параметри посылки необхідно вказувати в метрах, і тоді отриманий результат буде в кілограмах),

або

об'ємна вага = (Довжина x Ширина x Висота) / 4000
(Важливо! Усі параметри посылки необхідно вказувати в сантиметрах, і тоді отриманий результат буде в кілограмах).

У результаті, Нова Пошта надає класифікацію посилок за можливістю видачі у відділеннях, описаних нижче [6].

Поштомати. Здійснюють видачу посилок, параметри яких не перевищують такі:

- вага – до 20 кг;
- довжина – до 40 см;
- ширина – до 30 см;
- висота – до 60 см.

Міні-відділення:

- вага – до 5 кг чи 10 кг;
- довжина, ширина та висота – до 60 см.

Поштові відділення:

- вага – до 30 кг;
- довжина – до 120 см;
- ширина та висота – до 70 см.

Вантажні відділення:

- вага – до 250 кг, 1000 кг чи 1100 кг;
- довжина та ширина – до 300 см;
- висота – до 170 см.

Я видно, у Нової Пошти дещо ширше розуміння терміну «посилка до 30 кг», у порівнянні з визначенням Кабміну та Укрпошти, тому тут доцільно розглянути номенклатуру наявних пакувальних коробок. Тут є варіативність, яка відображена на рисунку 1.1 [7]:

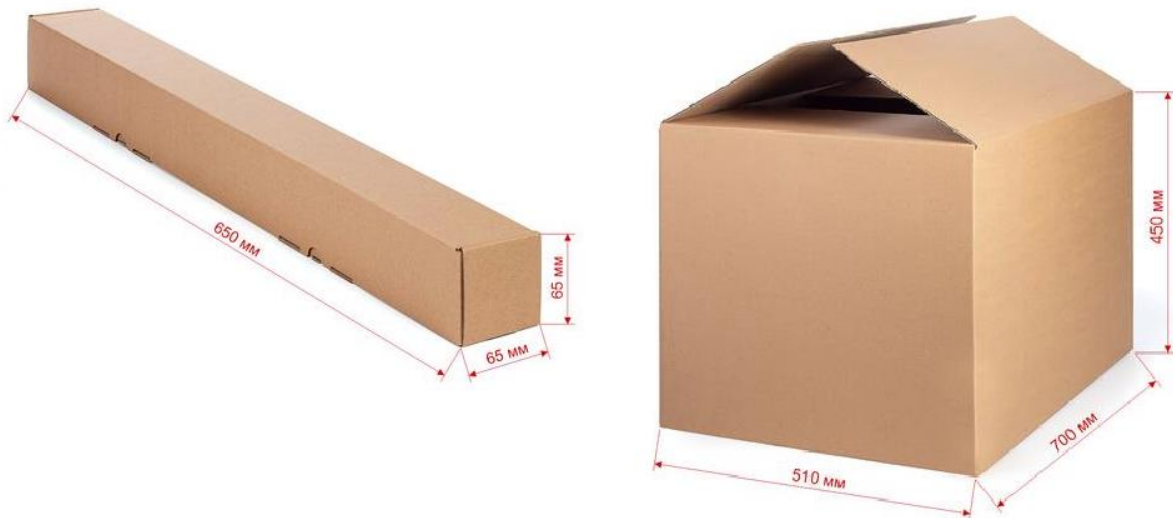


Рисунок 1.1 – Варіанти габаритів посилок

Згідно рисунку 1.1, маємо вимоги до діапазону вимірювань габаритів посылки, які складають від 65 до 700 мм, а з урахуванням [4], від 65 до 2000 мм. Припускається відхилення розміру поштового відправлення від максимуму до 5 см з точністю вимірювання до 1 см [8]. Тому повний діапазон вимірювання з вимогами по точності складе $65 \dots 2050 \pm 10$ мм. Можливість досягти потрібної точності визначається технологічної схемою вимірювання, застосованими засобами вимірювання і швидкістю руху посылки по транспортеру у зоні вимірювання. Швидкість руху посылки співпадає зі швидкістю транспортера, яка може коливатись у межах $0,1 \dots 2$ м/с для складської логістики [9]. Виникає питання щодо швидкості вимірювання габаритів, яка б дозволила забезпечити потрібну точність. Тому далі структуру об'єкту впровадження доцільно розглядати у контексті існуючих методів, технологій, аналогів систем вимірювання габаритів.

1.3 Огляд існуючих методів, технологій, аналогів систем вимірювання габаритів посилок

Існує кілька безконтактних методів вимірювання лінійних розмірів, які широко застосовуються в промисловості та наукових дослідженнях:

- лазерні вимірювання – використовують лазерні далекоміри або триангуляційні системи для точного визначення відстаней;
- оптичні методи – камери та спеціальні алгоритми аналізу зображень дозволяють вимірювати розміри об'єктів без фізичного контакту;
- ультразвукові датчики – застосовуються для вимірювання відстаней шляхом аналізу часу проходження ультразвукових хвиль;
- інфрачервоні сканери – використовують теплове випромінювання для визначення розмірів об'єктів;
- радарні та LiDAR-системи – особливо ефективні для вимірювання великих об'єктів або у складних умовах.

Лазерні вимірювання за допомогою лазерних далекомірів у класичному розумінні з функціями триангуляції для вирішення задачі, що розглядається у цій роботі непридатні, оскільки вони призначені для вимірювання лінійних розмірів з точністю, в основному до 0,5...1 м [10]. Існуючі лазерні рулетки дозволяють вимірювати розміри з більшою точністю, до 1 мм, але це здебільшого портативні прилади, що застосовуються в будівництві й для стаціонарних об'єктів [11].

Від ультразвукових методів варто відмовитись через їх порівняно високу ціну та повільність, що додатково знижує точність вимірювань рухомого об'єкту. Крім того, точність вимірювання тут визначається середовищем, в якому поширюється ультразвук. Ці характеристики не постійні, швидкість, з якою поширюється звук, зростає із збільшенням щільності середовища [11].

Оптичні методи з подальшою обробкою зображення дозволяють для визначити габарити посилки навіть в умовах різного освітлення. Але такі методи, зважаючи на необхідність обробки й розпізнавання зображень видаються невиправдано складними й надмірно дорогими для визначення трьох лінійних розмірів прямокутної коробки, в яку запакована посилка. Той же самий недолік мають інфрачервоні сканери, які ще й потребують часу на сканування, що неможливо забезпечити в русі.

Таким чином, залишаються радарні та LiDAR-системи. На сьогодні це конкуруючі напрямки з приблизно однаковою сферою застосування та точністю [12]. Різниця в їх експлуатації полягає в більшій вартості й чутливості до погодних умов для LiDAR у порівнянні з радарними системами [13]. З іншого боку, використання радарного методу може створювати певні проблеми через розширення плями опромінення посилки, що може вплинути на точність вимірювань. Ця ширина для радарного датчика залежить від частоти випромінювання, конструкції антени, відстані до об'єкта, діелектричної проникності матеріалу. На додачу, радіохвилі проникають крізь оптично непрозорий матеріал і викликають іонізацію матеріалів і середовища [14], що може бути небажаним.

З іншого боку, ширина плями опромінення датчика LiDAR для відстаней до 10 метрів може знаходитись в межах 6...15 мм [15], що прийнятно. Підвищені вимоги методу до зовнішніх [13] також прийнятні, оскільки мова йде про сухе опалюване складське приміщення. Тому перевага надається лазерним датчикам з технологією LiDAR.

Для подальшого вибору датчиків визначимось з принципом вимірювання габаритних характеристик посилки, що рухається конвеєром.

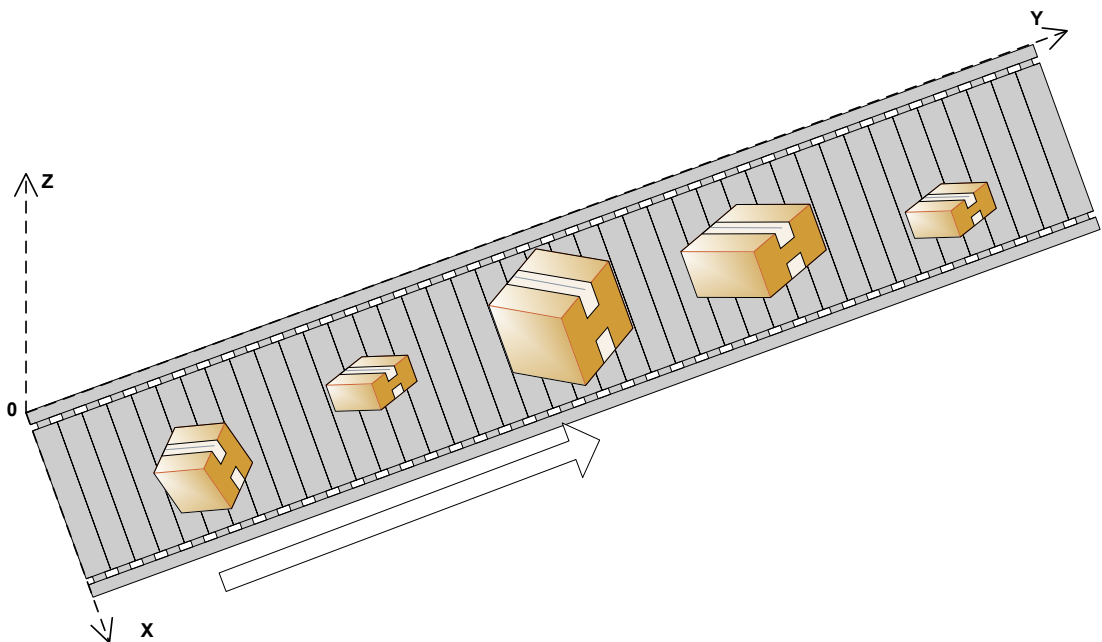


Рисунок 1.2 – Схематичне зображення переміщення посилок на конвеєрі

На рисунку 1.2 схематично показано переміщення посилок на конвеєрі сортувальної лінії. Незалежно від типу конвеєра, можна помітити наступні умови вимірювань:

- 1) посилки мають різні розміри й форми;
- 2) посилки довільно розміщуються на конвеєрі, що передбачає довільні координати крайніх точок їх проєкцій на вісь Ox ;
- 3) посилки рівномірно переміщуються вздовж осі Oy , що передбачає зміну у часі координат крайніх точок їх проєкцій на вісь Oy з постійною швидкістю;
- 4) нижні точки проєкцій посилок співпадають з точкою O осі Oz , причому поверхні нижньої й верхньої грані коробки з посилкою паралельні площині xOy і перпендикулярні осі Oz . Отже проєкція точки на верхній грані коробки на вісь Oz відображає висоту коробки;
- 5) коробки під час руху конвеєром не змінюють розмірів й форм, тому різниці координат проєкцій на осі Ox та Oy будуть постійними;
- 6) оскільки бічні грані прямокутних коробок не обов'язково будуть паралельні відповідним осям площини xOy , різниці координат проєкцій крайніх точок на ці осі не будуть у загальному випадку відображати ширину й довжину коробки. Для визначення ширини й довжини потрібно врахувати кути нахилу граней до відповідних осей.

Визначимо кількість датчиків, необхідних для визначення висоти посилки. В ідеальному випадку, могло б вистачити одного датчика й цього було б досить. Але ширина конвеєра може складати до 800 мм [9] при мінімальній ширині посилки 65 мм. Таким чином, щоб виявити посилку і виміряти її висоту, необхідно застосувати мірні ворота, висотою не менше максимального габариту посилки 705 мм [7] плюс мінімальна відстань, з якої вибрана модель LaDAR починає працювати. На верхній поверхні мірних воріт має бути встановлена група датчиків з інтервалом 50 мм, щоб виявити довільно розташовану коробку. Такий підхід властивий більшості систем вимірювання

габаритних розмірів. Таким чином, $800/500 = 16$ датчиків. Висота h посилки у такому випадку складе:

$$h = \max(B_Z - \dot{h}_i), \quad \dot{h}_i = \overline{1..16}, \quad (1.1)$$

де B_Z – базова висота розміщення чутливої поверхні датчиків над площиною конвеєра;

\dot{h}_i – покази i -го датчика.

Формула 1.1 у подальшому потребує визначення одиниць вимірювання й константи B_Z .

Щодо визначення проєкції посилки на вісь Ox . Тут може бути використано 2 датчики, встановлені у ті самі мірні ворота але у вертикальні стійки один напроти одного, але на різній, в межах 2 см, висоті. Максимальна різниця їх показань, що припадає на один момент часу відобразатиме довжину w_X проєкції габариту посилки на вісь Ox :

$$w_X = \max((B_X - w_{1,l}) - (B_X - w_{2,l})), \quad w_{1,l} = f_1(t), w_{2,l} = f_2(t), \quad (1.2)$$

де B_X – базова відстань розміщення чутливої поверхні датчиків у вертикальних стійках від протилежної стійки;

$w_{1,l}, w_{2,l}$ – одночасні точкові покази двох датчиків у протилежних вертикальних стійках за час знаходження посилки у мірних воротах;

$f_1(t), f_2(t)$ – функції визначення показів датчиків $w_{1,l}, w_{2,l}$ у часі.

Формула 1.2 у подальшому потребує визначення одиниць вимірювання, константи B_X , квантування у часі точок вимірювань датчиками.

І наостанок, проєкція посилки на вісь Oy . Тут взагалі не потрібно висувати вимоги до точності датчика, оскільки має значення постійне значення швидкості конвеєра, момент часу появи сигналу наявності посилки у мірних воротах і момент часу виходу її з мірних воріт. Ці моменти часу можна виявити по появі показів одного з датчиків, задіяних у вимірюваннях проєкції l_Y на вісь Ox , відмінних від показів, що відповідають порожнім мірним воротам.

$$l_Y = f_3(t_2 - t_1), \quad (1.3)$$

де t_2, t_1 – моменти часу, відповідно, виходу й входу посилки із поперечного перетину мірних воріт, t_2 відповідає моменту, коли $B_X \approx \dot{w}_i$, t_2 – коли $B_X > \dot{w}_i$ для обох датчиків і при цьому $w_X = const$, тобто проєкція на вісь стабільна або максимальна.

$f_3(\Delta t)$ – функція, що визначається швидкістю конвеєра з посилкою.

Формула 1.3 у подальшому потребує визначення одиниць вимірювання.

Кут φ відхилення, необхідний для перерахунку проєкцій габаритів посилки на осі площини xOy в показники ширини й довжини можливо визначити по показникам датчиків, що вимірюють висоту посилки:

$$\varphi = \arctg \left(\frac{f_4(t_i - t_{i+n})}{B_{(i..i+n)}} \right) \quad i = \overline{1..15}, n = \overline{2..16}, \quad (1.4)$$

де t_i – момент часу, коли на одному з датчиків від 1 до 15 вперше виявлена присутність посилки. Відповідає моменту, коли вперше настало $B_Z > \dot{h}_i$ для одного з датчиків;

t_{i+n} – момент часу, коли на одному з датчиків від 2 до 16 востаннє виявлена поява посилки. Відповідає моменту, коли востаннє настало $B_Z > \dot{h}_{i+n}$ для одного з датчиків;

$B_{(i..i+n)}$ – заздалегідь відома базова відстань між датчиками вимірювання висоти, на яких першою і останньою зафіксована поява посилки;

$f_4(\Delta t)$ – функція, що визначається швидкістю конвеєра з посилкою.

Формула 1.4 у подальшому потребує визначення одиниць вимірювання, групи констант $B_{(i..i+n)}$, квантування у часі точок вимірювань датчиками.

Ширина w посилки може бути визначена за довжиною проєкції посилки на вісь Ox :

$$w = w_X \cos(\varphi). \quad (1.5)$$

Довжина l посилки може бути визначена за довжиною проєкції посилки на вісь Oy :

$$l = l_Y / \cos(\varphi) \quad (1.6)$$

Технологічна схема вимірювання габаритів посилки показана на рисунку 1.3.

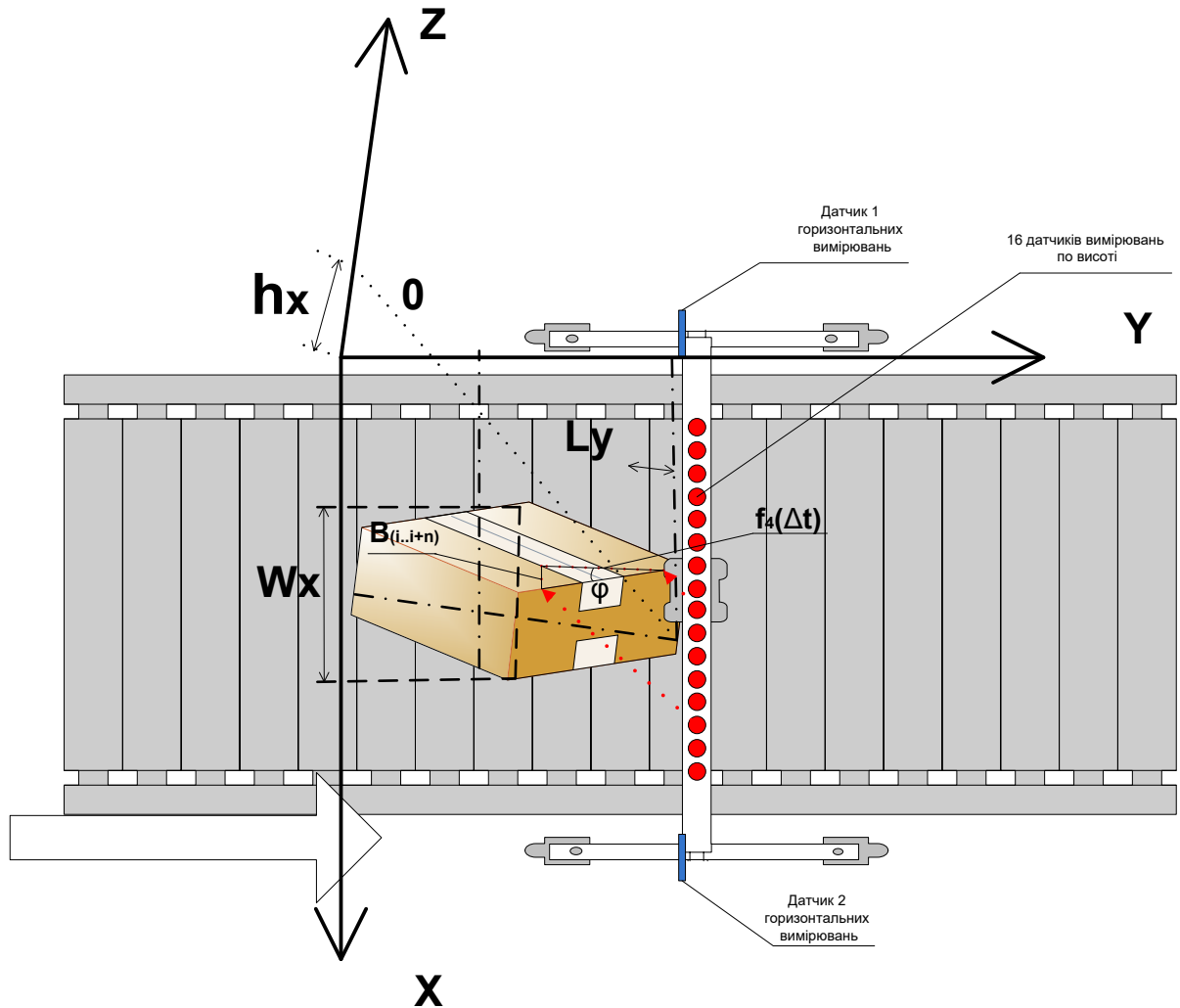


Рисунок 1.3 – Технологічна схема вимірювання габаритів посилки

На рисунку 1.3 показано, які саме проєкції сторін посилки знімаються на осі Ox та Oy , та як отримується кут відхилення граней коробки посилки від цих осей. Походження формул (1.5) та (1.6) проілюстровано на рисунку 1.4.

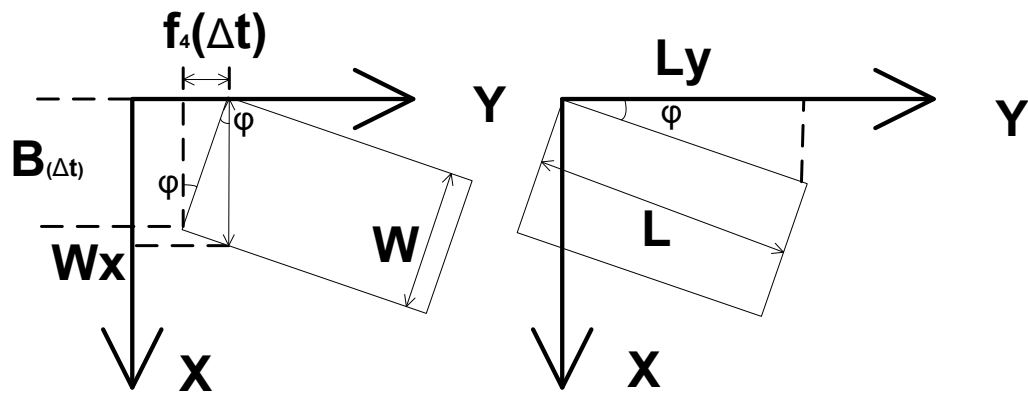


Рисунок 1.4 – Взаємозалежність довжини L та ширини W коробки поси-
лки від їх проєкцій на осі Ox та Oy через кут відхилення φ

Згідно рисунку 1.4, формули (1.5) та (1.6) отримано з нескладних триго-
нометричних залежностей.

Оберемо датчик для використання у системі вимірювання габаритів. Для
цієї задачі підходить фотоелектричний датчик відстані O1D102 [16], показан-
ний на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Фотоелектричний датчик відстані O1D102

Необхідні для аналізу характеристики датчика, показаного на рисунку
1.5[16]:

- робоча напруга 18...30 Вольт DC;

- споживання струму до 150 мА;
- дискретні виходи 2шт., PNP, нормально відкритий/нормально закритий (програмований)
- струм навантаження на дискретний вихід 200 мА;
- аналогові виходи 1, 0..10 В;
- макс. ширина світлової плями 6 мм;
- макс. висота світлової плями 6 мм;
- розміри світлової плями відносяться до 3,5 м;
- пригнічення фону на відстані 0...4 м;
- діапазон вимірювання 0,2...3,5 м;
- частота взяття зразків 1..50 Гц;
- відхилення на білому фоні на ± 6.5 мм на відстані в 1 м, ± 6.5 мм на відстані від 1 до 2 м;
- відхилення на сірому фоні на ± 7.5 мм на відстані в 1 м, ± 9.5 мм на відстані від 1 до 2 м

Очевидно, що обраний датчик має аналоговий вихід 0..10 В, що дозволяє йому видавати свої значення. Він підходить за вимогами до точності вимірювання, оскільки має максимальний діаметр світлової плями до 6 мм при вимогах до точності в 1 см. Заявлені відхилення результатів вимірювань також не перевищують 1 см. Діапазон чутливості датчика починається з 20 см, отже висота мірних воріт має бути не нижче 7250 мм. Можна прийняти 7300мм. Ширина сортувального конвеєра не перевищить 800 мм, тому діапазон вимірювань з пригніченням світлового фону 0,2...3,5 м прийнятний.

Максимальна частота вимірювань датчиком складає 50 Гц. Тобто дані з вимірювання оновлюються кожні 20 мс. Визначимо швидкість конвеєра, таку, щоб за період ΔT 20 мс послідовно проходила під мірними воротами відстань, яка б забезпечувала необхідне квантування вимірювань у часі. При абсолютна похибка δ , у результатах вимірювань не перевищувала 1 см. Згідно теореми Котельникова, періодичність квантувань вимірювань у часі складе:

$$\Delta T = \frac{\delta}{2 * V_{conv}}, \quad (1.7)$$

де V_{conv} – швидкість конвеєра.

Тоді швидкість конвеєра для забезпечення необхідної точності вимірювань не повинна перевищувати:

$$V_{conv} = \frac{\delta}{2 * \Delta T}. \quad (18)$$

Таким чином, максимально дозволена швидкість конвеєра кладе:

$$V_{conv} = 0,01 / (2 * 0,02) = 0,25 \text{ м/с.}$$

Така швидкість на ділянці вимірювання габаритів, обладнаною сортувальним конвеєром, є прийнятною.

1.4 Обґрунтування напрямку вирішення задачі розробки системи обліку

Запропонований метод передбачає використання мірних воріт, обладнаних 18 точками вимірювання відстані до поверхонь посилки, яка рівномірно проїжджає через ці мірні ворота. Отримані дані надходять у спеціалізовану базу даних у вигляді протоколу процесу вимірювання.

Таким чином, кіберфізична система обліку габаритних характеристик посилки до 30 кг, далі КФС ОГХП, повинна виконувати наступні функції:

- детектування наявності посилки у мірних воротах;
- вимірювання відстаней до поверхонь коробки посилки з періодичністю 20 мс;
- приведення даних вимірювань відстаней до міліметрів;
- розрахунок висоти посилки;
- розрахунок лінійних проєкцій на осі горизонтальної площі;
- визначення кута відхилення граней коробки посилки від координатних базисних осей горизонтальної площини;

- розрахунок довжини й ширини посилки;
- відображення поточних даних на інтерфейсі оператора;
- збереження даних вимірювання габаритів посилки у базі даних протоколу процесу й надання їх зовнішнім системам обліку.

Зазначені функції можуть бути об'єднані в функціональну структуру, показану на рисунку 1.6:

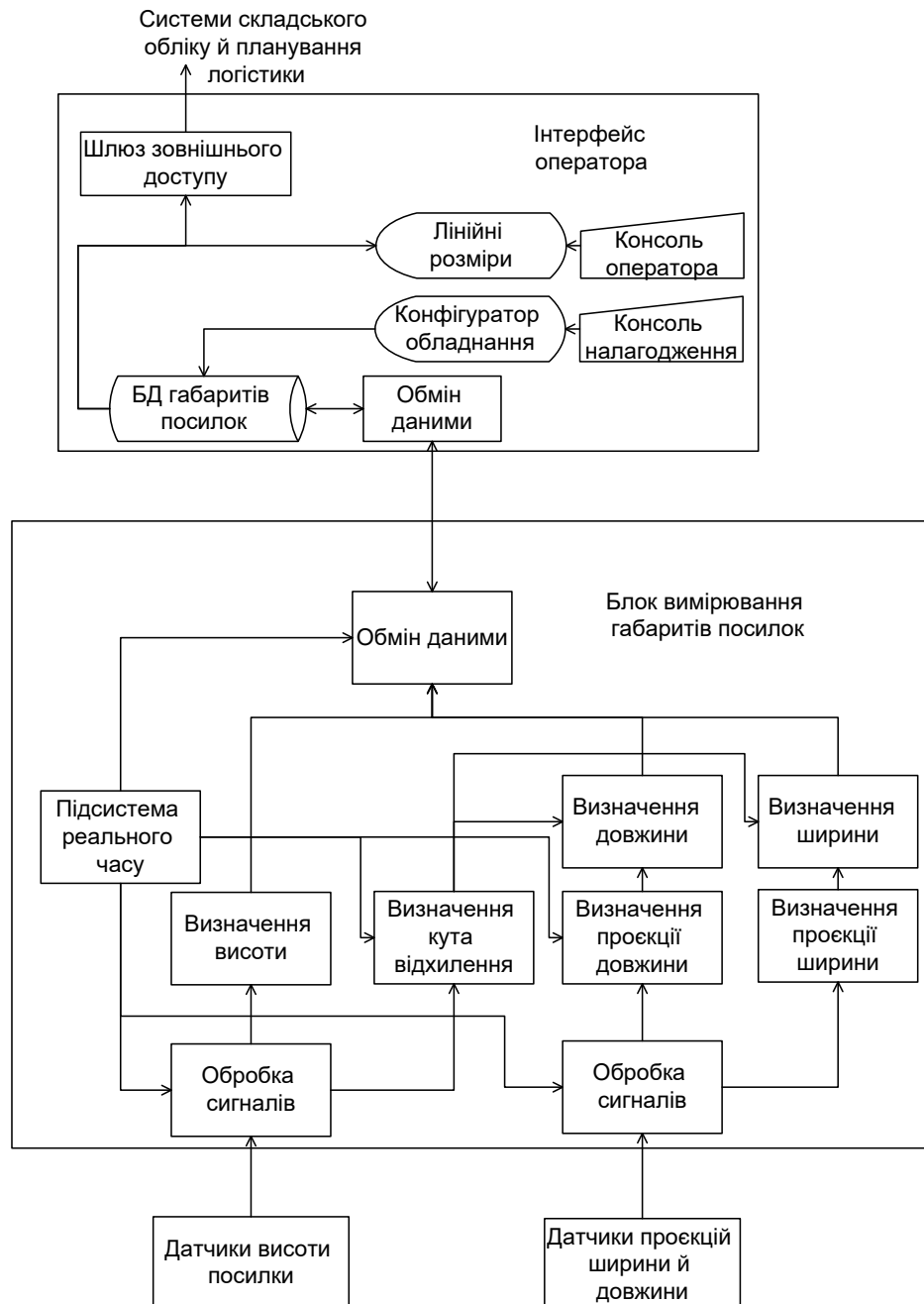


Рисунок 1.6 – Кіберфізична система обліку габаритних характеристик посилки до 30 кг. Схема функціональної структури

Як видно з рисунка 1.6, КФС ОГХП має здійснювати збір обробку, зберігання й відображення даних з вимірювання лінійних габаритів посилки прямокутної форми. Передбачається, що КФС буде взаємодіяти з сисемами складського обліку та планування логістики через корпоративну мережу підприємства. Тому вирішення програмних і технічних задач має бути виконано із використанням стандартних промислових засобів.

1.5 Мета і задачі і роботи

Кваліфікаційна робота спрямована на вирішення задачі обліку габаритних характеристик посилки до 30 кг у напрямку розробки системи вимірювання лінійних розмірів рухомих об'єктів з використанням датчиків типу LiDAR та стандартних промислових засобів, мета роботи – розробка кіберфізичної системи вимірювання, збереження, відображення і надання по запиту даних з габаритних характеристик посилки масою до 30 кг. При цьому необхідно вирішити наступні задачі:

- на основі виконаного аналізу структури і принципів роботи сортувального конвеєра, мірних воріт, методів, засобів і технологій безконтактного вимірювання відстаней та розмірів, сформулювати технічні вимоги до КФС ОГХП;
- провести аналіз вхідних і вихідних сигналів блоку вимірювання габаритів посилок та блоку інтерфейса оператора, на основі якого обрати КТЗ для технічного рішення для КФС ОГХП;
- розробити принципову схему КФС ОГХП;
- провести аналіз вхідних і вихідних даних, сформулювати алгоритми роботи ПЗ блоку вимірювання габаритів посилок для КФС ОГХП;
- на основі розроблених алгоритмів написати програму, яка буде використовуватись із КТЗ блоку вимірювання габаритів посилок для КФС ОГХП.

2 РОЗРОБКА БЛОКУ ВИМІРЮВАННЯ ГАБАРИТІВ

2.1 Технічні вимоги до об'єкту професійної діяльності

2.1.1 Найменування і призначення об'єкту професійної діяльності

Кіберфізична система обліку габаритних характеристик посылки до 30 кг, далі КФС ОГХП, призначена для роботи у поштових відділеннях, складах логістичних підприємствах де відбуваються процеси класифікації й сортування посилок та обслуговуються логістичні операції.

2.1.2 Вимоги до структури і функціонування об'єкту професійної діяльності

КФС ОГХП складається з двох підсистем:

- Інтерфейс оператора, далі ІО;
- Блок вимірювання габаритів посилок, далі БВГП.

БВГП включає наступні функціональні складові:

- датчики вимірювання висоти посылки;
- датчики проєкцій ширини й довжини;
- блоки обробки сигналів ТВ від датчиків;
- блок визначення висоти коробки посылки;
- блок визначення кута відхилення вертикальних граней;
- блок визначення проєкції довжини посылки;
- блок визначення проєкції ширини посылки;
- підсистема реального часу;
- визначення довжини;
- визначення ширини;
- блок обміну даними.

Інтерфейс оператора включає наступні функціональні складові:

- блок обміну даними;
- БД протоколу габаритів посилок;
- конфігуратор обладнання;

- відображення лінійних розмірів;
- шлюз зовнішнього доступу.

2.1.3 Вимоги до показників призначення

КФС ОГХП та її функціональні складові повинні забезпечувати показники призначення:

- вихід датчиків температури повинен відповідати шкалі 0...10 В;
- абсолютна похибка вимірювання довжини не більше ± 10 мм;
- діапазон вимірювання лінійних проекцій на осі базису XYZ від 50 до 1000 мм;
- діапазон вимірювання лінійних розмірів посилки від 50 до 7050 мм;
- розрядність АЦП повинна бути достатньою для забезпечення потрібної точності вимірювань лінійних розмірів посилки у всьому діапазоні вимірювань;
- блоки обробки сигналів ТВ від датчиків у міліметрах;
- періодичність вимірювань: 20 мс;
- припустимий діапазон швидкостей еталонів конвеєра 0,01...0,05 м/с;
- одиниці вимірювання еталонів базових лінійних величин по висоті, ширині, довжині – міліметри;
- точність еталону швидкості конвеєра до 0,01 м/с;
- БД протоколу процесу вимірювання габаритів посилок повинна забезпечити зберігання даних на блоці інтерфейсу оператора протягом 6 календарних місяців;
- КТЗ, на якому реалізується КФС ОГХП має бути промисловим фірми Siemens;
- блок ІО повинен взаємодіяти з БВГП через провідний канал, який забезпечить передачу даних на відстань до 20 м;
- затримка реакції системи на проходження посилки під мірними воротами: не більше 1 с;

– режим роботи КФС ОГХП: налагоджувальний до 8 годин, автоматизований цілодобовий. Запуск і зупинка системи відбувається за командами оператора з ІО;

– доступ до БД протоколу габаритів посилок тільки у режимі читання;

– доступ до еталону швидкості конвеєра та еталонів базових лінійних величин у режимі читання й запису, обмежується паролем, довжина паролю – не менше 12 символів;

Передбачається модернізація КФС ОГХП функцією вимірювання швидкості конвеєра і заміни датчиків LiDAR на радарні.

2.2 Розробка апаратної частини

2.2.1 Розробка функціональної схеми автоматизації

Датчики КФС ОГХП розміщені на конструкціях мірних воріт, крізь які проходить лінія транспортера. Шістнадцять датчиків розміщені над робочою поверхнею транспортера у горизонтальній перекладині воріт, два – у вертикальних стійках один напроти одного із взаємним зміщенням в 1..2 см по вертикалі. КТЗ блоку вимірювання габаритів і інтерфейс оператора розміщені у тому самому приміщенні, що й сортувальний конвеєр з вимірювальними воротами на відстані, не більше 20 м. За таких умов, функціональна схема автоматизації КФС ОГХП, буде виглядати, як показано на рисунку 2.1.

Для зв'язку між БВГП та ІО згідно рисунка 2.1 доцільно використати інтерфейс Ethernet, оскільки такий же інтерфейс буде використано для зв'язку із корпоративною мережею підприємства.

2.2.2 Розробка принципової схеми системи керування

2.2.2.1 Розрахунок параметрів аналого-цифрового перетворення

Згідно висунутих технічних вимог, абсолютна похибка δ вимірювання габаритних розмірів не повинна перевищувати 1 см. Припустима відносна помилка ε складе:

$$\varepsilon = \frac{\delta}{|G_{max} - G_{min}|} \times 100\%, \quad (2.1)$$

де G_{min} , G_{max} – відповідно, нижня й верхня межа вимірювального діапазону лінійних розмірів, см. Відповідно, для вимірювального діапазону від 6,5 до 800 см вимірюваних значень висоти припустима відносна похибка складе:

$$\varepsilon = 1/(800-6,5)*100\% \approx 0,13\%.$$

Для вимірювального діапазону від 65 до 100 см вимірюваних значень висоти й проєкції ширини припустима відносна похибка складе:

$$\varepsilon = 1/(100-6,5)*100\% \approx 1,07\%.$$

Мінімальна кількість квантів АЦП q_{min} з урахуванням теореми Котельникова для квантування по рівню складе:

$$q_{min} = \frac{2 \times 100\%}{\varepsilon}, \quad (2.2)$$

Для вимірюваних значень висоти мінімальна кількість квантів складе:

$$q_{min} = 2 * 100 / 0,14 \approx 1\,429 \text{ квант.}$$

Для вимірюваних значень в проєкції ширини мінімальна кількість квантів складе:

$$q_{min} = 2 * 100 / 1,07 \approx 187 \text{ квант.}$$

Мінімальна розрядність r_{min} АЦП з урахуванням відкидання останнього розряду для фільтрації брязкоту крайнього кванту складе:

$$r_{min} = \log_2 q_{min} + 1. \quad (2.3)$$

Для вимірюваних значень висоти мінімальна розрядність АЦП складе:

$$r_{min} = \log_2 1429 + 1 \approx 11,84 \approx 12 \text{ розрядів}$$

Для вимірюваних значень в проєкції ширини мінімальна розрядність АЦП складе:

$$r_{min} = \log_2 187 + 1 \approx 7,55 \approx 8 \text{ розрядів}$$

Таким чином, необхідна розрядність АЦП для вимірювання значень висоти складе 12 розрядів, а проєкції ширини – 8 розрядів. Це підтримується сучасною промисловою елементною базою.

2.2.2.2 Аналіз входів і виходів об'єкту професійної діяльності

Для визначення входів і виходів КФС проведемо аналіз і класифікацію входів і виходів.

Класифікація входів і представлена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Перелік вхідних і вихідних сигналів. КФС ОГХП

№ п/п.	Найменування сигналу	Ідентифікатор	Напр. вх./вих.	Функція	Вид	Джерело/ Отримувач	Форма представлення (разрядність, точність)				Період вв./вив.
							Зовнішня	Внутрішня			
								Діапазон	Похибка	Розрядність	
Висота й кути відхилення											
1.	Висота у точці 1	GIN1	Вхід	Вимір.	Аналог.	Датчик Li-DAR	0...10 В	65... 800 см	±1 см	12 біт	10 мс
2.	Висота у точці 2	GIN2	Вхід	Вимір.	Аналог.	Датчик Li-DAR	0...10 В	65... 800 см	±1 см	12 біт	10 мс
3.	Висота у точці 3	GIN3	Вхід	Вимір.	Аналог.	Датчик Li-DAR	0...10 В	65... 800 см	±1 см	12 біт	10 мс
4.	Висота у точці 4	GIN4	Вхід	Вимір.	Аналог.	Датчик Li-DAR	0...10 В	65... 800 см	±1 см	12 біт	10 мс

Продовження таблиці 2.1

№ п/п.	Найменування сигналу	Ідентифікатор	Напр. вх./вих.	Функція	Вид	Джерело/ Отримувач	Форма представлення (разрядність, точність)				Період вв./вив.
							Зовнішня	Внутрішня			
								Діапазон	Похибка	Розрядність	
5.	Висота у точці 5	GIN5	Вхід	Вимір.	Аналог.	Датчик Li-DAR	0...10 В	65... 800 см	±1 см	12 біт	10 мс
6.	Висота у точці 6	GIN6	Вхід	Вимір.	Аналог.	Датчик Li-DAR	0...10 В	65... 800 см	±1 см	12 біт	10 мс
7.	Висота у точці 7	GIN7	Вхід	Вимір.	Аналог.	Датчик Li-DAR	0...10 В	65... 800 см	±1 см	12 біт	10 мс
8.	Висота у точці 8	GIN8	Вхід	Вимір.	Аналог.	Датчик Li-DAR	0...10 В	65... 800 см	±1 см	12 біт	10 мс
9.	Висота у точці 9	GIN9	Вхід	Вимір.	Аналог.	Датчик Li-DAR	0...10 В	65... 800 см	±1 см	12 біт	10 мс

Продовження таблиці 2.1

№ п/п.	Найменування сигналу	Ідентифікатор	Напр. вх./вих.	Функція	Вид	Джерело/ Отримувач	Форма представлення (разрядність, точність)				Період вв./вив.
							Зовнішня	Внутрішня			
								Діапазон	Похибка	Розрядність	
10.	Висота у точці 10	GH10	Вхід	Вимір.	Аналог.	Датчик Li-DAR	0...10 В	65... 800 см	±1 см	12 біт	10 мс
11.	Висота у точці 11	GH11	Вхід	Вимір.	Аналог.	Датчик Li-DAR	0...10 В	65... 800 см	±1 см	12 біт	10 мс
12.	Висота у точці 12	GH12	Вхід	Вимір.	Аналог.	Датчик Li-DAR	0...10 В	65... 800 см	±1 см	12 біт	10 мс
13.	Висота у точці 13	GH13	Вхід	Вимір.	Аналог.	Датчик Li-DAR	0...10 В	65... 800 см	±1 см	12 біт	10 мс
14.	Висота у точці 14	GH14	Вхід	Вимір.	Аналог.	Датчик Li-DAR	0...10 В	65... 800 см	±1 см	12 біт	10 мс

Продовження таблиці 2.1

№ п/п.	Найменування сигналу	Ідентифікатор	Напр. вх./вих.	Функція	Вид	Джерело/ Отримувач	Форма представлення (разрядність, точність)				Період вв./вив.
							Зовнішня	Внутрішня			
								Діапазон	Похибка	Розрядність	
15.	Висота у точці 15	GIH15	Вхід	Вимір.	Аналог.	Датчик Li-DAR	0...10 В	65... 800 см	±1 см	12 біт	10 мс
16.	Висота у точці 16	GIH16	Вхід	Вимір.	Аналог.	Датчик Li-DAR	0...10 В	65... 800 см	±1 см	12 біт	10 мс
Проекції ширини й довжини											
17.	Відстань до посилки 1	GI1	Вхід	Вимір.	Аналог.	Датчик Li-DAR	0...10 В	65... 100 см	±1 см	12 біт	10 мс
18.	Відстань до посилки 2	GI2	Вхід	Вимір.	Аналог.	Датчик Li-DAR	0...10 В	65... 100 см	±1 см	12 біт	10 мс

Закінчення таблиці 2.1

№ п/п.	Найменуван- ня сигналу	Іденти- фікатор	Напр. вх./вих.	Функція	Вид	Джерело/ Отримувач	Форма представлення (разрядність, точність)		Період вв./вив.
							Зовнішня	Внутрішня	
Лінії зв'язку									
19.	БВГП–ІО	UY1–DYT1	Вхід-вихід	Обмін даними	Цифровий	–	Ethernet	Profinet	0,5 с
20.	ІО–корпорат. мережа	DYT2	Вхід-вихід	Обмін даними	Цифровий	–	Ethernet	Profinet	0,5 с

Перелік входів і виходів можна звести по типам у збіркову таблицю 2.2:

Таблиця 2.2 – Збіркова таблиця входів і виходів. КФС ОГХП

№ п/п	Обладнання	Опис входу чи виходу	Кількість
		Аналогові входи 0...10	
1.	Висота й кути відхилення	LiDAR	16
2.	Проекції ширини й довжини	--/–	2
РАЗОМ			18
		Лінії зв'язку	
3.	БВГП–ІО	Ethernet	1
4.	ІО–корпорат. мережа	--/–	1
РАЗОМ			2

За збірковою таблицею 2.2, технічними вимогами, результатом розрахунку розрядності АЦП, схемою функціональною автоматизації оберемо КТЗ для побудови схеми принципової КФС ОГХП.

2.2.2.3 Вибір елементної бази системи

До каналів аналогового введення у КФС ОГХП висуваються різні вимоги до каналів АЦП. Фактично, є 16 каналів для 12-розрядних АЦП і 8 каналів для 8-розрядних. Оберемо спочатку обладнання для 12-розрядних АЦП. З номенклатури Simatic S7-1200 та виходячи з міркувань мінімізації кількості пристроїв тут підходять модулі SM 1231 AI8 [17], зразок якого показано на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Модуль аналогового введення SM 1231 AI8

Модуль SM 1231 AI8 має наступні характеристики:

- кількість входів: 8;
- тип: напруга або струм, вибір у групах по 2;
- діапазон: ± 10 В, ± 5 В, $\pm 2,5$ В, від 0 до 20 мА або від 4 мА до 20 мА;
- повний діапазон (слово даних): -27648 до 27648 напруги / 0 до 27648 струму;
- діапазон перевищення/заниження(слово даних): напруга від 32511 до 27649/від -27649 до -32 512, струм від 32511 до 27649/від 0 до -4864;
- переповнення/недоповнення (слово даних): напруга від 32767 до 32512/від -32513 до -32768, струм від 0 до 20 мА: від 32767 до 32512 / від -4865 до -32768, струм від 4 до 20 мА, від 32767 до 32512 (значення нижче -4864 вказують на обрив проводу);
- розрядність 12 біт + знаковий біт;
- максимальна витримувана напруга/струм: ± 35 В / ± 40 мА;
- придушення перешкод: 400, 60, 50 або 10 Гц;
- вхідний опір: ≥ 9 МОм (напруга) / 280 Ω (струм);
- точність (25 °С / від -20 до 60 °С)
- принцип вимірювання: перетворення фактичного значення;
- робочий діапазон сигналу: напруга сигналу плюс синфаз має бути менше +12 В і більше -12 В;
- кабель: 100 м, кручений і екранований.

Для перетворення двох аналогових сигналів на АЦП розрядністю не менше 8 достатньо використати вбудовані аналогові канали 0...10 В контролерів серії S7-1200. Оскільки до центрального процесора потрібно підключити 2 модулі SM 1231 AI8, буде достатньо використати контролер CPU 1212C AC/DC/Rly [18], показаний на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Контролер CPU 1212C AC/DC/Rly

Характеристики контролера CPU 1212C AC/DC/Rly:

- дискретних виходів: 8;
- дискретних виходів: 6;
- тип дискретних виходів: сухий контакт;
- аналогових входів: 2, 0...10 В;
- розрядність АЦП аналогових входів: 10;
- вбудоване джерело живлення датчиків: 24В, 300мА;
- кількість модулів розширення входів та виходів: до 2;
- живлення: від ~85 В до ~265 В;
- вбудований інтерфейс: 1хPROFINET.

Інтерфейс оператора працюватиме як індикатор поточних габаритних характеристик, як носій БД протоколу процесу визначення габаритних характеристик і він не потребуватиме постійної присутності оператора. Тому достатньо взяти невелику панель для застосування у приміщеннях на ділянках з обмеженим простором. Таким виробом може бути НМІ-панель КТР700 Basic PN Portrait [19] з характеристиками:

- дисплей TFT 7", 640x480 пікселів, 64К кольорів;
- функціональних кнопок 8;

- напруга живлення 24В;
- споживаний струм 230 мА;
- інтерфейс: 1 шт. Ethernet, 1 шт. USB до 16 ГБ;
- підтримувані протоколи: PROFINET, ModBus TCP/IP;
- споживана напруга: 24 В постійного струму;
- споживана потужність: 13,2 Вт.



Рисунок 2.4 – HMI-панель KTP700 Basic PN

Оскільки і обрана панель, і контролер мають по одному Ethernet-інтерфейсу, їх необхідно поєднати у мережу за допомогою додаткового технічного засобу, який має виконувати функції комутатора на 2 пристрої, точки WiFi-доступу для підключення засобів програмування й відлагодження, шлюзу для виходу у зовнішню мережу. Оскільки йде мова про роботу в

опалюваному й відносно чистому приміщенні, це може бути маршрутизатор TP-Link TL-WR820N, показаний на рисунку 2.5 [20]:



Рисунок 2.5 – Маршрутизатор TP-Link TL-WR820N

Характеристики маршрутизатора TP-Link TL-WR820N:

- режими роботи: посилювач сигналу , Wi-Fi маршрутизатор, провідний маршрутизатор, точка доступу;
- стандарт Wi-Fi 802.11 b (до 11 Мбіт/с), g (до 54 Мбіт/с), n (до 300 Мбіт/с);
- робоча частота 2.4 ГГц;
- захист інформації WPA2-PSK, WEP, WPA2, WPA;
- вхідний інтерфейс 10/100BASE-TX Ethernet;
- кількість LAN портів (RJ-45) 2;
- відповідність мережевим стандартам IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.11n, IEEE 802.3 10BASE-T (10 Мбіт/с), IEEE 802.3u 100BASE-TX (100 Мбіт/с);
- підтримка транспортних протоколів L2TP, DHCP, UPnP, PPTP, PPPoE, IPv4, IPv6.

2.2.2.4 Вибір джерела живлення

В якості елементної бази системи використовується модель контролера CPU 1212C AC/DC/Rly, для живлення якого потрібен доступ до побутової чи промислової фазної мережі $\sim 230\text{ В } 50\text{ Гц}$. Те ж саме потрібне для живлення маршрутизатора TP-Link TL-WR820N. Для живлення панелі НМІ потрібне джерело постійного струму не менше 230 мА напругою 24 В . Тому для панелі буде використане вбудоване джерело живлення датчиків з вихідним постійним струмом до 300 мА напругою 24 В . Таким чином, залишається питання живлення 18 датчиків LiDAR. Ці датчики споживають кожен до 150 мА постійного струму напругою $18\dots 30\text{ В}$ [16]. Разом це складе $18 * 0,15 = 2,7\text{ А}$. Обережно для живлення вимірювальних датчиків блок живлення, показаний на рисунку 2.6:



Рисунок 2.6 – Блок живлення Mean Well (NDR-75-24)

Характеристики блоку живлення на рисунку 2.6:

- потужність 75 Вт ;
- вихідна напруга 24 В постійного струму;

- струм на виході 3,2 А
- робоча напруга $\sim 110/220$ В.

2.2.2.5 Розробка принципової схеми системи

Виходячи з таблиці 2.1 і обраної елементної бази пропонується принципова схема КФС ОХГП, показана на рисунку 2.7.

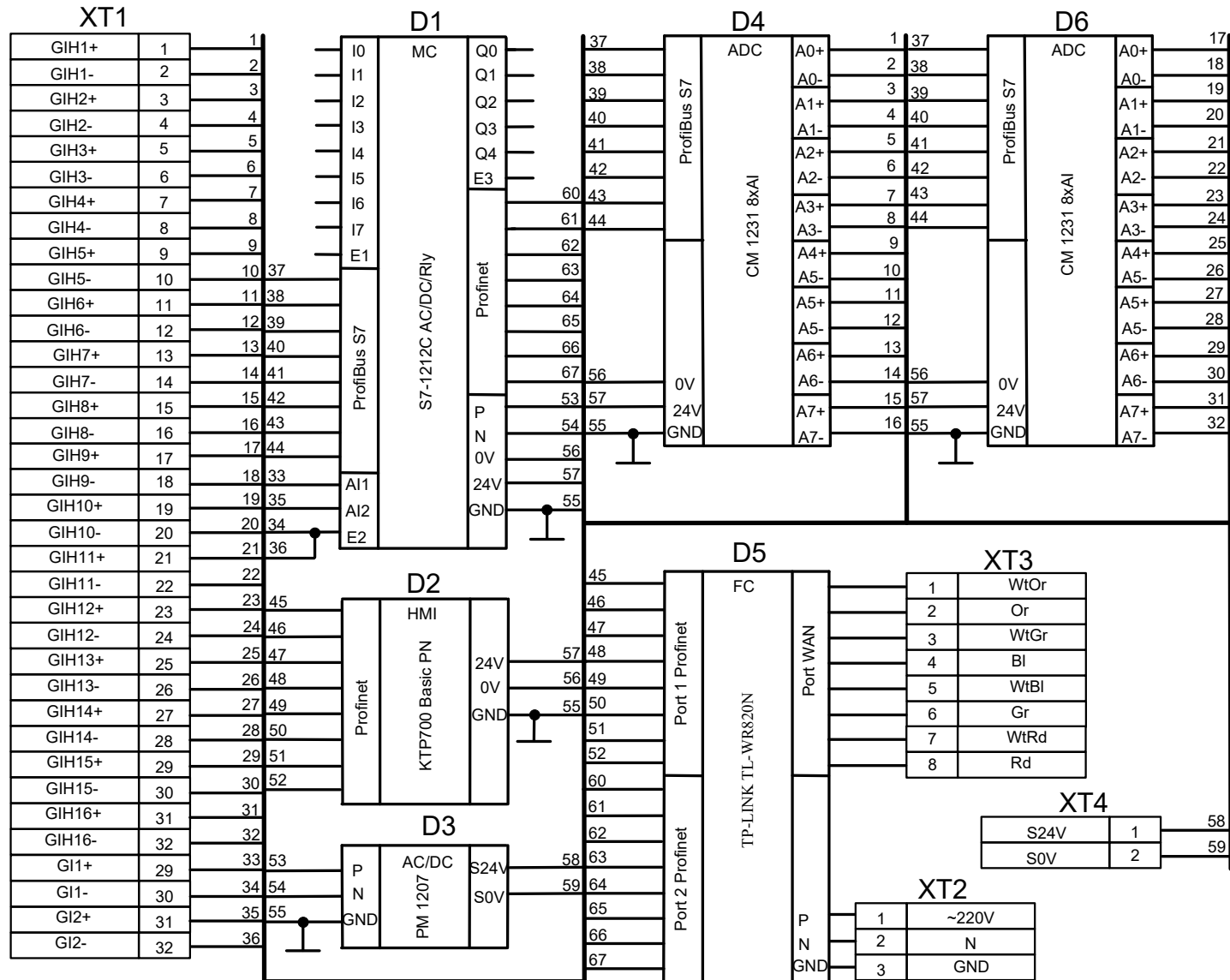


Рисунок 2.7 – Принципова схема КФС ОХГП

3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ

3.1 Призначення і сфера застосування програмного забезпечення

Програмне забезпечення призначене для роботи у складі кіберфізичної системи обліку габаритних характеристик посилки до 30 кг.

Програмне забезпечення призначене для отримання й обробки даних з датчиків відстані типу LiDAR, вмонтованих в мірні ворота на конвеєрі сортувальної лінії посилок. Програмне забезпечення веде протокол процесу виявленою посилкою вимірними її габаритами та за температурами й відображає на інтерфейсі оператора габарити останньої вимірної посилки або габарити посилки за запитом до БД протоколу процесу.

3.2 Обґрунтування технічних характеристик програми

3.2.1 Функції, виконувані програмою

ПЗ КФС ОХГП, реалізоване на контролері БГВП та панелі НМІ ІО повинне виконувати наступні функції:

- отримання команд від оператора на початок і завершення вимірювань;
- отримання, обробка й оцифрування сигналів ТВ від 18 каналів 0...10 В датчиків відстані типу LiDAR;
- вимірювання відстані до горизонтальної поверхні;
- детектування посилки по зміні відстані до горизонтальної поверхні;
- розрахунок висоти посилки через відстань до горизонтальної поверхні;
- детектування бокової поверхні посилки, яка вважається шириною;
- вимірювання проєкції ширини посилки на поперечну базисну вісь Ox ;
- детектування бокової поверхні посилки, яка вважається довжиною;
- вимірювання проєкції довжини посилки на поздовжню базисну вісь Oy ;
- вимірювання відхилення бічних граней посилки від нормалей до базисних осей Ox та Oy ;
- розрахунок кута відхилення бічних граней посилки від нормалей до базисних осей Ox та Oy ;

- розрахунок ширини посилки;
- розрахунок довжини посилки;
- ведення БД протоколу процесу з габаритами посилок та мітками календарного часу;
- введення і редагування з ІО базових еталонних величин, необхідних для вимірювання габаритів посилки;
- відображення габаритів поточної вимірюваної посилки та габаритів посилки за запитом по міткам часу.

3.2.2 Вимоги до функцій, виконуваних програмою

Параметри інтерфейсу PROFINET ІО: 100 Мбіт/с.

PROFINET-адреса НМІ-панелі ІО – 192.168.0.12.

PROFINET-адреса контролера БГВП – 192.168.0.13.

PROFINET-адреса роутера – 192.168.0.11.

Час отримання оброблених даних з габаритів однієї посилки не більше 0,5 с.

Час спрацювання АЦП-каналу не більше 32 мкс.

Періодичність обробки даних від датчиків не довше 10 мс.

Швидкість подачі конвеєра сортування 250 мм/с.

Абсолютна похибка вимірювання габаритів ± 10 мм/с.

Протоколювання процесу з габаритами посилки спорадичне після отримання нових даних по габаритам чергової посилки.

Формат БД протоколів з габаритами посилок – txt.

Тривалість збереження даних протоколу процесу – не менше 6 місяців.

Процес протоколювання процесів починається й припиняється після подачі команд з ІО.

3.2.3 Обґрунтування вхідних і вихідних даних ПЗ

Вхідні дані для КФС ОГХП:

- інформаційні ознаки сигналів від датчиків LiDAR;

- еталонну уставку базової висоти розміщення чутливої поверхні датчиків над площиною конвеєра;
 - еталонну уставку відстані розміщення чутливої поверхні датчиків у вертикальних стійках від протилежної стійки;
 - еталонну уставку швидкості подачі посилки конвеєром у мірні ворота;
 - базові відстані між датчиками вимірювання висоти у горизонтальні стійки;
 - команди від оператора на запуск та зупинку процесів вимірювання габаритів;
 - дані аутентифікації рівнів керування системою.
- Вихідні дані від ПЗ КФС ОГХП:
- дані з габаритами посилки;
 - мітки часу до чергових габаритів посилки;
 - сигнали зміни стану процесу вимірювання.

3.2.4 Обґрунтування алгоритмів і методів, застосованих для реалізації програмного забезпечення

Виходячи зі схеми функціональної структури, принципової схеми, переліку вхідних і вихідних даних за п. 3.2.3, ПЗ блоку вимірювання габаритів посилок КФС ОГХП, може бути описана двома алгоритмами – основним і обробником періодичних переривань, які наведені на рисунку 3.1:

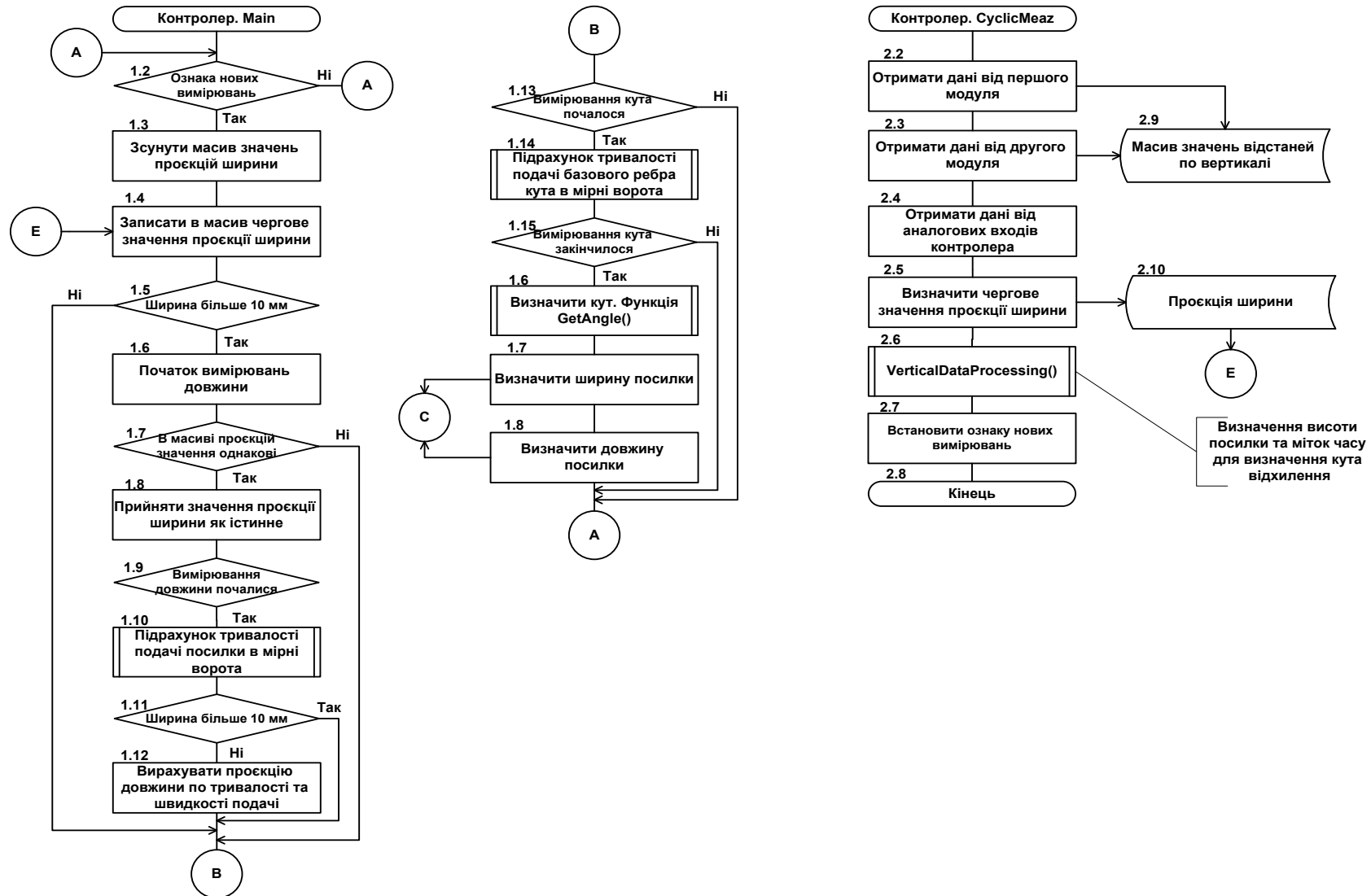


Рисунок 3.1 – Загальні алгоритми ПЗ БВГП КФС ОГХП

Загальна схема алгоритму на рисунку 3.1 повинна бути доповнена алгоритмами функції розрахунку кута відхилення `GetAngle()` та функціонального блоку обробки даних `VerticalDataProcessing()`. Функція `GetAngle()` може бути описана, як показано на рисунку 3.2:

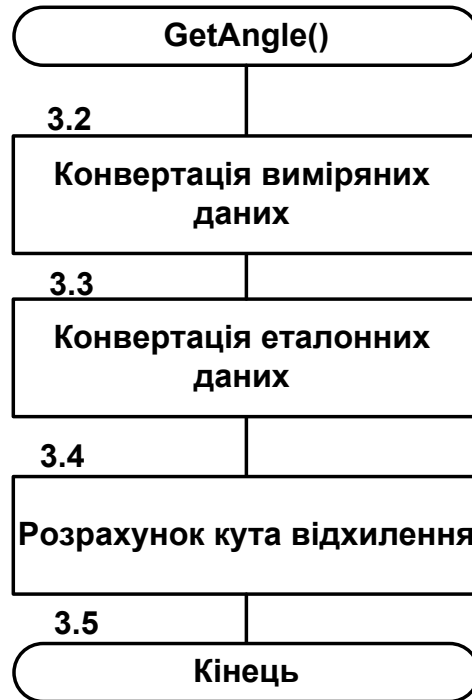


Рисунок 3.2 – Алгоритм функції визначення кута відхилення

Розрахунок кута відхилення на рисунку 3.2 виконується згідно формули (1.4), представленої у розділі 1 цієї кваліфікаційної роботи.

Окрім блоку



Рисунок 3.3 – Алгоритм функціонального блоку визначення висоти посилки й підготовки даних для розрахунку кута відхилення

Окрім блоку вимірювання габаритів посилки ПЗ КФС ОГХП включає в себе також інтерфейс оператора. Він може бути описаний схемою алгоритму, показаною на рисунку 3.4.

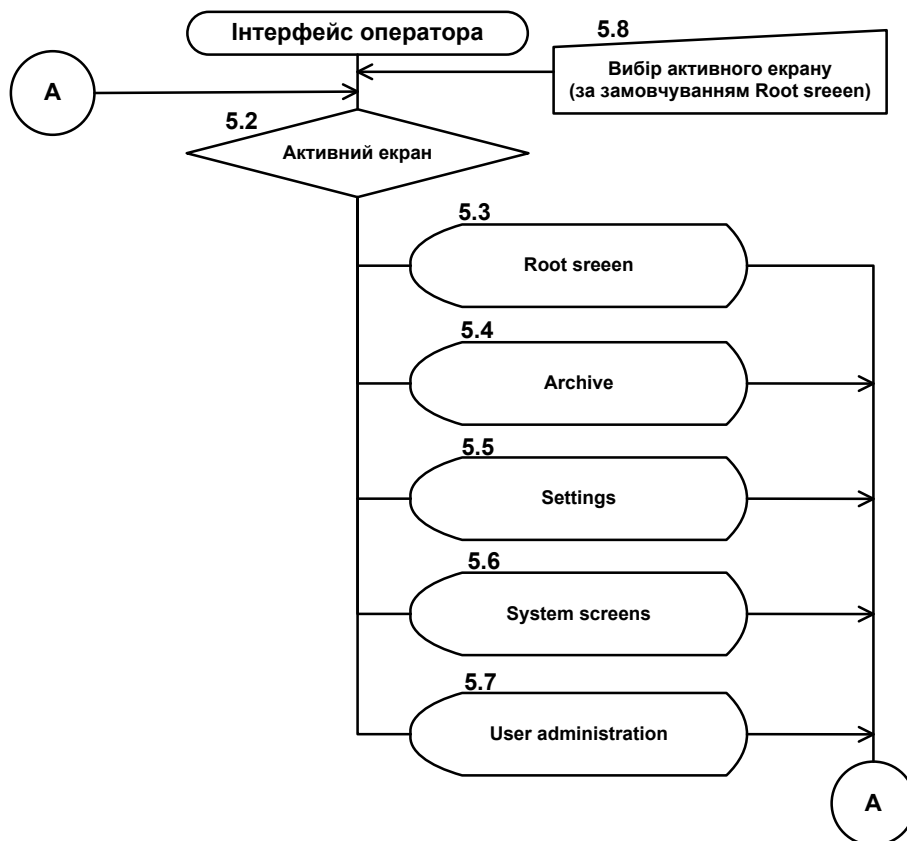


Рисунок 3.4 – Алгоритм роботи інтерфейсу оператора

На відображеннях екранів інтерфейсу оператора є засоби керування й відображення, показані на рисунку 3.5.

Щодо екранів System screens та User administration, вони є типовими, згенерованими майстром екранів, тому у пояснювальній записці не наводяться.

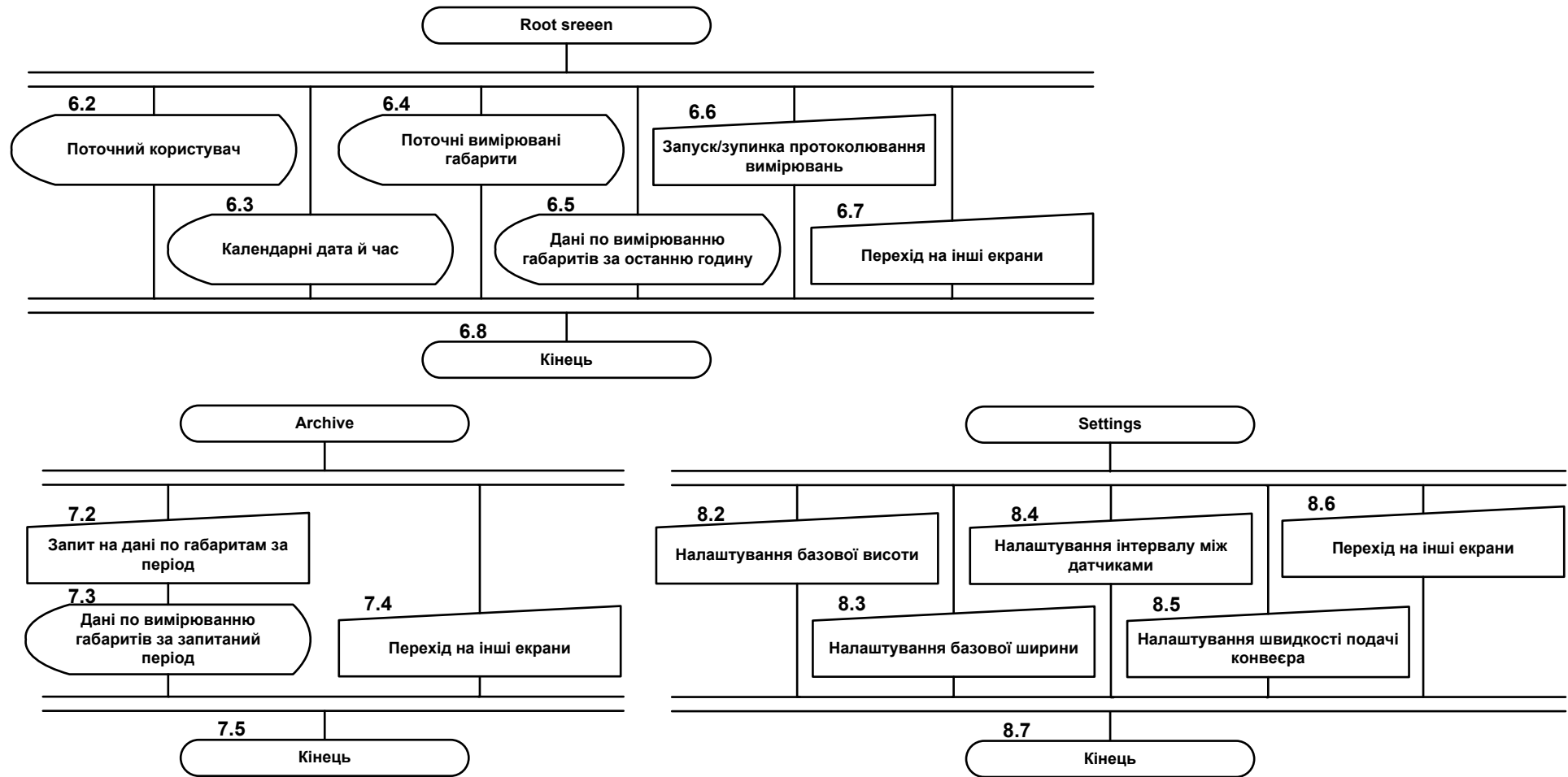


Рисунок 3.5 – Алгоритми роботи інтерфейсних екранів

Представлені на рисунках 3.1–3.5 алгоритми можуть бути використані для написання ПЗ КФС ОГХП.

3.2.5 Обґрунтування розмірів баз даних протоколів процесів

Періодичність вимірювань габаритів має складати 1 раз на 4 секунди. Тривалість зберігання даних складає 1 календарний місяць. Таким чином, мінімальна кількість записів протоколу періодичного контролю температур складе:

$$60 \text{ секунд} * 60 \text{ хвилин} * 24 \text{ години} * 31 \text{ доба} / 4 \text{ секунди} = 669\,600 \text{ записів.}$$

3.2.6 Технічні та програмні засоби, застосовані для реалізації програми

Технічні та програмні засоби, застосовані для розробки програмного забезпечення:

- персональний комп’ютер з портом WiFi;
 - операційна система не нижче Windows 10;
 - середовище Tia Portal V15 Advanced;
- Мова програмування – LAD STEP 7, WinCC.

3.3 Опис розробленої програми

3.3.1 Загальна інформація

Текст програми розміщено у проєкті ОГНР для Tia Portal у вигляді папки з файлами.

Для завантаження програми у контролер та НМІ-панель інтерфейсу КФС ОГХП використовується середовище Tia Portal V15. Завантажена програма розміщується в енергонезалежній пам’яті програм контролера Simatic та НМІ-панелі інтерфейсу оператора. Для виконання програми

використовуються вбудовані в контролер Simatic та НМІ-панель операційні системи. Запуск програми на виконання відбувається з івімкненням живлення.

Мови реалізації – LAD для контролера та WinCC для НМІ-панелей.

3.3.2 Функціональне призначення

ПЗ КФС ОХГП вимірює, обчислює, відображає й протоколює габарити посилок, упакованих в коробки з прямокутними гранями на конвеєрі сортувальної лінії поштового складу.

ПЗ отримує дані від АЦП вимірювальних каналів 0...10 В від датчиків відстані типу LiDAR.

ПЗ записує поточні значення габаритів спорадично по факту проходження посилки через мірні ворота.

ПЗ відображає графік значень габаритів з періодичністю кожні 10 секунд протягом 10 годин.

ПЗ зберігає дані з габаритів посилок у БД протоколу процесу у вигляді періодичних записів у файлі типу «txt» на змінному флеш-носії, який під'єднується до НМІ-панелі інтерфейсу оператора системи обліку габаритних характеристик посилки до 30 кг.

ПЗ виявляє посилку, яка проходить по сортувальному конвеєру через мірні ворота.

ПЗ визначає кут відхилення бічних граней упаковки посилки від нормалі до осей базису xOy , де вісь Ox перпендикулярна а вісь Oy – паралельна вектору напрямку переміщення посилки конвеєром.

ПЗ вимірює відстань від верхньої перекладини мірних воріт до верхньої грані упаковки посилки.

ПЗ визначає висоту посилки у вигляді проєкції на вісь Oz тривимірного базису $xOyOz$.

ПЗ вимірює відстані від вертикальних стійок до бічних граней прямокутної упаковки посилки на кожний 1 см поверхні.

ПЗ виявляє дві бічні поверхні посилки, відстань між якими вважається шириною посилки.

ПЗ обчислює проєкцію ширини посилки на вісь Ox .

ПЗ обчислює ширину упаковки прямокутної посилки, використовуючи її проєкцію на вісь Ox та кут відхилення її бічних граней від нормалей горизонтального координатного базису xOy .

ПЗ вимірює інтервал часу проходження виявлених бічних граней посилки, відстань між якими вважається шириною, через мірні ворота.

ПЗ обчислює проєкцію довжини посилки на вісь Oy за результатом вимірювання інтервалу часу проходження бічних граней посилки, відстань між якими вважається шириною, через мірні ворота в умовах відомої швидкості подачі сортувального конвеєра.

ПЗ обчислює довжину упаковки прямокутної посилки, використовуючи її проєкцію на вісь Oy та кут відхилення її бічних граней від нормалей горизонтального координатного базису xOy .

ПЗ зберігає еталонні значення базової ширини й висоти внутрішніх поверхонь мірних воріт, відстань між датчиками вимірювання відстані по вертикалі, швидкість подачі конвеєра в енергонезалежній пам'яті контролера.

ПЗ надає інтерфейс для коригування еталонних значень базової ширини й висоти внутрішніх поверхонь мірних воріт, відстань між датчиками вимірювання відстані по вертикалі, швидкість подачі конвеєра.

ПЗ надає інтерфейс для ввімкнення й вимкнення протоколювання габаритів посилок, що проходять через мірні ворота.

ПЗ дозволяє проглядати БД протоколу процесу із записаними габаритами посилок.

ПЗ обмежує доступ до ввімкнення запису БД, перегляду записів БД, редагування еталонних значень для вимірювань шляхом розподілу прав користувачів рівня «Оператор» та «Адміністратор» з паролем захистом авторизованого входу.

ПЗ керує передачею даних по мережі PROFINET на рівні представлення даних в режимі PROFINET CBA.

Ведучим мережі є контролер CPU 1212C AC/DC/Rly. Панель НМІ є веденою.

ПЗ не керує передачею даних по мережі PROFINET на рівні каналу.

3.3.3 Опис логічної структури ПЗ

Логічна структура ПЗ побудована, виходячи зі схеми функціональної структури, згідно розділу 1 кваліфікаційної роботи.

ПЗ розміщене в енергонезалежній пам'яті програм контролера CPU 1212C AC/DC/Rly та НМІ-панелі KTP700 Basic PN у вигляді виконуваного коду.

Складова проекту, розміщена у контролері CPU 1212C AC/DC/Rly містить:

- апаратну конфігурацію й мережні налаштування у контролері CPU 1212C AC/DC/Rly згідно схеми функціональної структури й розподілу мережних адрес;

- таблицю меркерів Default tag table;

- глобальний блок даних ProcessingDataDB;

- глобальний енергонезалежний блок даних еталонних значень DistSettingsDB для використання в обчисленнях;

- організаційний блок CyclicMeaz;

- організаційний блок Main;

- функцію GetAngle();

- функціональний блок VerticalDataProcessing();

- локальний блок даних VerticalDataProcessing_DB функціонального блоку VerticalDataProcessing().

Таблиця меркерів Default tag table містить таблицю вхідних значень відстаней, отриманих від АЦП двох модулів SM 1231 8xAI та двох аналогових входів CPU 1212 AC/DC/Rly.

Глобальний блок даних ProcessingDataDB містить поточні значення габаритів посилок для передачі мережею PROFINET, а також оперативні дані, що використовуються в обчисленнях, зокрема оброблені дані, отримані від аналогових каналів датчиків відстаней, що дозволяє для віртуалізувати обробку даних від апаратної схеми підключень датчиків LiDAR, відображеної в Default tag table.

Глобальний енергонезалежний блок даних DistSettingsDB містить еталонні значення базової ширини й висоти внутрішніх поверхонь мірних воріт, відстань між датчиками вимірювання відстані по вертикалі, швидкість подачі конвеєра для використання в обчисленнях габаритів послілки.

Організаційний блок CyclicMeaz працює в режимі періодичного виклику кожні 10 мс. Він обробляє дані від усіх аналогових каналів датчиків LiDAR, перетворюючи дані з квантів АЦП у міліметри. Також цей блок викликає функціональний блок VerticalDataProcessing().

Організаційний блок Main працює в режимі циклічного виклику. Він послідовно виконує наступні кроки:

- підготовка масиву горизонтальних проєкцій ширини, що складається з п'яти значень, методом їх зсуву від першого елемента на наступну позицію з втратою останнього значення після кожного виклику блоку CyclicMeaz. Новий результат вимірювання записується на першу позицію;

- фіксація ширини горизонтальної проєкції послілки, коли всі п'ять значень масиву горизонтальних проєкцій ширини співпадають;

- вимірювання часу проходження бокової проєкції ширини через мірні ворота, коли всі п'ять значень масиву горизонтальних проєкцій ширини співпадають, але починаючи з самого раннього моменту з п'яти проб;

- визначення проєкції довжини послілки на вісь 0у за виміряним часом проходження послілки через мірні ворота та швидкістю подачі конвеєра;

- вимірювання часу проходження бази вимірювання кута через мірні ворота за командою від організаційного блоку CyclicMeaz;

– визначення кута відхилення бічних горизонтальних граней прямокутної посилки від нормалей базису xOy за часом проходження бази кута, шириною бази, швидкістю подачі конвеєра з викликом функції `GetAngle()`;

– визначення ширини посилки за кутом відхилення та проєкцією на вісь Ox ;

– визначення довжини посилки за кутом відхилення та проєкцією на вісь Oy .

Функціональний блок `VerticalDataProcessing()` викликається в організаційному блоці `CyclicMeaz` і виконує наступні дії:

– визначення наявності посилки у мірних воротах;

– визначення висоти посилки;

– визначення ширини бази вимірювання кута через мірні ворота;

– подача команди на початок вимірювань часу проходження бази вимірювання кута через мірні ворота;

– подача команди на початок вимірювань часу проходження проєкції довжини посилки через мірні ворота.

Функція `GetAngle()` викликається в організаційному блоці `Main` для розрахунку кута відхилення бічних горизонтальних граней прямокутної посилки від нормалей базису xOy .

Складова проєкту, розміщена у НМІ-панелі `KTP700 Basic PN` містить:

- апаратну конфігурацію й мережні налаштування у НМІ-панелі згідно схеми функціональної структури й розподілу мережних адрес;

- таблицю комутацій `Connections`;

- список спорадичного протоколювання `Gabarites_log`;

- таблицю меркерів `Default tag table`;

- основний екран `Root screen`;

- екран відображення протоколу процесу `Archive`;

- екран налагодження еталонних значень `Settings`;

- екран адміністрування користувачів `User administration`.

Таблиця комутацій Connections містить дані конфігурації каналу зв'язку панелі ІО з БВГП через мережу PROFINET CBA.

Список спорадичного протоколювання Gabarites_log містить опис змінних, відповідальних за габарити посилки, методу протоколювання, структури запису, обмеження розміру БД, способу заміни записів БД після повного заповнення.

Таблиця меркерів Default tag table містить дані з довжини, ширини й висоти посилки, отримувані від БВГП, базові еталонні значення, необхідні для вимірювань, які надсилаються на БВГП, налагодження періодичності обміну даними, локальні змінні, що відображають логін поточного користувача, а також внутрішню команду на початок ведення протоколу вимірювань.

Основний екран Root screen містить відображення логіну поточного користувача, календар і годинник реального часу, габарити поточної посилки, перемикач для подачі команд початку та закінчення ведення протоколювання у БД, вікно трендів для відображення габаритів посилок за останні 10 годин, включаючи поточну, кнопки навігації між екранами. Доступ до перемикача обмежений користувачами рівня «оператор» та «адміністратор».

Екран Archive screen містить вікно трендів для відображення записів у БД щодо габаритів посилок, які зберігаються у БД, а також органів керування запитами до БД для відображення результатів на таблиці трендів. Доступ до екрану дозволено користувачу рівня «оператор».

Екран Settings містить засоби для введення еталонних значень, передбачених проєктом. Доступ до екрану дозволено користувачу рівня «адміністратор».

Екран User administration містить засоби для перегляду списків та введення у систему нових користувачів, призначення їм прав доступу й паролів. Доступ до екрану дозволено користувачу рівня «адміністратор».

3.4 Використані технічні засоби

Для виконання програми необхідні: контролер CPU 1212C AC/DC/Rly – 1 шт.; НМІ-панель KTP 700 Basic PN – 1 шт.; модуль SM 12318xAI – 2 шт.; роутер TP-Link TL-WR820N – 1 шт.; блок живлення Mean Well NDR-75-24 – 1 шт.

3.5 Виклик та завантаження

Відповідні модулі програми завантажуються до енергонезалежної пам'яті контролера CPU 1212C AC/DC/Rly, та НМІ-панелі KTP 700 Basic PN по інтерфейсу Ethernet, де знаходяться весь час експлуатації КФС ОХГП. Початковий проект зберігається окремо у вигляді папки OGNP.

Запуск ПЗ відбувається після ввімкнення живлення КТЗ КФС ОХГП.

Вхідні точки в ПЗ – організаційні блоки Main та CyclicMeaz на контролері, а також екранна форми Root screen на панелі оператора.

3.6 Вхідні й вихідні дані

Вхідні та вихідні дані наведено у додатка А і Б у складі текстів програм БВГП та Ю.

ВИСНОВКИ

У роботі розроблюються технічне й програмне рішення для кіберфізичної системи обліку габаритних характеристик посылки до 30 кг. У результаті було отримано технічно-програмне рішення, представлене схемою функціональної структури КФС ОХГП. Це дозволило сформулювати технічні вимоги, на основі яких розроблено функціональну схему автоматизації та принципову схему КФС ОХГП. КТЗ, використаний для технічного рішення – промислове обладнання Siemens, а саме контролер і модулі серії S7-1200 та 7-дюймова НМІ-панель Basic PN формату Portrait. В ПЗ для КФС ОХГП розроблено алгоритми і програму, яка керує вимірюванням габаритів упакованих у прямокутні коробки посилок до 30 кг, які проїжджають на сортувальному конвеєрі через мірні ворота з безконтактними датчиками відстані. Для ПЗ інтерфейсу оператора розроблено екранні форми, засоби керування й відображення даних з габаритів, визначено змінні, їх джерела та отримувачі даних, періодичність оновлення, написано внутрішні макроси, запропоновано засоби аутентифікації й адміністрування користувачів, сформовано структуру таблиці розроблено функціонал системи керування для бази даних протоколу процесу вимірювання габаритів.

Запропоновані програмне й технічне рішення відповідають технічним вимогам, поставленим до обліку габаритних характеристик посылки до 30 кг.

Ступінь вирішення поставлених задач є достатньою для досягнення мети кваліфікаційної роботи – розробка кіберфізичної системи вимірювання, збереження, відображення і надання по запиту даних з габаритних характеристик посылки масою до 30 кг.

Практичне значення результатів роботи, полягає в наданні можливості обліку габаритів упакованих посилок на підприємствах, що вирішують задачі послуг поштових доставок, перевезень, планування логістики.

Перспективи подальшого розвитку кіберфізичної системи обліку габаритних характеристик посилки до 30 кг вбачаються у можливому розширенні засобів і методів контролю габаритів для підвищення продуктивності й точності вимірювань габаритів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Конвеєрне сортування: що це та як воно відбувається? Сайт Коло News. Url: <https://kolo.news/category/suspilstvo/34600> (Дата звертання 24.04.2025).
2. Конвеєрні системи для сортування посилок – КІТ (Нова Пошта). Фірма KONSORT. Url: <https://www.youtube.com/watch?v=rjAAyyWGtLk>. (Дата звертання 24.04.2025).
3. Система Pick by Light. Фірма Українські Інтелектуальні Системи. Url: <https://uislab.com/uk/products/pick-by-light/>. (Дата звертання 24.04.2025).
4. Кабінет міністрів України. Про затвердження Правил надання послуг поштового зв'язку. Постанова від 17 серпня 2002 р. №1155. Url: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1155-2002-%D0%BF#Text> (Дата звертання 24.04.2025).
5. Великогабаритні або великовагові відправлення. Укрпошта. Url: <https://www.ukrposhta.ua/ua/vidpravlennia-v> (Дата звертання 24.04.2025).
6. Об'ємна вага посилки: що це та як він впливає на доставку товару Новою Поштою? Інтернет-магазин "Експрес упаковка" Url: <https://pack.ua/uk/articles/upakovka-stati/obyemna-vaga-posilki-scho-tse-ta-yak-vin-vplivaye-na-dostavku-tovaru-novoyu-poshtoyu> (Дата звертання 24.04.2025).
7. Коробки для пошти. Інтернет-магазин "Експрес упаковка" Url: <https://pack.ua/uk/kartonnyye-korobki-v-nalichii/korobki-novoy-pochty/> (Дата звертання 24.04.2025).
8. Розміри та гранична маса міжнародних поштових відправлень Укрпошта. Url: https://www.ukrposhta.ua/doc/kutochok-spozhyvacha/3_Rozmiry_ta_hranychna_masa_mizhnarodnykh_poshtovykh_vidpravlen.pdf (Дата звертання 24.04.2025).
9. Belt conveyors: Types, advantages, features and tasks in warehouse logistics. Kapelou Company Url: <https://kapelou.com/en/blog/intralogistics/belt-conveyors-types-features> (Дата звертання 24.04.2025).

10. Що таке далекомір і як він працює? Сайт Militaria.pl Url: <https://militaria.pl/ua/porady/shcho-take-dalekomir-i-yak-vin-pratsyuye> (Дата звертання 24.04.2025).
11. Ультразвукові далекоміри. Переваги і недоліки в порівнянні з лазерними рулетками. Фірма МПР-КВПіА. Url: <https://mpr-kip.com/ua/a292496-ultrazvukovye-dalnomery-dostoinstva.html> (Дата звертання 24.04.2025).
12. Radar Або Lidar: Як Обрати Технологію Для Збору Даних. Компанія EOS Data Analytics. Url: <https://eos.com/uk/blog/lidar-ta-radar/> (Дата звертання 24.04.2025).
13. Що таке LiDAR? Чому сканер гальванометра важливий для ADAS Lidar і автономного зондування? Sino-Glavo Technology Co., Ltd. Url: <http://ua.chinagalvo.com/adas-lidar> (Дата звертання 24.04.2025).
14. Технологія радарних датчиків та сфери застосування. Компанія Ifm electronic GmbH. Url: <https://www.ifm.com/ua/uk/shared/technologies/radar/radar-technology#benefits> (Дата звертання 24.04.2025).
15. Датчики вимірювання відстані типу O1D. Компанія Ifm electronic GmbH. Url: https://www.ifm.com/ua/uk/category/200_010_020_010_180#/best/1/100 (Дата звертання 24.04.2025).
16. Фотоелектричний датчик відстані O1D102. Компанія Ifm electronic GmbH. Url: <https://www.ifm.com/ua/uk/product/O1D102> (Дата звертання 24.04.2025).
17. SM 1231 analog input module specifications. Siemens AG 2009-2025. Url: <https://support.industry.siemens.com/cs/mdm/91696622?c=61288471819&lc=en-AE> (Дата звертання 28.04.2025).
18. 6ES7212-1BE40-0XB0. SIMATIC S7-1200, CPU 1212C. Data sheet. Siemens: 2025. 7 p.
19. SIMATIC HMI, панель оператора KTP700 BASIC. Київський магазин електроустановчих виробів ABR, 2025. Url: <https://abr.com.ua/simatic->

[hmi-panel-operatora-ktp700-basic-z-seriji-basic-knopky-i-sensorne-upravlinnya-tft-dyspley-7-65536-koloriv-interfeys-profinet-nastroyka-v-seredovyschi-wincc-basic-v13-step7-basic-v13-i-starshe-mistyt-bezkoshtovne-pz-z-vidkryтым-kodom-dyv-detavno-6a](#) (Дата звертання 28.04.2025).

20. Маршрутизатор TP-Link TL-WR820N. ТОВ "Приватінвест", "BRAIN Computers™", 1996–2025. Url: https://brain.com.ua/ukr/Marshrutizator_TP-Link_TL-WR820N-p600748.html (Дата звертання 28.04.2025).

21. Блок живлення Mean Well на DIN-рейку DC 24V 75W 3,2A (NDR-75-24). Інтернет-магазин 5WATT, 2025. Url: <https://5watt.ua/uk/blok-zhivlennya-mean-well-na-din-rejku-dc-24v-75w-32a-ndr-75-24-24649.html> (Дата звертання 28.04.2025).

ДОДАТОК А

Текст програми блоку вимірювання габаритів посилок КФС ОХГП

**Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”**

**ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
БЛОК ВИМІРЮВАННЯ ГАБАРИТІВ ПОСИЛОК КФС ОХГП**

Текст програми

804.02070743.25018-01 12 01

Листів ___

АНОТАЦІЯ

Дана програма містить в собі початковий програмний код програми блоку вимірювання габаритів посилок КФС ОХГП.

Програма призначена для вимірювання габаритів посилок до 30 кг, упакованих у прямокутні коробки.

Програма написана мовою LAD для контролерів Siemens, відлагоджена із застосуванням середовища Tia Portal V15 і призначена для застосування на контролерах Simatic CPU 1212C AC/DC/Rly.

ЗМІСТ

С.

1. Таблиця меркерів Default tag tab	
2. Організаційний блок CyclicMeaz	
3. Організаційний блок Main	
4. Функціональний блок VerticalDataProcessing	
5. Функція GetAngle	
6. Блок даних DistSettingsDB	
7. Блок даних ProcessingDataDB	

ДОДАТОК Б

Інтерфейс оператора КФС ОХГП

**Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”**

**ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ІНТЕРФЕЙС ОПЕРАТОРА КФС ОХГП**

Схема інтерфейсу

804.02070743.25018-01 12 01

Листів ___

АНОТАЦІЯ

Даний документ містить в собі схему розміщення елементів візуалізації габаритів посилки поточного вимірювання, вимірювання габаритів протягом 10 годин, результатів запиту до бази даних габаритів посилок.

Інтерфейс реалізовано засобами WinCC для контролерів Siemens, відлагоджено із застосуванням середовища Tia Portal V15 Advanced і призначено для застосування на НМІ-панелях КТР 700 Basic PN.

ЗМІСТ

С.

1. Таблиця меркерів Default tag tab	
2. Таблиця підключень Connections	
3. Таблиці баз даних Historical data	
4. Таблиця користувачів User administration	
5. Екран Root screen	
6. Екран Settings	
7. Екран Archive	
8. Екран User administration	