

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра електроніки та комп'ютерної техніки

## Пояснювальна записка

До випускної кваліфікаційної роботи магістра

на тему

«Биноміальна система управління з підвищеною  
відмовостійкістю»

Завідуючий кафедрою

\_\_\_\_\_ А. С.

Опанасюк

Керівник

\_\_\_\_\_ І.А.

Кулик

Консультант:

по економічній частині

\_\_\_\_\_ О. М.

Маценко

Виконав студент

групи ЕС.м – 01

\_\_\_\_\_ С. Л. Скачедуб

Суми 2021

## ЗМІСТ

Вступ

1 Огляд літератури і постановка задачі проектування

1.1 Короткий огляд літератури

1.2 Постановка завдання проектування

2 Науково-дослідна частина

2.1 Визначення завадостійкості керуючих систем  
на основі біноміальних двійкових чисел

2.2 Розрахунок завадозахищеності передачі даних у вигляді бі-  
номіальних двійкових чисел при різних параметрах коду

2.3 Висновки по науково-дослідної частини

3 Розробка електронного пристрою з використанням отриманих результатів  
дослідження

3.1 Обґрунтування алгоритму функціонування і структур-  
ної схеми проектованого пристрою

3.2 Розробка схеми електричної функціональної проектованого  
пристрою

3.3 Розробка і розрахунок принципів електричних  
схем, вузлів і блоків пристрою

3.4 Висновки

4 Техніко-економічна частина

4.1 Активна частина основного капіталу і її роль в ви-  
вальних процесів

4.2 Розрахунок економічного ефекту проектованого пристрою

4.3 Висновки по техніко-економічній частині.

Висновок

Список літератури

					ЕлІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Одним із наслідків науково-технічного прогресу є інтенсифікація та розвиток виробництва, що не представляється неможливим без комплексної автоматизації та вдосконалення в технічному плані виробничих технологічних процесів. Однією з основних складових частин автоматичних і автоматизованих систем управління, є електронні системи. У більшості випадків розглядаються цифрові або мікропроцесорні системи виконують функції обробки цифрових даних на вході і вироблення адекватного управляючого впливу на виході системи. Як правило, дані системи призначені для вирішення наступних пов'язаних між собою завдань:

- управління пристроями;
- виконання обчислень.

Системи управління пристроями в реальних умовах працюють в умовах зовнішніх і внутрішніх збурень. Під зовнішніми збуреннями, або перешкодами, розуміють обурення, що надходять із зовнішнього середовища, а під внутрішніми - перешкоди або відмови, що виникають в самій системі управління.

В таких умовах важливою проблемою, розв'язуваної при проектуванні системи управління, є підвищення її безпеки, надійності, завадостійкості та живучості.

Безпека - сукупність властивостей системи управління, яка дозволяє уникати аварій.

Надійність - здатність системи управління виконувати свої функції протягом заданого відрізка часу.

Перешкодостійкість - здатність системи управління виконувати свої функції в умовах перешкод.

Живучість - можливість виконання системою управління своїх основних функцій при відмові частини обладнання.

Сучасні системи управління так чи інакше вирішують ці завдання, однак вимоги до них безперервно зростають, тому боротьба із зовнішніми і внутрішніми збуреннями в системах управління є на сьогоднішній день актуальним завданням.

										Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата						

У даній роботі розглядається один із способів підвищення завадостійкості системи управління без внесення значних змін в її внутрішню структуру - застосування завадостійкого кодування. Використовуваний в даній роботі для захисту інформації від перешкод біноміальний рівномірний код має низку переваг, серед яких можна виділити високу надійність і гарну швидкодію.

Пристрої, що використовують біноміальні системи числення, дозволяють виконати нові функції, важко досягаються звичайними засобами, наприклад, з їх допомогою можна досягти одночасно високого коефіцієнта стиснення інформації та високого ступеня захисту.

Недоліком подібних пристроїв є відносно висока складність їх апаратної реалізації. Однак при сучасному рівні інтегральної технології можна отримувати цифрові пристрої практично будь-якої складності без істотного підвищення їх вартості.

Для оцінки ефекту збільшення завадостійкості, що досягається використанням біноміального коду, проводиться дослідження залежності ймовірності виникнення помилки при передачі даних від параметрів коду і характеристик каналу зв'язку. На підставі цього дослідження можна не тільки судити про переваги використовуваного коду, але і робити вибір на користь тих чи інших його параметрів при впровадженні в пристрої для отримання максимальної віддачі.

					ЕлІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

# 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ПРОЕКТУВАННЯ

## 1.1 Короткий огляд літератури

**1.1.1 Основні поняття в управлінні.** Управлінням називається зміна станів об'єкта, системи або процесу, яке призводить до досягнення поставленої мети. При цьому об'єкт, на зміну станів якого спрямовані дії, що управляють, називається об'єктом управління, а будь-які зовнішні дії, що призводять до зміни його станів, називаються керуючими діями. Стан об'єкта управління визначається сукупністю значень його параметрів. Стан, в яке прагнуть перевести об'єкт управління, називається метою управління.

Керуюча дія передається через сигнал, який подається на вхід об'єкта управління та впливає на його вихідну величину. Характер зміни керуючої величини за часом називається законом управління. Саме управління, здійснюване у часі, є цілеспрямованим процесом вироблення управляючих впливів, вкладених у зміну станів об'єкта управління, заснованих на переробці інформації про нього. Інформація є необхідним атрибутом процесу управління, тому що для процесу управління необхідно знати і передбачати поведінку об'єкта управління за різних можливих зовнішніх впливів на нього. Зовнішні чинники, які впливають на об'єкт управління та зумовлюють відхилення регульованих величин від встановлених значень, називаються впливами, що обурюють (факторами). Обурювальні чинники зазвичай є випадковими величинами і неможливо знайти надійно врахованими заздалегідь.

Управління завжди пов'язане з вибором однієї з можливих альтернатив. Якщо альтернатива одна, то управління неможливо у принципі, проте навіть якщо їх багато, то далеко не завжди серед них знайдеться така, що відповідає меті управління. Тому управління можливе тільки в тому випадку, коли серед усіх можливих станів об'єкта управління знайдеться таке, за допомогою переходу до якого можливе досягнення поставленої мети. Властивість, що характеризує можливість приведення об'єкта управління в заданий стан за допомогою впливів, що управляють, називається його керованістю. Об'єкт вважається керованим, якщо існує управління  $U(t)$ , яке забезпечує його переведення за час  $t$  з довільного початкового стану  $x_0$  довільний стан  $x_1$  за

					ЕлІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

кінцевий час. Управління, яке переводить за кінцевий час об'єкт управління з будь-якого заданого початкового стану  $x_0$  у будь-яке інше  $x_1$ , у тому числі і кінцеве  $x_k$ , називається повною керованістю та частковою – якщо такої можливості не існує. Таким чином, перед тим як вирішувати завдання управління, необхідно з'ясувати, чи має вона рішення, тобто визначити, чи є в об'єкті управління необхідний стан, і якщо воно існує, то чи можливо його досягти за допомогою впливів, що управляють, які є в наявності.

Для того щоб керувати об'єктом з урахуванням різних факторів, що обурюють, необхідно знати і передбачати поведінку об'єкта, тобто апіорно зберігати інформацію про нього. Ця інформація створює інформаційну модель поведінки об'єкта управління під впливом впливів, що управляють. Основою складних інформаційних моделей становлять математичні моделі, які враховують як вплив на об'єкт у цей час, а й у попередні. З метою побудови математичних моделей використовуються диференціальні рівняння та інші складні математичні підходи та методи.

**1.1.2 Основні засади управління.** Управління ґрунтується на використанні принципів, найпростішим з яких є принцип управління збуренням. Принцип управління з обурення, відомий також як принцип розімкнутого управління, передбачає компенсування впливу збурень у процесі розвитку впливів, величина і напрямок яких задані заздалегідь. На жаль, далеко не завжди можливо врахувати всі фактори, що обурюють, тому управління з обурення в багатьох завданнях не використовується. Помилки, спричинені некомпенсованими обуреннями, призводять до недостатньо точного, а іноді й аварійного управління. У той же час управління з обурення є найпростішим і швидкодіючим, а при ретельному вимірі збурень та обліку характеристик об'єкта управління досить точним.

Другий принцип управління є основою всієї сучасної теорії управління. Цей принцип називається принципом негативного зворотний зв'язок, чи навіть принципом зворотний зв'язок. Використання принципу зворотний зв'язок збільшує чи зменшує відхилення дійсних значень регульованих величин від заданого значення, тому принцип зворотний зв'язок називають ще принципом управління з відхилення. Принцип зворотного зв'язку використовується тоді, коли вплив факторів, що обурюють, значно і вони заздалегідь невідомі, так що знехтувати ними або врахувати їх практично неможливо. В результаті їх вплив

					ЕлІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

враховується в процесі управління за знаком і величиною відхилення сигналу зворотного зв'язку. Цей сигнал дозволяє стежити за ефектом регулювання та усувати недо- та перерегулювання, збільшуючи тим самим ефективність управління. Недоліком управління із зворотним зв'язком є можливість втрати його стійкості. У цьому випадку регулюючі впливи не встигають за змінами регульованої величини, і тоді замість послаблення впливу сигналів керуючих на вихід об'єкта управління за допомогою негативного зворотного зв'язку може відбутися їх посилення.

Крім розглянутих вище основних принципів управління, існує ряд інших, досить значних. Розглянемо деякі з них.

Принцип децентралізованого управління використовується під час управління великою кількістю складних об'єктів управління. Управління кожним їх здійснюється переважно самостійно, у своїй вирішується загальне завдання управління з погодженням окремих завдань управління між собою. Принцип централізованого управління використовується у разі, коли кількість об'єктів управління невелика та їхню роботу необхідно жорстко узгоджувати між собою. Принцип екстремального керування використовується у разі, коли підтримується режим керування, який характеризується максимально можливими деякими показниками якості керування із втратою інших. Принцип адаптивного управління використовується у разі, коли необхідно процес управління пристосувати до змін факторів, що обурюють, і змін станів об'єкта управління з метою поліпшення якості управління. Принцип випадкового управління виникає у не цілком певних ситуаціях. Управління вибирається з кількох можливих стратегій, зазвичай, випадково. Принцип програмного управління використовується у випадку, коли необхідно, щоб стан об'єкта управління змінювався за задалегідь відомим законом. У цьому випадку між станами об'єкта управління та керуючими впливами встановлюється функціональний зв'язок. Закон зміни управляючих впливів встановлюється у своїй апріорно. Принцип слідкуючого управління працює аналогічно принципу програмного управління з тією відмінністю, що зміни впливів, що керують, задалегідь не встановлені і є випадковими.

Існують інші, більш приватні принципи управління, наприклад, динамічне програмування.

					ЕлІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



### 1.1.3 Узагальнена структура систем управління та її аналіз.

Розглянуті вище завдання керування вирішуються за допомогою систем керування. Під системою управління розуміється сукупність об'єктів управління та технічних засобів на них. Технічні засоби, призначені для цілеспрямованого на об'єкт управління, називаються управляючими системами.

Керуюча система та об'єкт управління з'єднуються через їх виходи та входи до єдиної системи управління (рисунок 1.1). Її структура задає всі основні параметри системи управління, такі як швидкодія, надійність.

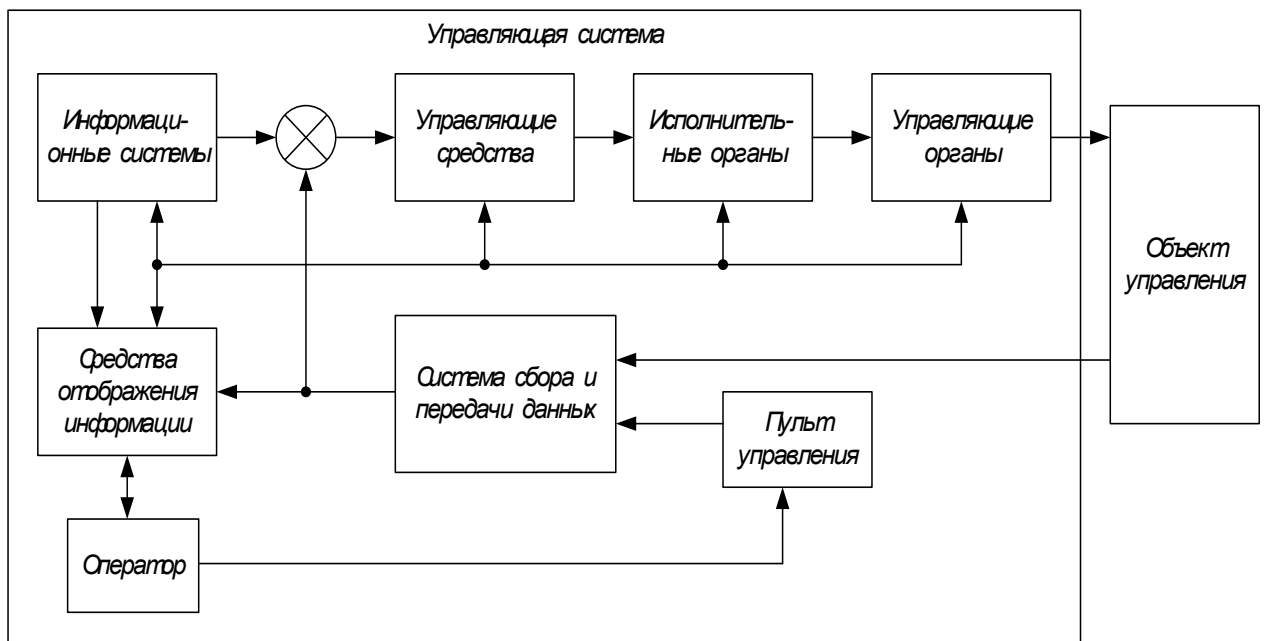


Рисунок 1.1 – Структура системи управління

Одна й та за своїми функціями система управління може бути реалізована за допомогою різних окремих структур, що відрізняються своїми характеристиками. Пошук серед цих структур найбільш адекватною для того чи іншого завдання управління є завданням вибору найбільш ефективної структури системи управління.

Завданням керуючих засобів є розвиток керуючих впливів, що надходять через виконавчі та регулюючі органи на об'єкт управління. Ці засоби є комплексом різних апаратних та програмних засобів у вигляді різного типу перетворювачів інформації, які виробляють вплив на об'єкт управління за певним законом. Ці дії надходять до виконавчих, які запускають регулюючі органи.

Інформаційна система апріорно зберігає всю необхідну інформацію про об'єкт управління, а також мету, критерії та програми управління, утворюючи тим самим інформаційну модель об'єкта управління. З метою підвищення ефективності керуючих рішень на цю модель вводиться також математична модель об'єкта управління.

Система збору та передачі даних призначена для здійснення перерахованих дій над інформацією про параметри об'єкта управління. Ці дані знімаються як сигналів з датчиків, що знаходяться безпосередньо на об'єкті управління. При необхідності сигнали посилюються і за допомогою системи передачі даних надходять у систему керування елемент порівняння. На елементі порівняння отримані сигнали порівнюються із сигналами, що надходять від інформаційної системи. У результаті визначається величина розбіжності – відхилення реальних параметрів об'єкта щодо необхідних значень. За допомогою керуючих засобів ця розбіжність усувається шляхом вироблення ними відповідних впливів на виконавчі пристрої, які, своєю чергою, впливають на регулюючі органи. Останні змінюють параметри об'єкта управління таким чином, щоб розбіжність знизити до мінімуму, а в ідеалі - до нуля, в чому і полягають мета і завдання будь-якого управління.

Система відображення інформації необхідна у тих випадках, коли в ланцюзі управління перебуває людина. Вона вирішує завдання подачі йому інформації у зручному вигляді, наприклад, у формі графіків, таблиць тощо. Пульт керування призначений для організації впливів на хід керування оператором. Він може впливати в загальному випадку на будь-який блок керуючої системи, вносячи в роботу необхідні корективи.

Входи та виходи керуючої системи та об'єкта управління призначені також для організації прямих та зворотних зв'язків у системі управління. Зв'язок від керуючої системи до об'єкта управління називається прямий, як від об'єкта управління до керуючої системі – зворотної. За допомогою прямого зв'язку здійснюється процес управління об'єктом – зміна його станів у бажаному напрямку, а за допомогою зворотного зв'язку передається інформація про реальний стан об'єкта управління – системи керування. Порівняння цього стану з бажаним визначає величину розбіжності і, відповідно, визначає подальші дії системи керування зі зміни станів об'єкта управління.

										Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата						

Зазвичай процес управління здійснюється так: від об'єкта управління в керуючу систему передається інформація про значення параметрів об'єкта управління. Керуюча система порівнює їх із необхідними значеннями параметрів, що зберігаються в пам'яті, і визначає величину їх розбіжності. Після цього вибирається спосіб усунення цієї розбіжності, який далі реалізується системою керування.

**1.1.4 Цифрові системи керування.** За формою сигналу системи управління діляться на аналогові та цифрові. Перевагою аналогових систем управління є швидкодія та відносно недорога та компактна їх реалізація. Однак точність і надійність роботи цих систем недостатні, тому розроблено цифрові системи управління, основу яких склали цифрова обробка і подача сигналів. Їхня головна перевага – висока точність роботи. Водночас значно зростають надійність, завадостійкість та живучість. Крім того, цифрові системи відрізняються гнучкістю та універсальністю. Швидкодія цифрових систем управління хоч і менша, ніж швидкодія аналогових, але для більшості практичних випадків виявляється достатньою. В результаті цифрові системи на сьогодні зайняли провідне становище у всіх сферах використання систем керування. У той же час обійтися без аналогових елементів цифрові системи та пристрої в принципі не можуть, тому правильніше слід говорити не про цифрові системи управління, а про цифрові з аналоговими елементами. Крім того, у багатьох сферах, де вимоги до точності не настільки високі і потрібна висока швидкодія або мала вартість, ефективно використовуються аналогові системи управління.

Як правило, у цифрових системах управління керуючим засобом є або керуючий пристрій, або цифрова електронна обчислювальна машина (ЕЦВМ).

Якщо цифрова система управління працює у прискореному масштабі часу, тобто працює з тією самою швидкістю, що і швидкодіючий об'єкт управління, така система управління називається цифровою системою управління в реальному масштабі часу. Основу цих систем складають обчислювальні машини, аналого-цифрові та цифроаналогові перетворювачі. У цьому може бути створений ієрархічний комплекс управління з допомогою низки ЕЦВМ. Для підвищення швидкодії дані керуючі системи вводять спеціалізовані обчислювальні машини.

									Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата					

У випадку цифрова система управління то, можливо представлена рисунку 1.2. Вона складається з пристрою вводу-виводу (УВВ), обчислювального пристрою (ВУ), цифроаналогового перетворювача (ЦАП), аналого-цифрового перетворювача (АЦП) та об'єкта управління (ОУ). Програма керування через пристрій вводу-виводу записується в пам'ять обчислювального пристрою, який також зберігає необхідну інформацію про об'єкт управління. Поточні параметри об'єкта керування за допомогою АЦП перетворюються на цифрову форму та порівнюються з необхідними параметрами. отримане в результаті порівняння розбіжність перетворюється за допомогою ЦАП в аналогову форму і у вигляді впливу, що управляє, впливає на об'єкт управління, приводячи його в необхідний стан.

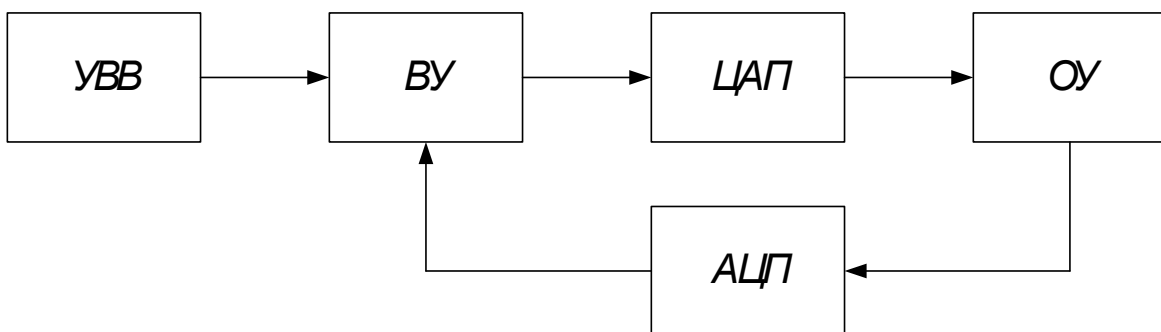


Рисунок 1.2 – Цифрова автоматична система керування

**1.1.5 Порівняння методів реалізації систем управління.** Існує три основних способи реалізації системи управління: реалізацію у вигляді логічної комбінаційної або тимчасової логічної схеми, реалізацію з використанням логічної або обчислювальної машини, що управляє.

Система управління, побудована на логічних схемах - найбільш дешева з усіх систем управління, має найбільшу швидкодію. Якщо об'єкт і алгоритм управління такі, що можна точно сформулювати оптимальні впливи на об'єкт управління при будь-яких можливих ситуаціях і не очікується зміни самого об'єкта керування, і методів управління ним, то такий варіант системи управління є найбільш переважним. Особливо це розумно, якщо число таких об'єктів велике, всі вони ідентичні за своїми характеристиками і вимагають модифікації під управлінням.

Система управління, на логічній машині, що управляє, – порівняно недорогога система, зручна, коли не пред'являються високі вимоги щодо

					ЕлІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документи	Підпис	Дата		

швидкодії. Якщо об'єкт управління та алгоритм управління такі, що можна точно сформулювати оптимальні впливу на об'єкт управління при будь-яких можливих ситуаціях і не очікується істотної зміни в самому об'єкті та алгоритмі управління ним, то вигідно будувати систему управління на базі логічної керуючої машини із жорсткою структурою. Якщо можливі неprincipові зміни алгоритму управління, можна будувати систему управління з урахуванням керуючої логічної машини з програмованою структурою. Якщо систему управління, що розробляється, передбачається використовувати для безлічі близьких об'єктів, які незначно відрізняються один від одного за своїми характеристиками і алгоритмами управління, то доцільність вибору системи управління з керуючої логічної машиною підвищується.

Система управління на керуючій обчислювальній машині – найдорожча система управління, що відрізняється широкими можливостями. Дозволяє вирішувати широке коло завдань, що включає не тільки завдання багатоконтурного прямого регулювання, а й ряд інших завдань. Серед них найбільший інтерес мають завдання, пов'язані з економічними розрахунками, а також завдання оптимізації. Крім того, на такій системі можна накопичувати досвід з управління та на підставі аналізу цього досвіду уточнювати алгоритм управління об'єктом. Таким чином, якщо об'єкт управління вивчений недостатньо, якщо управління ним проводиться не на основі точного перерахування ситуацій із зазначенням, що робити для будь-якої з них, а на підставі неформалізованого інтуїтивного досвіду оператора, то розробник повинен зупинити свій вибір на системі управління з обчислювальною машиною. Недоліком у цьому випадку є, як правило, велике запізнення та не надто висока надійність. При використанні систем управління з керуючою обчислювальною машиною навіть на родинних об'єктах доводиться, як правило, вносити істотні поправки в алгоритми управління. Це пов'язано з тим, що з вирішенні оптимізаційних завдань можуть враховуватися специфічні особливості даного об'єкта.

**1.1.6 Біноміальна система числення.** Існує досить багато систем числення, основами яких є функціональні залежності. Однією з таких систем є бінома двійкова система числення. Підставою даної системи є вираз для біномних коефіцієнтів

											Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата							

(поєднання  $k$  елементів з  $n - C_n^k$ ).

Кодотворча функція має такий вигляд:

$$F = a_j C_{n-1}^k + a_{j-1} C_{n-1}^{k-a_j} + \dots + a_0 C_{n-j}^{k-q}, \quad (1.1)$$

де  $q$  – кількість одиниць у записі числа, розраховується за формулою

$$q = \sum_{m=1}^j a_z, \quad (1.2)$$

де  $a = 0, 1$ .

$j$  – довжина біномної комбінації.

На підставі рівностей (1.1) та (1.2) отримаємо, що максимальне біномне число дорівнює

$$F_{\text{бин}}^{\max} = 111\dots 1 = C_{n-1}^k + C_{n-1}^{k-a_j} + \dots + C_{n-k+1}^{k-k+1} = C_n^k - 1. \quad (1.3)$$

Отже, діапазон представлених у біноміальній системі числення чисел, що враховують нуль, дорівнює  $C_n^k$ .

Подані в біноміальній системі числення числа повинні задовольняти одній із двох систем обмеження:

$$\begin{cases} q = k, \\ j < n, \end{cases}, \quad (1.4)$$

$$\begin{cases} n - k = j - q, \\ q < k, \end{cases}. \quad (1.5)$$

Обмеження (1.4) показує, що кількість одиниць, необхідних для представлення числа біномним кодом, що підкоряється цим обмеженням, дорівнює  $k$ .

З (1.4) випливає, що максимальне значення  $j$  дорівнює  $n - 1$ .

Отже, максимальне число нулів у біноміальних кодових комбінаціях дорівнюватиме  $n - k - 1$ . Крім того, біноміальні кодові комбінації, що залежать від системи обмежень (1.4) повинні закінчуватися одиницями. В іншому випадку не виконуватиметься обмеження. Число нулів у комбінації, що підкоряються цій системі обмежень, змінюється від  $0$  до  $n - k - 1$ .

Обмеження (1.5) показує, що число нулів, необхідні однозначного представлення числа в біноміальному коді, має дорівнювати  $n - k$ . В цьому

					ЕЛІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

випадку. Найбільша кількість одиниць у комбінаціях біномного коду дорівнює  $k - 1$ . Сума максимального числа нулів та одиниць у біноміальному коді визначає найбільшу довжину кодової комбінації, що задовольняє системі обмежень (1.5):

$$j_{\max} = n - k + k - 1 = n - 1. \quad (1.6)$$

Біноміальні кодові комбінації, що задовольняють обмеження (1.6), повинні закінчуватися нулем. Число одиниць для різних кодових комбінацій не однаково - воно змінюється від 0 до  $k - 1$ . Число нулів постійно і дорівнює  $n - k$ .

Таким чином, двійкові біномні кодові комбінації можна розділити на два класи:

а) кодові комбінації, що закінчуються одиницею, що містять  $k$  одиниць та змінне число нулів, що змінює в межах від 0 до  $n - k$ ;

б) кодові комбінації, що закінчуються нулем, що містять  $n - k$  нулів та змінну кількість одиниць, що змінюється в межах від 0 до  $k - 1$ .

Алгоритм формування біномних комбінацій.

1. Формується початкова комбінація, що з  $n - k$  нулів.
2. До молодшого розряду записується 1, якщо число одиниць менше  $k$ , то ліворуч від молодшого розряду дописується 0, якщо число одиниць  $k$ , то 0 не дописується.
3. Пункт 2 повторюється, доки кількість одиниць стане рівним  $k$ .
4. До молодшого розряду, що містить 0, записується 1.
5. Визначається кількість одиниць у комбінації. Якщо воно менше  $k$ , то праворуч від дописаної одиниці дописуються нулі доти, доки їхня загальна кількість стане рівною  $n - k$ ; повернення до пункту 2. Якщо при цьому кількість одиниць дорівнює  $k$ , то нулі не дописуються.
5. Якщо одиниці займають  $k$  старших розрядів, відбувається зупинка.
6. Повернення до пункту 2.

Корисними властивостями біноміальної системи числення є: завадостійкість при передачі, зберіганні та обробці інформації; здатність генерувати та нумерувати комбінації з постійною вагою; можливість побудови заводових цифрових пристроїв.

Для виявлення помилок за допомогою біномних комбінацій необхідно доповнити їх нулями до отримання рівномірного  $(n - 1)$ -розрядного коду.

									Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата					

Основною ознакою помилки буде перевищення числом одиниць кодової комбінації величини  $k$ . Здатність виявляти помилки під час обробки інформації – основна здатність біномного коду. Це дозволяє організувати наскрізний контроль у каналах обробки інформації, до яких входять цифрові пристрої.

## 1.2 Постановка задачі проектування

У цій роботі розглядається один із можливих способів підвищення якості роботи керуючих систем шляхом застосування біноміального рівномірного коду для захисту від спотворень лінії зв'язку інформації, що надходить на вхід системи, а також керуючих впливів, що передаються системою в об'єкт управління. Після ідентифікації команди керуючим пристроєм видаються відповідні їй дані, що управляють, а також імпульсна послідовність. Дана послідовність подається безпосередньо на виконавчі органи об'єкта управління, після чого пристрій, що управляє, посилає сигнал готовності прийняття наступної команди оператору. При неможливості ідентифікувати будь-які дані через наявність спотворень надсилається сигнал перепиту, після чого здійснюється повторний прийом декодування.

Для різних ситуацій під час роботи з різноманітними об'єктами управління передбачена можливість функціонування системи управління у наступних кількох режимах:

1. Зворотній зв'язок від об'єкта управління замкнутий, управління ведеться відповідно до принципу зворотного зв'язку. Вихідна послідовність імпульсів є розбіжністю між значеннями вхідних керуючих впливів і поточного значення регульованого параметра об'єкта управління. Можливі такі варіанти формування впливів, що управляють:

а) Керуючий вплив є двійковою комбінацією з комірки пам'яті, адреса якої визначається вхідним впливом і поточним значенням регульованого параметра. У разі кожному осередку пам'яті відповідає одне із передбачених ситуацій управління.

б) Керуючий вплив є послідовністю двійкових комбінацій, початкова адреса якої визначається вхідним впливом і поточним значенням регульованого параметра. Довжина послідовності визначається при виборі режиму роботи системи.

					ЕлІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



в) Керуюча дія являє собою двійкову комбінацію з комірки пам'яті, при цьому адреса комірки задається різницею між значенням вхідного впливу і величиною регульованого параметра об'єкта управління, а також комбінацією, що визначається виходячи з обраного режиму.

г) Керуючий вплив є послідовністю двійкових комбінацій, при цьому початкова адреса послідовності задається різницею між значенням вхідного впливу і регульованого параметра об'єкта управління, а кінцевий визначається заздалегідь заданою довжиною послідовності.

2. Зворотний зв'язок від об'єкта управління розімкнена, управління ведеться відповідно до принципу збурення. Вихідна послідовність імпульсів є значенням у числовому вигляді вхідного управляючого впливу. Тип реакції об'єкта управління на імпульсну послідовність (складання або віднімання параметра) задається при виборі режиму роботи системи. Можливі такі варіанти формування вихідних керуючих впливів:

а) Керуюча дія являє собою двійкову комбінацію з комірки пам'яті, адреса якої визначається вхідною дією і одним з можливих числових значень, що задається при виборі режиму роботи системи.

б) Керуючий вплив є послідовністю двійкових комбінацій. Початкова адреса послідовності задається значенням вхідного впливу. Кінцева адреса визначається заздалегідь заданою довжиною послідовності.

Крім вихідних даних та імпульсної послідовності на об'єкт управління передається службова інформація про початок та закінчення передачі даних, реакції об'єкта управління на імпульсну послідовність (складення або віднімання параметра) та вихідні дані (одна або кілька комбінацій).

Від об'єкта управління в систему надходить інформація про початок та закінчення передачі нових даних про стан об'єкта управління, дані про поточне значення регульованого параметра об'єкта управління, запит на повторну передачу впливів, що управляють, підтвердження успішного прийому управляючих впливів.

Від оператора до системи надходять такі дані: ініціалізація нового режиму, ініціалізація передачі вхідних даних, дані режиму роботи, вхідні дані, що управляють.

Системою оператору надсилаються сигнали про успішний прийом даних, готовність та запити на повторну передачу.

										Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата						

При розробці пристрою важливим є оптимальний вибір біномного коду, який буде використовуватися при передачі даних. Використання тих чи інших параметрів коду визначається не тільки технічною доцільністю, але й вимогами до завадостійкості системи, тому необхідно провести дослідження, яке б наочно демонструвало обґрунтованість використання конкретних значень характеристик і залежність стійкості системи як від рівня шуму в каналі, так і від виду перешкодостійкого коду.

					ЕлІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## 2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 2.1 Визначення перешкодостійкості керуючої системи на основі біномних двійкових чисел

Відповідно до методики для оцінки систем передачі даних на основі нероздільних кодів, будь-яка  $M$  дозволених кодових комбінацій із загального числа  $N \geq M$  може перейти в наступні класи кодових комбінацій:

клас правильних комбінацій;

клас з  $N-M$  заборонених комбінацій з помилками;

клас з  $M-1$  дозволених комбінацій з помилками, що не виявляються.

Зробимо аналіз ймовірності невиявленої помилки для біномного коду. Основними перевагами цих кодів є:

простота побудови;

перешкодостійкість під час передачі;

адаптація до рівня перешкод;

можливість одержання на основі біноміальних рівноважних кодів;

можливість апаратного захисту кодуєчих та декодуєчих пристроїв.

Як зазначалося вище, біноміальні числа повинні задовольняти системи обмежень (1.4) і (1.5).

Якщо відомі ймовірності передачі нуля в нуль ( $p_{00}$ ) та одиниці в одиницю

( $p_{11}$ ), то ймовірності переходів нуля в одиницю та одиниці в нуль визначаються за такими співвідношеннями:

$$p_{01} = 1 - p_{00}, \quad p_{10} = 1 - p_{11}.$$

Для оцінки скористаємося розбиттям кінцевої множини кодових комбінацій з параметрами  $n$  і  $k$  на підмножини з рівним числом одиниць  $q_i$  ( $0 \leq q_i \leq k$ ).

					ЕлІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

При передачі комбінації з числом одиниць  $q=q_i$  з помилкою, що не виявляється, можливі наступні варіанти:

- перехід у підмножини з числом одиниць  $q_w > q_i$ ;
- перехід у підмножину з числом одиниць  $q_w = q_i$ ;
- перехід у підмножини з числом одиниць  $q_w < q_i$ .

Зробимо оцінку цих варіантів окремо.

**Перехід у підмножини з числом одиниць  $q_w > q_i$ .** Розглянемо кодову комбінацію біномного коду з параметрами  $n$  та  $k$  з числом одиниць  $q_i$ . Для невиявленого помилкового переходу кодової комбінації з числом одиниць у комбінацію з числом одиниць  $q_w$  необхідно, щоб перехід  $t$  одиниць в нулі супроводжувався переходом  $t+q_w-q_i$  нулів одиниці. Інакше кодова комбінація з  $q=q_i$  перейде до класу з числом одиниць  $q \neq q_w$ .

Візьмемо довільну кодову комбінацію із числом одиниць  $q_i$ . Припустимо, що її  $t$  одиниць переходять у  $t$  нулів. Тоді число варіантів переходу одиниць у нулі. Кодові комбінації з числом одиниць  $q_w$  виходять при різних варіантах переходу в одиниці  $t+q_w-q_i$  нулів із їх загального числа  $n-k-1+q_w-q_i$  комбінації  $q_w$  ( $n-k$  нулів комбінації з  $q=q_i$ ;  $q_w-q_i$  - нулі, які дописуються до комбінації з  $q=q_i$  для отримання довжини комбінації з  $q=q_w$ , останній нуль не може набувати одиничного значення для обмежень (1.5) і відсутня для обмежень (1.4)) і при певному розташуванні одиничних розрядів у вихідній кодовій комбінації. Тоді число варіантів переходу нулів в одиниці дорівнює

$C_{n-k+q_w-1-q_i}^{q_w-q_i+t}$ , а загальна кількість можливих комбінацій з  $t$  невиявленими переходами одиниць у нулі та  $t+q_w-q_i$  переходами нулів у одиниці дорівнює добутку

$$C_{q_i}^t \cdot C_{n-k+q_w-1-q_i}^{q_w-q_i+t} \quad (2.1)$$

Визначимо максимальну кількість невиявлених переходів ( $G_1$ ) одиниць у нулі.

										Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата						

Для переходу кодової комбінації з  $q=q_i$  до комбінації  $q=q_w$  необхідно, щоб сумарна кількість правильно переданих одиниць  $q_i-t$  і нулів, які можуть перейти в одиницю  $n-k-1+q_w-q_i$  (2.1), було більше або дорівнює  $q_w$ :

$$q_i-t+n-k-1+q_w-q_i \geq q_w,$$

$$n-k-1 \geq t.$$

Максимально можлива кількість одиниць  $t$ , які можуть перейти в нулі, дорівнює  $k-1$  при

$$n-k-1 \geq k-1,$$

$$k \leq n/2.$$

При  $k > n/2$  параметр  $G_1 = n-k-1$  визначається, виходячи з максимальної кількості нулів, які можуть перейти в одиниці, щоб прийнята комбінація відповідала обмеженням (1.4, 1.5), а при  $k \leq n/2$  максимальним числом одиниць  $q_i$ .

Звідси максимальна кількість невиявлених переходів одиниць у нулі дорівнює

$$G_1 = \begin{cases} q_i & \text{при } k \leq n/2, \\ n-k-1 & \text{при } k > n/2. \end{cases} \quad (2.2)$$

Далі знаходимо число можливих помилкових переходів, що не виявляються.

Відповідно до (2.1) кількість невиявлених помилок при передачі однієї комбінації з  $t$  переходами одиниць у нулі дорівнює  $C_{q_i}^t C_{n-k+q_w-1-q_i}^{q_w-q_i+t}$ . Тоді число  $Y$  всіх помилкових переходів із  $t=0 \dots G_1$  дорівнюватиме сумі, виробленої за всіма можливими параметрами  $t$ :

						Лист
					ЕЛІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$Y = \sum_{t=0}^{G1} C_{q_I}^t C_{n-k+q_W-1-q_I}^{q_W-q_I+t} = C_{n-k-1+q_W}^{q_W} . \quad (2.3)$$

Визначаємо можливість переходу кодової комбінації з числом одиниць  $q=q_I$  в кодові комбінації з  $q=q_W$ .

Ймовірність переходу кодової комбінації з  $q=q_I$  у комбінацію  $q=q_W$  з  $t$  переходами одиниць у нулі та переходами  $t+q_W-q_I$  нулів у одиниці визначається за формулою

$$P_V = P_{00}^{n-q_W-t-1} P_{01}^{q_W-q_I+t} P_{10}^t P_{11}^{q_I-t} .$$

Тоді відповідно до (2.1, 2.2, 2.3) ймовірність визначається сумою

$$V_{(q_W \rightarrow q_I)} = \sum_{t=0}^{G1} C_{q_I}^t C_{n-k+q_W-1-q_I}^{q_W-q_I+t} P_{00}^{n-q_W-t-1} P_{01}^{q_W-q_I+t} P_{10}^t P_{11}^{q_I-t} . \quad (2.4)$$

Ймовірність переходу підмножини кодових комбінацій з  $q=q_I$  до підмножини з  $q=q_W$  визначається за формулою

$$V_{(q_W \rightarrow q_I)}^{Q_W \rightarrow Q_I} = \sum_{c=1}^{C_{n-k-1+q_I}^{q_I}} P_{\text{сообщ}}(q_i, c) \sum_{t=0}^{G1} C_{q_I}^t C_{n-k+q_W-1-q_I}^{q_W-q_I+t} P_{00}^{n-q_W-t-1} P_{01}^{q_W-q_I+t} P_{10}^t P_{11}^{q_I-t} ,$$

де  $P_{\text{сообщ}}$  – ймовірність появи повідомлення.

**Перехід у підмножини з числами одиниць  $q_W=q_I$ .** Розглянемо перехід кодової комбінації біномного коду з параметрами  $n$  і  $k$  з числом одиниць  $q_I$  до інших комбінацій з числом одиниць  $q_I$ .

Для помилкового переходу кодової комбінації, що не виявляється, в іншу необхідно, щоб перехід  $t$  одиниць в нулі супроводжувався переходом  $t$  нулів і одиниці. В іншому випадку біномна кодова комбінація з  $q=q_I$  перейде в клас з числом одиниць  $q \neq q_I$ .

Візьмемо довільну кодову комбінацію із числом одиниць  $q_I$ . Припустимо, що її  $t$  одиниць переходять у  $t$  нулів. Тоді число варіантів

										Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата						

переходу одиниць у нулі  $C_{q_i}^t$  .. Кодові комбінації з числом одиниць  $q_i$  виходять при різних варіантах переходу в одиниці  $t$  нулів із їх загального числа  $n-k-1$ . Тоді число різних варіантів переходу нулів в одиниці дорівнює  $C_{n-k-1}^t$  а загальна кількість можливих комбінацій з  $t$  переходами одиниць у нулі та  $t$  переходами нулів у одиниці дорівнює добутку

$$C_{q_i}^t C_{n-k-1}^t. \quad (2.5)$$

Визначаємо максимальну кількість невиявлених переходів ( $G2$ ) одиниць у нулі.

Для переходу кодової комбінації з  $q=q_i$  до класу з  $q=q_i$  необхідно, щоб сумарна кількість правильно переданих одиниць  $q_i-t$  і нулів, які можуть перейти в одиницю  $n-k-1$ , була більшою або рівною  $q_i$ :

$$q_i - t + n - k - 1 \geq q_i,$$

$$n - k - 1 \geq t.$$

Максимально можлива кількість одиниць  $t$ , які можуть перейти в нуль, дорівнює  $k$  при  $n - k - 1 \geq k$ ,  $k \leq (n - 1) / 2$ .

При  $k \geq (n - 1) / 2$  параметр  $G2 = n - k - 1$  визначається, виходячи з максимальної кількості нулів, які можуть перейти в одиниці, щоб прийнята комбінація відповідала обмеженням (1.4, 1.5), а при  $k \leq (n - 1) / 2$  максимальним числом одиниць  $q_i$ . Максимальна кількість невиявлених переходів ( $G2$ ) одиниць у нулі дорівнює

$$G2 = \begin{cases} q_i \text{ при } k < (n - 1) / 2, \\ n - k - 1 \text{ при } k \leq (n - 1) / 2. \end{cases} \quad (2.6)$$

					ЕЛІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Знаходимо число можливих помилкових переходів, що не виявляються.

Відповідно до (2.5) кількість помилкових переходів з  $t$  кратними помилками  $C_{q_i}^t C_{n-k-1}^t$ .

Тоді число  $Y$  всіх помилкових переходів з  $t=1$   $G_2$  дорівнюватиме сумі, виробленої за всіма можливими параметрами  $t$ , за винятком вихідної комбінації:

$$Y = \sum_{t=1}^{G_2} C_{q_i}^t C_{n-k-1}^t = C_{n-k-1+q_i}^{q_i} - 1. \quad (2.7)$$

Визначаємо можливість переходу кодової комбінації з числом одиниць  $q=q_i$  до класу з таким самим числом одиниць. Ймовірність появи кодової комбінації з  $q=q_i$  с  $t$  кратними помилками визначається за формулою

$$P_V = P_{00}^{n-q_i-t-1} P_{01}^t P_{10}^t P_{11}^{q_i-t}$$

Тоді відповідно до (2.5, 2.6, 2.7) ймовірність  $V_{(q_w=q_i)}$  визначатиметься сумою

$$V_{(q_w=q_i)} = \sum_{t=1}^{G_2} C_{q_i}^t C_{n-m-1}^t P_{00}^{n-q_i-t-1} P_{01}^t P_{10}^t P_{11}^{q_i-t}. \quad (2.8)$$

Ймовірність переходу підмножини кодових комбінацій з  $q=q_i$  до класу з таким самим числом одиниць визначається за формулою

$$V_{(q_w=q_i)}^{Q_w \rightarrow Q_i} = \sum_{c=1}^{C_{n-k-1+Q_i}^{Q_i}} P_{\text{сообщ}}(q_i, c) \sum_{t=1}^{G_2} C_{q_i}^t C_{n-m-1}^t P_{00}^{n-q_i-t-1} P_{01}^t P_{10}^t P_{11}^{q_i-t}.$$

Перехід у підмножини з числом одиниць  $q_w < q_i$ .

Обов'язковою умовою наявності невиявленої помилки в прийнятій комбінації при переході комбінації з  $q=q_i$  вкомбінацію з  $q=q_w$  при  $q_w < q_i$  є наявність нулів з  $n-k-1+q_w$  по  $n-k-1+q_i$  розряди. Максимальна кількість одиниць у цих розрядах дорівнює  $q_i - q_w$ .

					ЕЛІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



У розрядах з  $n-k-1+q_w$  по  $n-k-1+q_i$  мінімальна кількість одиниць визначається максимальною кількістю нулів для даних  $n, k$  які можуть стояти в цих розрядах та різницею довжин кодових комбінацій. Максимальна кількість нулів дорівнює  $n-k-1$  для обмежень (1.4). Для обмежень (1.5) у молодшому розряді не може бути одиниця, тому кількість значних нулів також  $n-k-1$ . Отже, мінімальна кількість одиниць  $q_{\min}$ , що перебувають з  $n-k-1+q_w$  по  $n-k-1+q_i$  розряди, визначається виразом

$$q_{\min} = \begin{cases} 0 & \text{при } (q_i - q_w) \leq n - k - 1, \\ q_i - q_w - (n - k - 1) & \text{при } (q_i - q_w) > n - k - 1. \end{cases} \quad (2.9)$$

Розглянемо перехід кодової комбінації біномного коду з параметрами  $n$  і  $k$  з числом одиниць  $q_i$  у комбінації з числом одиниць  $q_w$ .

Для невиявленого помилкового переходу кодової комбінації з числом одиниць  $q_i$  в комбінацію з числом одиниць  $q_w$  необхідно, щоб перехід  $t+f$  одиниць в нулі супроводжувався переходом  $q_w - q_i - (t+f)$  нулів одиниці. Інакше кодова комбінація з  $q = q_i$  перейде до класу з числом одиниць  $q \neq q_w$ .

Візьмемо довільну кодову комбінацію із числом одиниць  $q_i$ . Припустимо, що її одиниць переходять у  $f$  нулів. Тоді число варіантів переходу одиниць у нулі (з урахуванням обов'язкової умови переходу  $t$  одиниць, що перебувають з  $n-k-1+q_w$  по  $n-k-1+q_i$  розряди, у нулі) дорівнює  $C_{q_i-t}^{q_i-t-f}$ .

Кодові комбінації з числом одиниць  $q_w$  виходять при різних варіантах переходу в одиниці  $q_w - (q_i - t - f)$  нулів з їх загального числа  $n-k-1 - (q_i - q_w - t)$ , за певного розташування  $q_i$  одиничних розрядів у вихідній кодовій комбінації. Тоді число варіантів переходу нулів в одиниці дорівнює

$$C_{n-k-1-(q_i-q_w-t)}^{q_w-(q_i-t-f)}.$$

Загальна кількість можливих комбінацій з  $t+f$  невиявленими переходами одиниць у нулі та  $q_w - q_i - (t+f)$  переходами нулів у одиниці дорівнює добутку

$$C_{q_i-t}^{q_i-t-f} \cdot C_{n-k-1-(q_i-q_w-t)}^{q_w-(q_i-t-f)}. \quad (2.10)$$

										Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата						

Визначаємо максимальну кількість одиниць  $q_{\max}$ , що знаходяться з 1 по  $n - k - 1 + q_w$  розряди, які можуть перейти в нулі.

Величину  $q_{\max}$  визначимо з можливості прийому комбінації з  $q = q_w$ : кількість нулів у розрядах з 1 по  $n - k - 1 + q_w$  і правильно прийнятих одиниць у цих розрядах має бути більшою або дорівнює  $q_w$ :

$$q_i - t - q_{\max} + n - k - 1 - (q_i - q_w - t) = q_w$$

$$q_w = n - k - 1.$$

Максимальна кількість одиниць у комбінації з  $q = q_i$  у розрядах з 1 по  $n - k - 1 + q_w$  дорівнює  $q_i - t$ . При прийомі комбінації з  $q = q_w$  всі ці одиниці зможуть перейти в нулі, якщо кількість нулів у цих розрядах до передачі більше або дорівнює  $q_w$ :

$$t \geq q_i - (n - k - 1).$$

$$n - k - 1 - (q_i - q_w - t) \geq q_w,$$

Звідси максимальна кількість одиниць  $q_{\max}$ , що знаходяться з 1 по  $n - k - 1 + q_w$  розряди, які можуть перейти в нулі, дорівнює:

$$q_{\max} = \begin{cases} q_i - t & \text{при } t \geq q_i - (n - k - 1), \\ n - k - 1 & \text{при } t < q_i - (n - k - 1). \end{cases} \quad (2.11)$$

Знаходимо число можливих помилкових переходів, що не виявляються.

Відповідно до (2.10) кількість невиявлених помилок при передачі однієї кодової комбінації з  $t+f$  переходами одиниць у нулі та  $q_w - q_i - (t+f)$  переходами нулів в одиниці дорівнює

$$C_{q_i - t}^{q_i - t - f} C_{n - k - 1 - (q_i - q_w - t)}^{q_w - (q_i - t - f)}$$

За цим твердженням визначаємо  $q_{\max}$ . Тоді число  $Y$  всіх помилкових переходів з  $t=0 \dots q_{\max}$  дорівнюватиме сумі, виробленої за всіма можливими значеннями  $f$ :

										Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата						

$$Y = \sum_{f=q_i-q_w-t}^{q_{MAX}} C_{q_i-t}^{q_i-t-f} C_{n-k-1-(q_i-q_w-t)}^{q_w-(q_i-t-f)} = C_{n-k-1+q_w}^{q_w} . \quad (2.12)$$

Визначимо можливість переходу кодової комбінації з числом одиниць  $q=q_i$  в кодові комбінації з  $q=q_w$  с  $t$  одиницями в  $n-k-1+q_w$  по  $n-k-1+q_i$  розрядах.

Імовірність появи кодової комбінації з  $q=q_w$  с  $t+f$  переходами одиниць у нулі та переходами  $q_w-q_i-(t+f)$  нулів у одиниці визначається за формулою

$$P_V = P_{00}^{n-q_w-t-f-1} P_{01}^{q_w-(q_i-t-f)} P_{10}^{t+f} P_{11}^{q_i-t-f} .$$

Тоді відповідно до затвердження 2.8 ймовірність  $V_{(q_w < q_i)}$  визначається сумою

$$Y = \sum_{f=q_i-q_w-t}^{q_{MAX}} C_{q_i-t}^{q_i-t-f} C_{n-k-1-(q_i-q_w-t)}^{q_w-(q_i-t-f)} P_{00}^{n-q_w-t-f-1} P_{01}^{q_w-(q_i-t-f)} P_{10}^{t+f} P_{11}^{q_i-t-f} \quad (2.13)$$

Знаходимо кількість кодових комбінацій із  $q=q_i$ .

Кодова комбінація з  $q=q_i$  та довгою  $n-k-1+q_i$  розбивається на два сегменти з числом одиниць  $q_i=t$  та довжиною  $q_w-q_i$  та з числом одиниць  $q_2=q_i-t$  та довжиною  $n-k-1+q_i-(q_i-q_w)$ . Число різних варіантів першого сегмента  $C_{q_i-q_w}^t$ , а іншого -  $C_{(n-k-1+q_i)-(q_i-q_w)}^{q_i-t}$ . Тоді число можливих комбінацій з  $q=q_i$  та  $q_i=t$  дорівнює

$$C_{q_i-q_w}^t C_{(n-k-1+q_i)-(q_i-q_w)}^{q_i-t} .$$

Здійснивши підсумовування за всіма можливими значеннями  $t$ , отримаємо

$$Y = \sum_{t=q_i-q_w}^{q_{MIN}} C_{q_i-q_w}^t C_{(n-k-1+q_i)-(q_i-q_w)}^{q_i-t} = C_{n-k-1+q_i}^{q_i} . \quad (2.14)$$

Відповідно до (2.9 – 2.14) ймовірність переходу підмножини кодових комбінацій з  $q=q_i$  у підмножину з  $q=q_w$  визначається за формулою

										Лист
Зм.	Лист	№ документи	Підпис	Дата						

$$V_{(q_w < q_l)}^{Q_w \rightarrow Q_l} = \sum_{t=q_l-q_w}^{q_{\min}} \sum_{z=1}^{C_{q_i-q_w}^t} \sum_{s=1}^{C_{(n-k-1+q_i)-(q_i-q_w)}^{q_i-t}} P_{\text{сообщ}}(q_i, z, s) \sum_{f=q_l-q_w-t}^{q_{\max}} C_{q_i-t}^{q_i-t-f} \times$$

$$C_{n-k-1-(q_i-q_w-t)}^{q_w-(q_i-t-f)} \times P_{00}^{n-q_w-t-f-1} P_{01}^{q_w-(q_i-t-f)} P_{10}^{t+f} P_{11}^{q_i-t-f} \quad (2.15)$$

Відповідно до (2.4, 2.8, 2.13) формула для оцінки ймовірності невиявленої помилки всього біномного коду має вигляд

$$V = \sum_{q_l=0}^k \left( \sum_{q_w=q_l+1}^k \sum_{c=1}^{C_{n-k-1+q_i}^{q_i}} P_{\text{сообщ}}(q_i, c) \sum_{t=0}^{G1} C_{q_l}^t C_{n-k+q_w-1-q_l}^{q_w-q_l+t} P_{00}^{n-q_w-t-1} P_{01}^{q_w-q_l+t} P_{10}^t P_{11}^{q_l-t} + \right.$$

$$+ \sum_{c=1}^{C_{n-k-1+q_i}^{q_i}} P_{\text{сообщ}}(q_i, c) \sum_{t=1}^{G2} C_{q_l}^t C_{n-k-1}^t P_{00}^{n-q_l-t-1} P_{01}^t P_{10}^t P_{11}^{q_l-t} +$$

$$+ \sum_{q_w=0}^{q_l-1} \sum_{t=q_l-q_w}^{q_{\min}} \sum_{z=1}^{C_{q_i-q_w}^t} \sum_{s=1}^{C_{(n-k-1+q_i)-(q_i-q_w)}^{q_i-t}} \sum_{s=1}^{C_{(n-k-1+q_i)-(q_i-q_w)}^{q_i-t}} P_{\text{сообщ}}(q_i, s, z) \sum_{f=q_i-q_w-t}^{q_{\max}} C_{q_i-t}^{q_i-t-f} C_{n-k-1-(q_l-q_w-t)}^{q_w(q_i-t-f)} \times$$

$$P_{00}^{n-q_w-t-f-1} P_{01}^{q_w-(q_l-t-f)} P_{10}^{t+f} P_{11}^{q_l-t-f} .$$

Отримане вираз дозволяє проводити оцінку завадостійкості біноміальних кодів за одним з основних критеріїв ймовірності помилки, що не виявляється, і розраховувати продуктивність і надійність систем передачі даних на основі цих кодів.

## 2.2 Розрахунок перешкодозахищеності передачі у вигляді біноміальних двійкових чисел за різних параметрах коду

Для визначення досліджуваних характеристик необхідно задати параметри біномного коду, що використовується при передачі. Виходячи з передбачуваного застосування системи передачі в керуючій системі з певним типом даних, що передаються, а також можливого ускладнення системи в цілому при застосуванні коду високої довжини, задається параметром біномиального коду  $n=6$ . У даному випадку довжина біноміальної кодової комбінації дорівнюватиме  $j_{\max} = n - 1 = 5$ . Вибір параметра  $k$  обґрунтовується як необхідною кількістю комбінацій, що використовуються, так і дотриманням

										Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата						

достатнього рівня перешкодостійкості при передачі даних. У системі, що розробляється, помилка може виникнути як при прийомі даних від зовнішнього оператора і об'єкта управління, так і при передачі управляючих впливів.

Таблиця 2.1

Номер комбінації	Дозволені кодові комбінації				
	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5
1	000000	000000	000000	000000	000000
2	000010	000100	001000	010000	100000
3	000100	000110	001100	011000	110000
4	001000	001000	001110	011100	111000
5	010000	001010	010000	011110	111100
6	100000	001100	010100	100000	111110
7		010000	010110	101000	
8		010010	011000	101100	
9		010100	011010	101110	
10		011000	011100	110000	
11		100000	100000	110100	
12		100010	100100	110110	
13		100100	100110	111000	
14		101000	101000	111010	
15		110000	101010	111100	
16			101100		
17			110000		
18			110010		
19			110100		
20			111000		

Розглянемо на основі отриманого виразу (2.16) залежність ймовірності невиявленої помилки  $P_{\text{но}}$  біномного коду від параметра коду  $k$ .

Дозволені кодові комбінації при аналізованих параметрах коду представлені у таблиці 2.1.

Грунтуючись на орієнтовані сфери використання системи управління, що розробляється, розглянемо передачу повідомлення у вигляді біноміального коду по дискретному симетричному каналу без пам'яті. Для даного типу каналу ймовірності переходу одиничного символу в нульовий і нульовий одиничний рівні,  $p_{01}=p_{10}$ . Для визначення оптимальних параметрів коду, що використовуються в системі, що розробляється, необхідно досліджувати залежність  $P_{\text{но}}$  від параметра  $k$  біноміального коду при різних ймовірностях помилкової передачі:

						Лист
					ЕЛІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

1) При високому рівні шуму каналу передачі даних ймовірність помилкового прийому символу  $p_{01} = p_{10} = 0,1$ . Ймовірності появи невиявленої помилки при різних значеннях параметра  $k$  представлені таблиці 2, графік залежності – рисунку 1.

Таблиця 2.2

Значення	1	2	3	4	5
$P_{но}$	0,13365	0,222444	0,251862	0,215511	0,119943

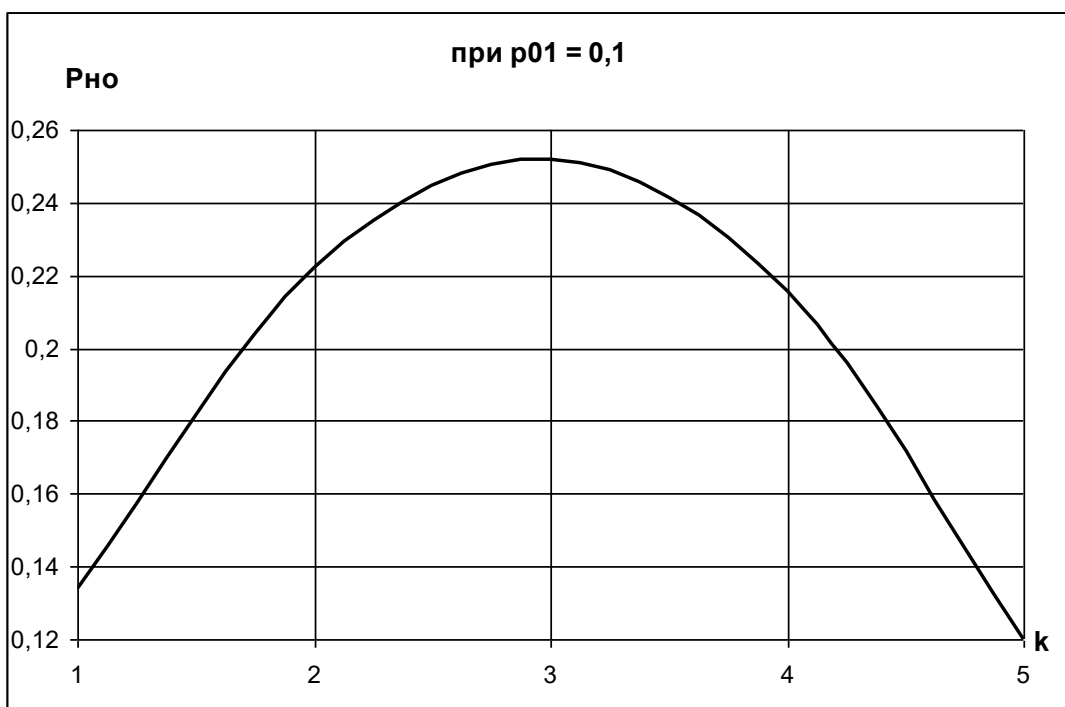


Рисунок 2.1 – залежність ймовірності помилки, що не виявляється, від параметра  $k$  при високій зашумленості каналу

2) При рівні зашумленості, характерному для кодутованих каналів зв'язку  $p_{01} = p_{10} = 0,001$ . Досліджувані залежності представлені у таблиці 3, графік залежності – рисунку 2.

Таблиця 2.3

Значення	1	2	3	4	5
----------	---	---	---	---	---

Рно	0,001663	0,002662	0,002995	0,002661	0,001661
-----	----------	----------	----------	----------	----------

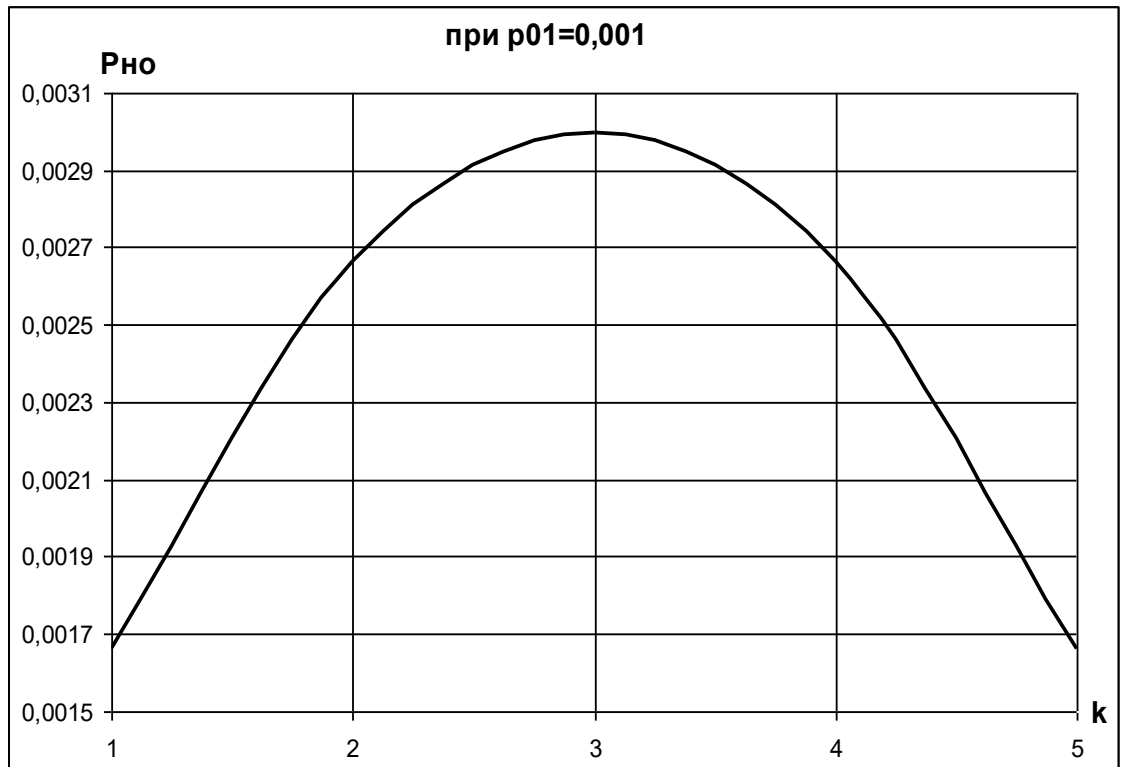


Рисунок 2.2 – залежність ймовірності невиявленої помилки від  $k$  при середній зашумленості каналу

3) Для каналів зв'язку з низьким рівнем шуму (виділених каналів) ймовірність хибної передачі символу приймаємо  $p_{01} = p_{10} = 0,00001$ . У таблиці 4 і малюнку 3 відображені відповідні значення досліджуваних параметрів біноміального коду.

Таблиця 2.4

Значення	1	2	3	4	5
Рно	$1,67 \cdot 10^{-5}$	$2,67 \cdot 10^{-5}$	$3,00 \cdot 10^{-5}$	$2,67 \cdot 10^{-5}$	$1,67 \cdot 10^{-5}$

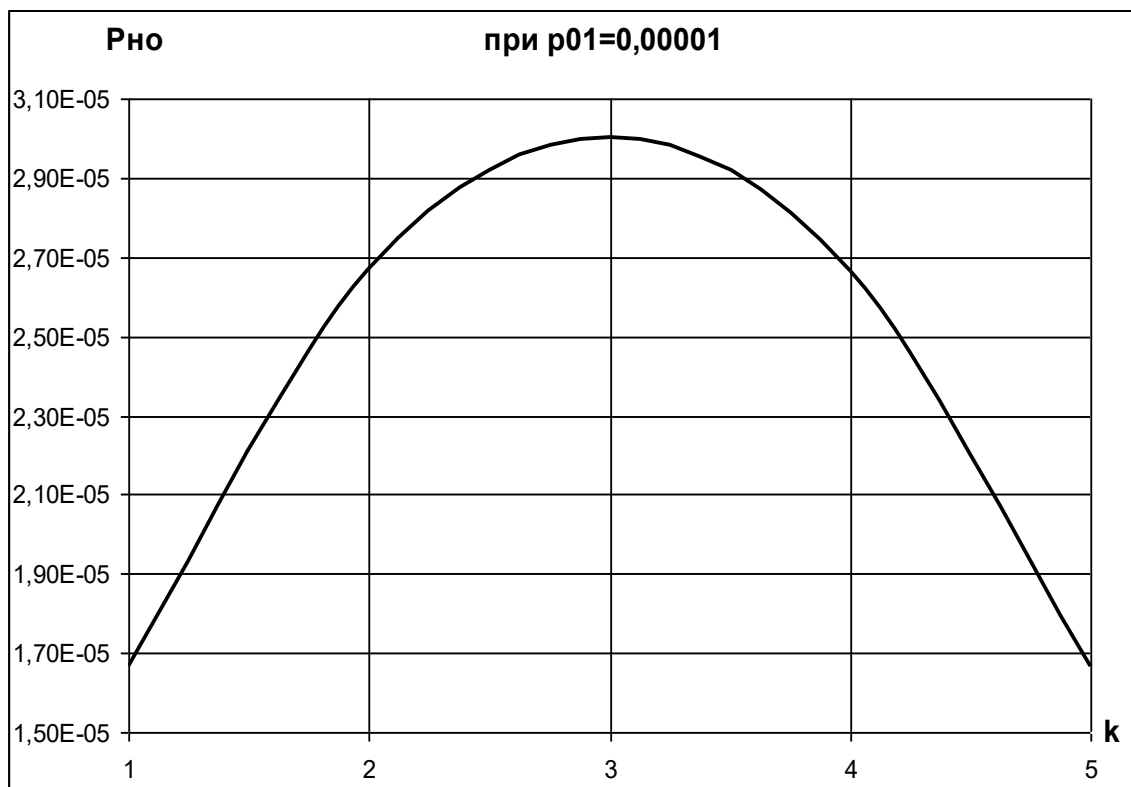


Рисунок 2.3 – Залежність ймовірності невиявленої помилки від  $k$  при низькій зашумленості каналу

Як видно з отриманих значень і графіків, найбільш високе значення  $R_{но}$  спостерігається при середньому значенні  $k = 3$ , причому при крайніх значеннях даного параметра досліджувані ймовірності неоднакові - при малих  $k$  ймовірність помилки, що не виявляється, вище, ніж при великих. Ця несиметричність згладжується при зменшенні ймовірності помилкового прийому. У третьому випадку, за найменшого її значення, несиметричність взагалі відсутня. Для порівняння кривих залежності ймовірності невиявленої помилки від значення  $k$  при різних параметрах  $n$  наводяться дані в таблиці 5 та на графіку малюнок 4 для  $n = 10$  при  $p_{01} = p_{10} = 0,1$ , так як при високому рівні шуму краще спостерігається розкид досліджуваних значень на краях інтервалу.



Таблиця 2.5

P10	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,1	0,112	0,211	0,289	0,337	0,352	0,33	0,273	0,188	0,086

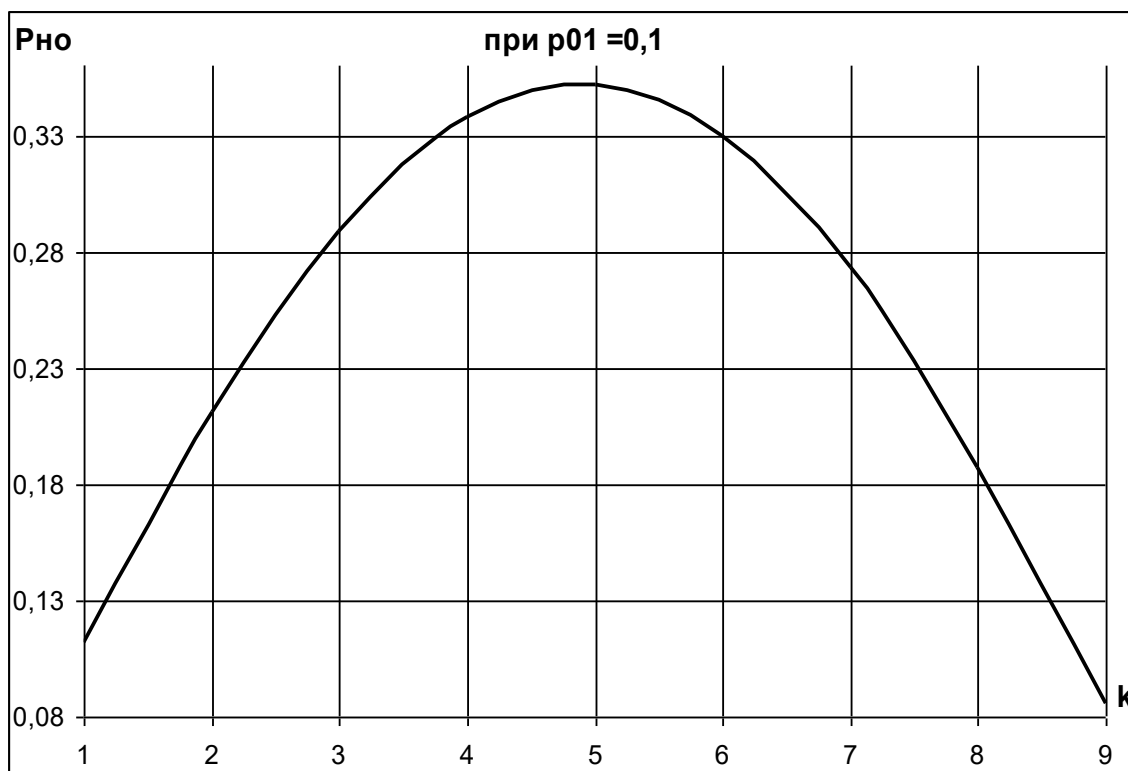


Рисунок 2.4 – Залежність ймовірності невиявленої помилки від параметра  $k$  при  $n=10$  и  $p_{01} = p_{10} = 0,1$

Найбільш оптимальним вибором буде використання в схемі, що розробляється при раніше обраному  $n = 6$  значення параметра  $k = 4$ . Біноміальний код з такими параметрами має досить високу помехозащищенность при досить високій кількості кодових комбінацій алфавіту. Біноміальний код зі значенням  $k = 2$  схожий за характеристиками з обраним, проте, як показало дослідження, може програвати йому за стійкістю до перешкод.

Отримані дані дозволяють судити про нелінійність залежності ймовірності помилки, що не виявляється, від ймовірності помилкового прийому. Досліджуємо цю залежність для вибраних параметрів біномного рівномірного коду. Використовуючи раніше наведені формули, будемо графіки залежності ймовірності появи при передачі даних помилки (рисунок 2.5) і правильної передачі (рисунок 2.6) від  $p_{01}$  і  $p_{10}$  для дискретного симетричного каналу без пам'яті.

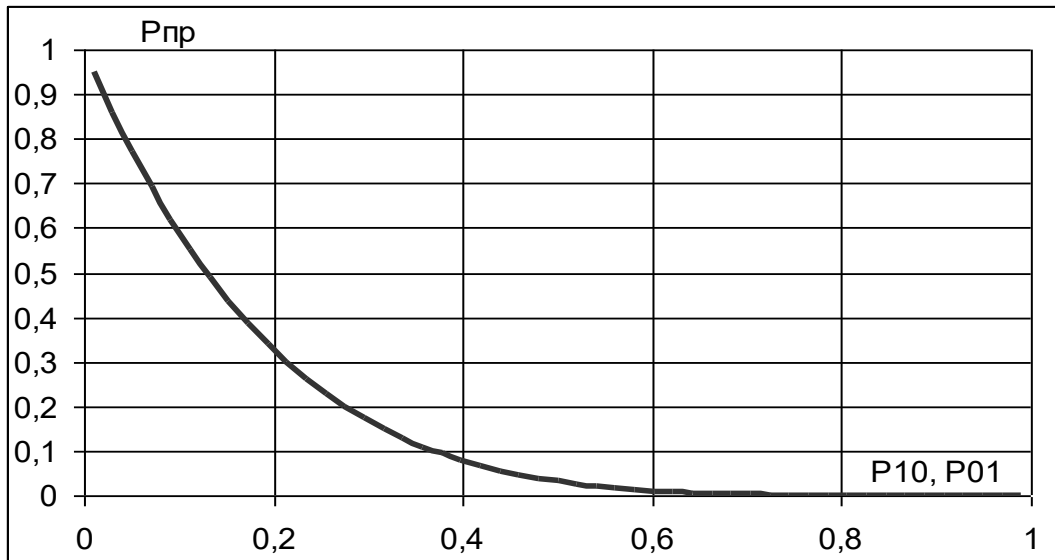


Рисунок 2.5 – Залежність ймовірності правильної передачі від вірогідності хибної передачі символу для дискретного симетричного каналу

Також розглянемо орієнтовний рівень перешкодостійкості використовуваного у роботі біномного коду при передачі даних для дискретного несиметричного каналу без пам'яті з ймовірностями помилкової передачі  $p_{01} \neq p_{10}$ . Розглянемо для прикладу окремий випадок, при якому ймовірності помилкової передачі є функціонально залежними. Залежність між  $p_{01}$  і  $p_{10}$ :

$$p_{01} = k \cdot p_{10}.$$

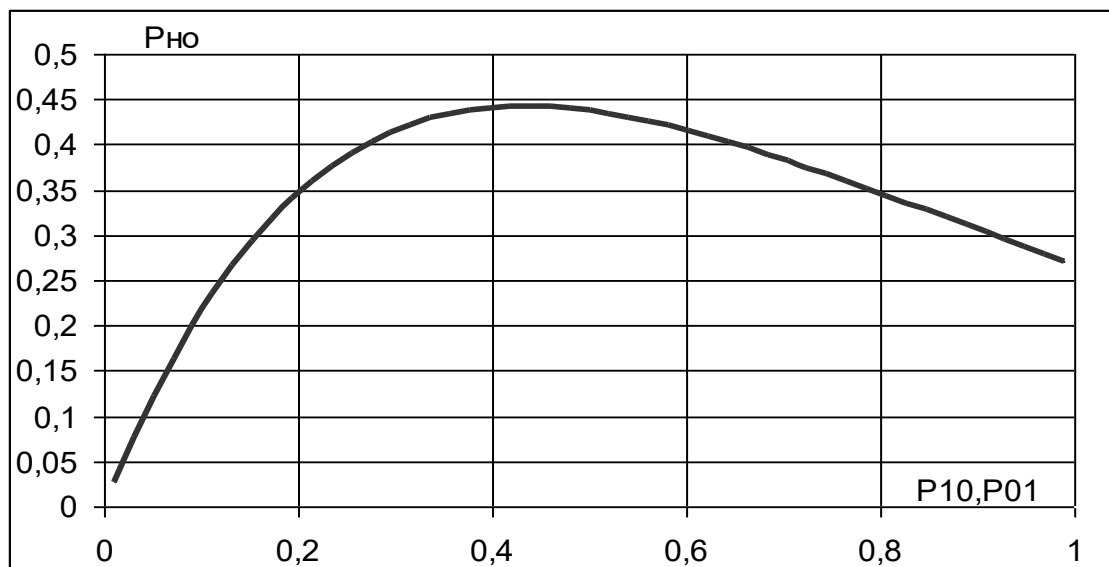


Рисунок 2.6 – залежність ймовірності помилки, що не виявляється, від ймовірності помилкової передачі символу для дискретного симетричного каналу

Графіки залежності ймовірності появи помилки, що не виявляється, і правильної передачі від ймовірності переходу одного символу в інший для значень  $k=3$ ,  $k=0,1$  і  $k=0,001$  представлені на малюнках 7, 8 і 9.

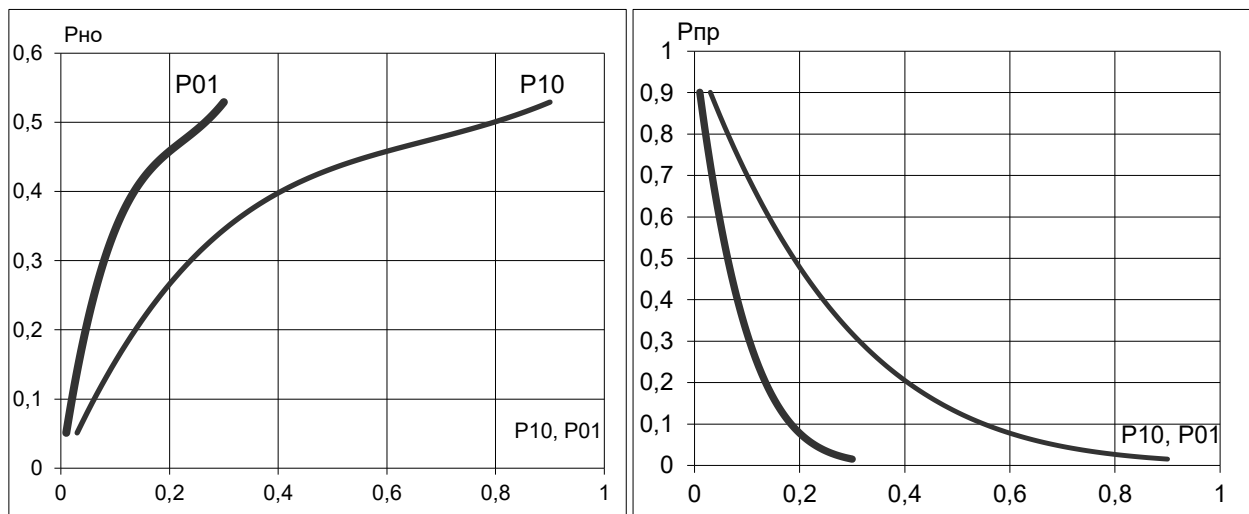


Рисунок 2.7 – Характеристики завадостійкості коду для дискретного несиметричного каналу при  $k = 3$

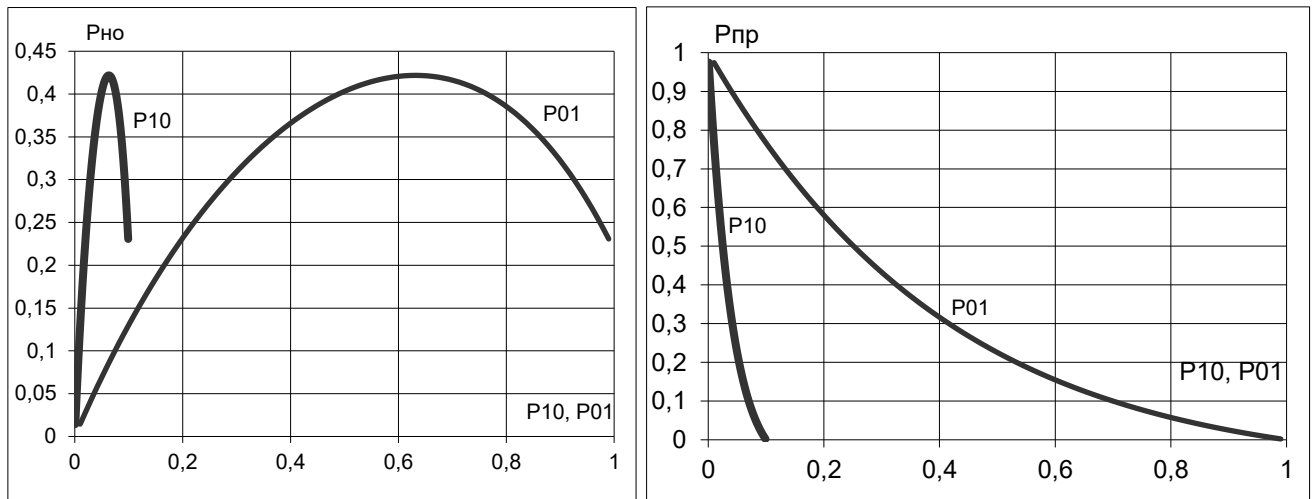


Рисунок 2.8 – характеристики завадостійкості коду дискретного несиметричного каналу при  $\kappa=0,1$

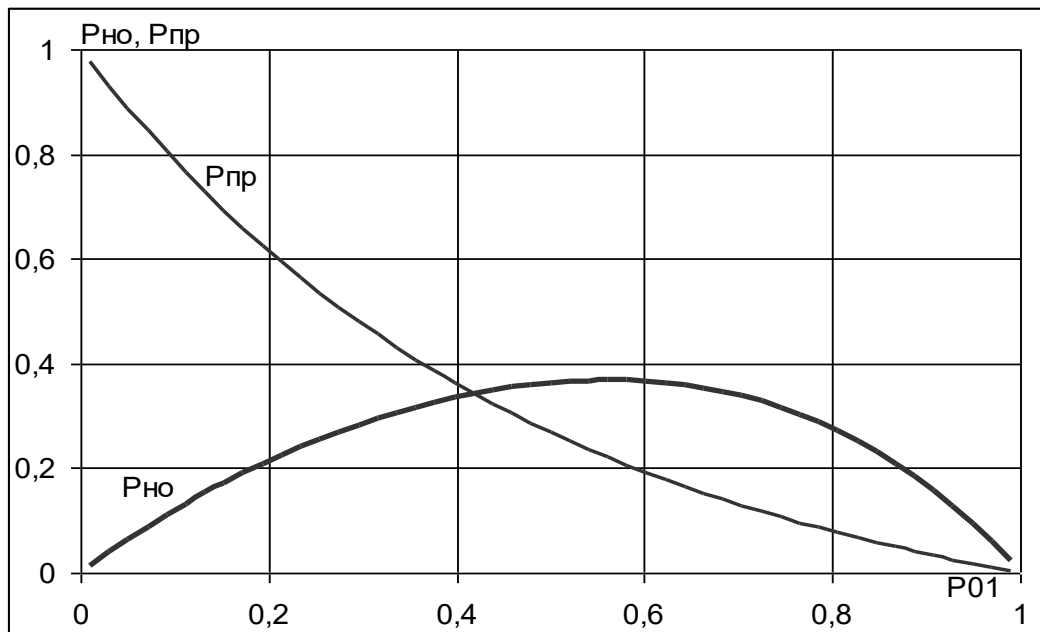


Рисунок 2.9 – характеристики завадостійкості коду для дискретного несиметричного каналу при  $\kappa=0,001$

Як очевидно з графіків, зі збільшенням несиметричності каналу зв'язку ймовірність правильної передачі підвищується. Зі збільшенням коефіцієнта до ймовірності невиявленої помилки зростає і навпаки. Тобто, чим вища ймовірність  $p_{10}$  щодо  $p_{01}$ , тим перешкодостійкість системи вища.

Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

### 2.3 Висновки з науково-дослідної частини

У науково-дослідному розділі роботи було розглянуто один із методів оцінки завадостійкості біноміальних кодів за критеріями ймовірності невиявленої помилки та правильної передачі. На основі даного методу можна розраховувати продуктивність і надійність систем передачі даних на основі цих кодів. Також за представленими виразами, що описують характеристики коду, можна вибирати при заданих необхідних параметрах системи передачі біноміальний код, що забезпечує необхідну достовірність передачі. Було визначено залежність ймовірностей правильної передачі повідомлення та помилки під час передачі від ймовірності неправильної передачі символу.

					ЕлІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## 3 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 3.1 Обґрунтування алгоритму функціонування та структурної схеми проектованої системи

Особливістю аналізованої у роботі системи є використання передачі даних завадостійкого біномного коду. Реалізувати такий пристрій можна за різними методами. Один з варіантів – перетворювати дані, що надходять у систему, в двійковий код і проводити всі необхідні в циклі роботи операції над двійковим поданням команд. Це викликає необхідність включення до схеми пристрою блоків, відповідальних за перетворення біномного коду в двійковий. Інший спосіб полягає у використанні під час роботи біномних чисел без перетворень. Даний варіант спрощує схему в цілому, однак при його реалізації виникають труднощі з побудовою пристрою, що призначеного для зберігання керуючих впливів, так як буде потрібно додатковий дешифратор або реалізація елемента пам'яті на логічних схемах, що ускладнить процес перепрограмування. Іншим недоліком цього є складність виконання логічних операцій над біноміальними числами. З наведеного вище порівняння, вибирається перший спосіб побудови алгоритму роботи системи.

Робота системи здійснюється за таким алгоритмом.

1. Очікування команди.
2. Перевірка ініціалізації нового режиму роботи системи. Наявність сигналу ініціює запис даних нового режиму роботи.
3. Перевірка стану об'єкта керування. При виявленні зміни стану об'єкта управління відбувається запис нових значень параметра, що регулюється.
4. Перевірка ініціалізації вхідної команди. При виявленні ініціалізації відбувається прийом команди від зовнішнього оператора як біномного коду. За відсутності ініціалізації – повернення до п.1.
5. Визначення вихідних даних відповідно до вибраного режиму та сукупності вхідних даних. При виявленні помилки прийому команди відбувається запит на повторну передачу та перехід до п.1. При виявленні помилки прийому значень регульованого параметра відбувається

					ЕлІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документи	Підпис	Дата		

автоматичний перехід системи в режим керування обуренням, запит на повторну передачу значень параметра.

6 Відображення службової інформації, що передається.

7. Ініціалізація передачі вихідних даних, передача службової інформації.

8. Передача вихідних даних та імпульсної послідовності на об'єкт управління.

9. Перевірка підтвердження успішного прийому впливів, що управляють, об'єктом управління. При виявленні запиту повторну передачу – повернення до п.7.

10. Передача оператору сигналу готовності.

Графічне відображення алгоритму функціонування пристрою представлено малюнку 3.1.

Відповідно до розглянутого алгоритму та режимів роботи, проєктований пристрій повинен містити наступні функціональні вузли.

Коректний прийом та початкова обробка вхідних даних здійснюється за допомогою наступних трьох блоків. Блок введення керуючих впливів відповідає прийом команд від зовнішнього оператора. Блок вибору режиму роботи системи забезпечує прийом та зберігання даних щодо поточного режиму. Блок перевірки стану об'єкта управління вирішує завдання прийому та попереднього зберігання значень регульованого параметра об'єкта управління.

Для забезпечення зберігання команд оператора та значень регульованого параметра об'єкта управління протягом часу, необхідного для здійснення циклу роботи системи, використовується блок зберігання вхідних даних.

										Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата						

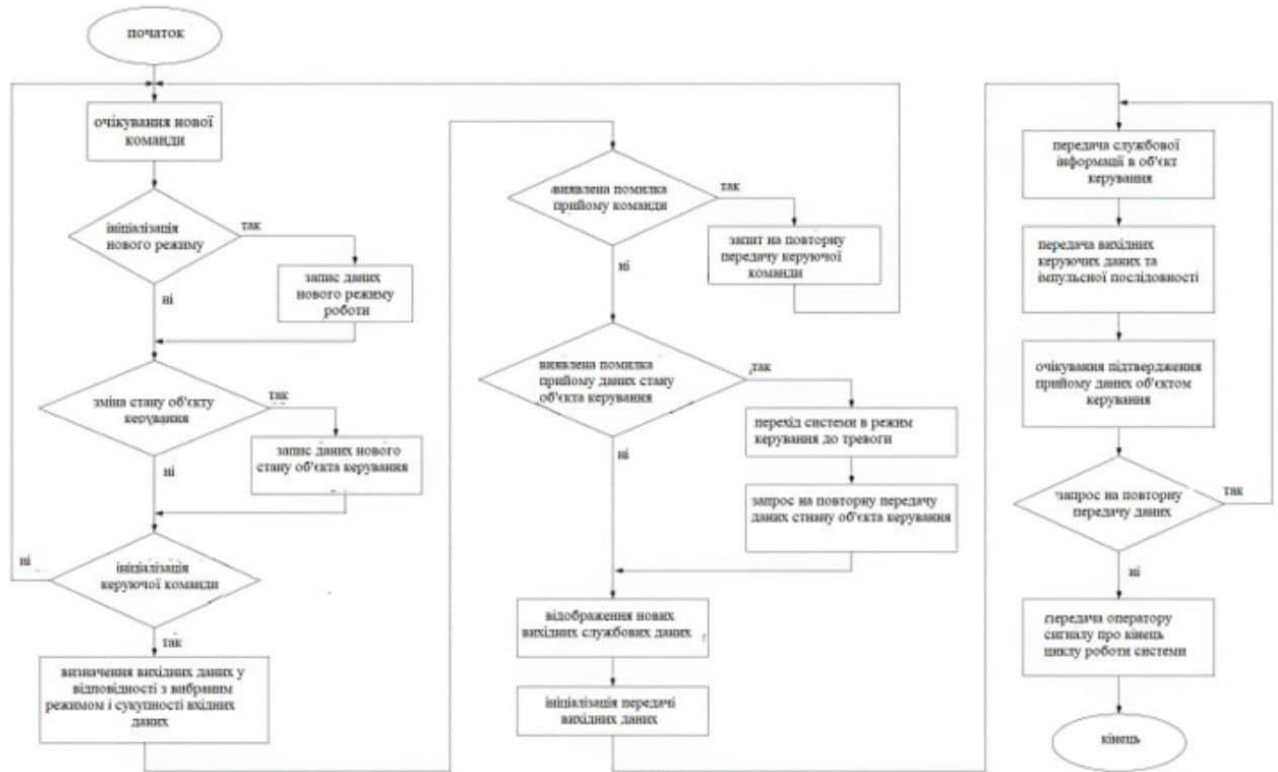


Рисунок 3.1 – Алгоритм функціонування пристрою

Для перетворення біноміального коду на двійковий використовується наступний метод. На схемі порівняння з одного боку подаються кодові комбінації команд та значень стану об'єкта управління, а з іншого – комбінації, що знімаються з лічильника, що здійснює послідовний перерахунок у біноміальній системі з тими ж параметрами, що і в системі кодування на стороні передавача. Одночасно з біномним лічильником на тій же частоті працює звичайний двійковий лічильник, числа на виході якого будуть відповідати числам у біноміальній системі числення на виході біномного лічильника. При збігу комбінацій на схемі порівняння генерується імпульс зчитування числа двійкового лічильника.

Відповідно до описаних принципів структурну схему пристрою включаються такі блоки. Блок біномного рахунку – завданням його є послідовний перебір біноміальних кодових комбінацій у системі числення із заданими параметрами та із заданою частотою один раз за цикл роботи системи. Блок порівняння здійснює ідентифікацію команд оператора та значення регульованого параметра об'єкта управління шляхом порівняння їх біномних уявлень та коду, що видається біномним лічильником. Основою блоку визначення двійкового коду вхідних даних є двійкові лічильники



заданої розрядності, що здійснюють перебір із частотою, що дорівнює частоті біномного лічильника.

Блок генерації послідовності адрес вихідних даних використовується в тих режимах роботи системи, де вихідні дані є послідовністю двійкових кодів.

Для синхронізації між собою вузлів і блоків системи, а також узгодження її роботи із зовнішніми пристроями призначений блок синхронізації. У системі використовується зовнішня синхронізація, позначена сигналом CLK. Вважається, що система синхронізована як з пристроєм, що передає оператора, так і з приймальним пристроєм об'єкта управління.

Блок відображення інформації призначений для роботи під безпосереднім контролем оператора, коли потрібне наочне відображення параметрів системи в реальному часі.

За передачу вихідних даних відповідають такі функціональні блоки. Блок зберігання та виведення управляючих впливів включає елемент пам'яті, що зберігає коди всіх доступних управляючих впливів, а також схеми, що перетворюють дані коди для подальшої передачі в об'єкт управління. Блок видачі імпульсної послідовності залежно від режиму роботи системи перетворює керуючі впливу на послідовності імпульсів для безпосереднього впливу на виконавчі механізми об'єкта управління. Блок видачі даних режиму керування організує передачу системою об'єкту керування інформації щодо обробки вихідних даних.

У завдання блоку управління роботою системи входить узгодження між собою роботи різних блоків, налаштування системи відповідно до поточного режиму роботи, оновлення вмісту елементів пам'яті протягом циклу роботи та між циклами, генерація службових сигналів, управління введенням та виведенням інформації.

Відповідно до проведеного аналізу роботи пристрою, його структурна схема матиме вигляд, показаний на малюнку 3.2. Умовне позначення сигналів на схемі таке. Вхідні сигнали: «COMMAND IN» – команда, що управляє від оператора, «MODE IN» – дані установки режиму роботи системи, «DATA IN» – дані про поточний стан об'єкта управління, «CONTROL IN» – службові сигнали, що включають попереднє встановлення, підтвердження успішного

						ЕЛІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата			

прийому керуючого впливу, запиту повторну передачу. Вихідні сигнали: «COMMAND OUT» – керуючі впливу, «SEQUENCE OUT» – керуюча послідовність імпульсів, «MODE OUT» – сигнали, що відповідають за оповіщення об'єкта управління про поточний режим управління та довжину керуючого впливу, «CONTROL OUT» – службові сигнали готовності системи, помилки прийому керуючої команди та даних про стан об'єкта управління

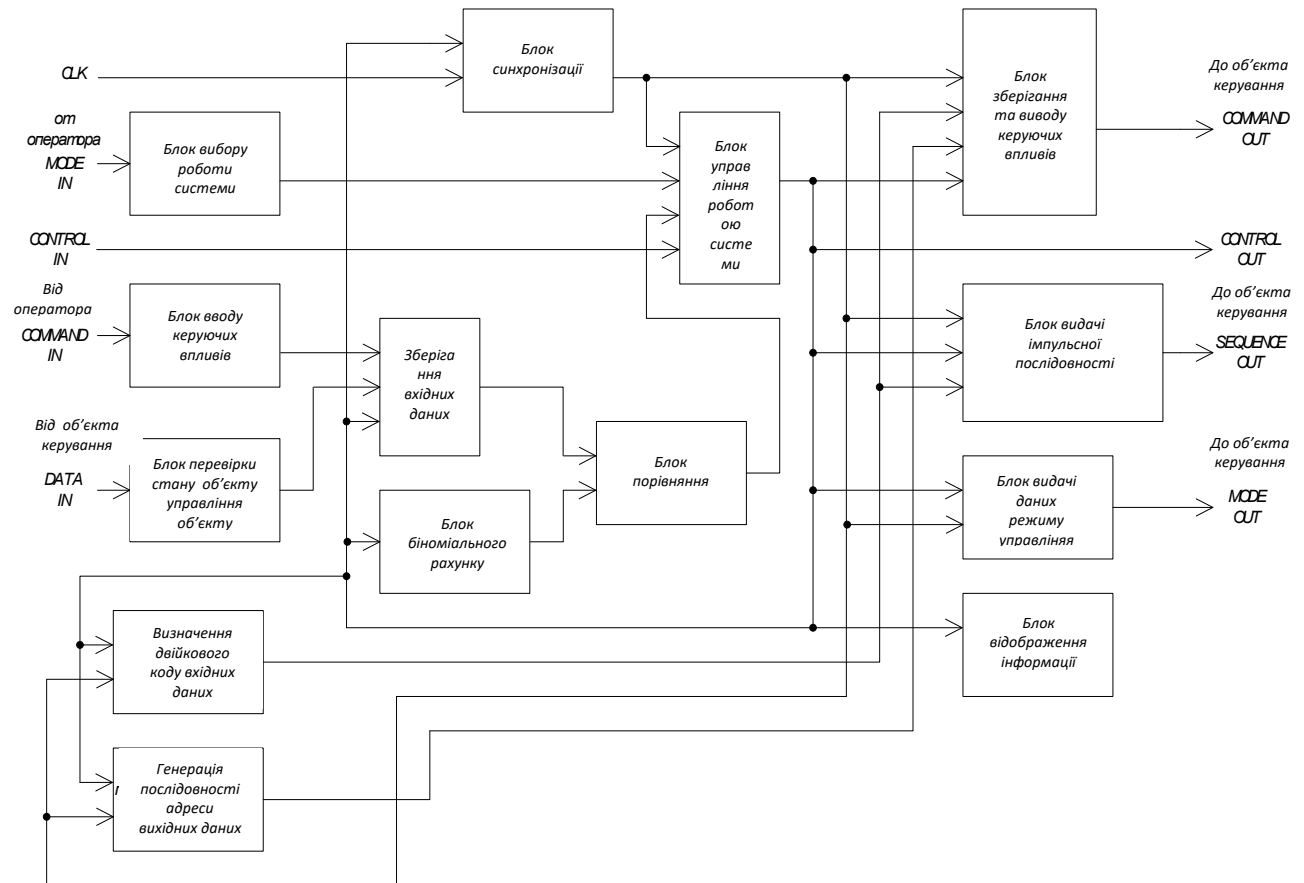


Рисунок 3.2 – Структурна схема системи

### 3.2 Розробка схеми електричного функціонального проектованого пристрою

**3.2.1 Загальні відомості про функціональну схему.** Схема функціональна електрична відбиває структуру пристрою як функціональних блоків. При розробці функціональної схеми пристрою необхідно визначити та обґрунтувати склад кожного з блоків розробленої структурної схеми пристрою у вигляді функціональних елементів і вузлів. При цьому необхідно керуватися міркуваннями вибору оптимальної за своїми характеристиками структури кожного блоку, яка б відповідала вимогам, що пред'являються до пристрою в технічному завданні роботи.

У роботі для передачі команд та відомостей про стан об'єкта управління використовується біноміальний код, для якого були обрані параметри  $n = 6$ ,  $k = 4$ . Отже, максимальна довжина кодової комбінації, що визначає довжину команди

Кількість кодових комбінацій, що визначає максимально можливу кількість команд  $C_n^k = C_6^4 = 6!/(4!(6-4)!) = 15$ .

Розрядність двійкового подання інформації залежить від параметрів біноміальної системи, з якої перетворюються числа, і перебуває з формули

$$d_{\max} = \lceil \log_2(C_n^k) \rceil. \quad (2.1)$$

Для параметрів коду величина розрядності двійкового уявлення дорівнюватиме 4. Можна зробити висновок про те, що використовувані параметри коду дозволяють отримати досить велику кількість можливих команд і максимально задіяти пам'ять постійного запам'ятовуючого пристрою.

**3.2.2 Блок введення керуючих дій.** Цей блок повинен включати елемент пам'яті, здатний зберігати команду необхідної довжини. Довжина біноміальної кодової комбінації, що є командою в закодованому вигляді, дорівнює 5, отже, елемент пам'яті повинен мати ємність не менше 5 біт.

На вхід пристрою інформація надходить у вигляді послідовного коду, що обумовлено можливою віддаленістю оператора. Так як для подальшого застосування необхідно отримати команду в паралельному коді, необхідно також наявність відповідного перетворювача на вході пристрою. Функції перетворення команди у послідовний вигляд та її подальше зберігання може здійснювати зсувний регістр.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Прийом команди має проводитися в такий спосіб. При передачі чергової команди у вигляді двійкового коду пристрій, що передає оператора формує сигнал високого рівня, позначений на схемі як «COMMAND IN INIT». Даний сигнал, надходячи на вхід дозволу запису зсуву регістру, забезпечує коректний прийом команди пристроєм. Перевагою даного методу ініціалізації прийому даних є його простота та відсутність додаткових функціональних груп, які відповідають за розпізнавання початку та кінця чергового блоку даних. Недолік методу полягає у збільшенні кількості сигналів, що передаються і, відповідно, підвищенні вимог до каналу зв'язку.

**3.2.3 Блок перевірки стану об'єкта керування.** Структура аналізованого блоку аналогічна попередньому. Передбачається, що система передачі даних об'єкта управління включає кодуєчий пристрій, що перетворює дані про стан об'єкта в біноміальний код з параметрами, аналогічними використовується для кодування команд, що управляють. Передача інформації від об'єкта управління також ведеться у послідовному вигляді.

Відповідно, блок перевірки стану об'єкта управління є п'ятирозрядним зсувним регістром, що здійснює перетворення даних у послідовний вигляд за сигналом високого рівня «DATA INIT» на вході дозволу.

**3.2.4 Блок вибору режиму роботи системи.** Аналогічно попереднім розглянутим блокам, відповідальним за прийом і попереднє зберігання інформації, даний блок включає пристрій, що перетворює послідовний код, що надходить на його вхід у паралельний на виході. Для визначення розрядності цього пристрою необхідно провести аналіз даних, необхідних однозначного визначення системою поточного режиму роботи. Інформація про режим має включати такі пункти:

- замкнений або розімкнений зворотний зв'язок;
- початкова адреса послідовності керуючих впливів в пристрої;
- довжина послідовності впливів, що управляють, при одиничній довжині видається одна керуюча комбінація;

- чи обчислюється різниця двійкового подання керуючої команди та даних про стан об'єкта управління при замкнутому зворотному зв'язку;
- віднімання або додавання до параметра об'єкта управління, що змінюється імпульсною послідовністю.

Оскільки завдання початкового адреси і довжини послідовності управляючих впливів досить чотирьох біт, розрядність зсувного регістру режиму повинна становити 11. На малюнку 3.3 показано, яку інформацію відповідає кожен розряд регістра.

Запис у зсувний регістр, що є також регістром попереднього зберігання, здійснюється за сигналом високого рівня MODE IN INIT на вході дозволу запису. Після прийому чергової команди відбувається опитування регістру попереднього зберігання наявності нових даних про заданому режимі. Так як протягом циклу роботи системи може надійти нова інформація про режим, несумісний з попереднім, необхідно включити в розглянутий блок елемент пам'яті для зберігання поточних значень параметрів режиму. Як елемент пам'яті використовується регістр на 11 розрядів, запис у регістр відбувається на початку кожного циклу роботи системи.

Регістр режиму

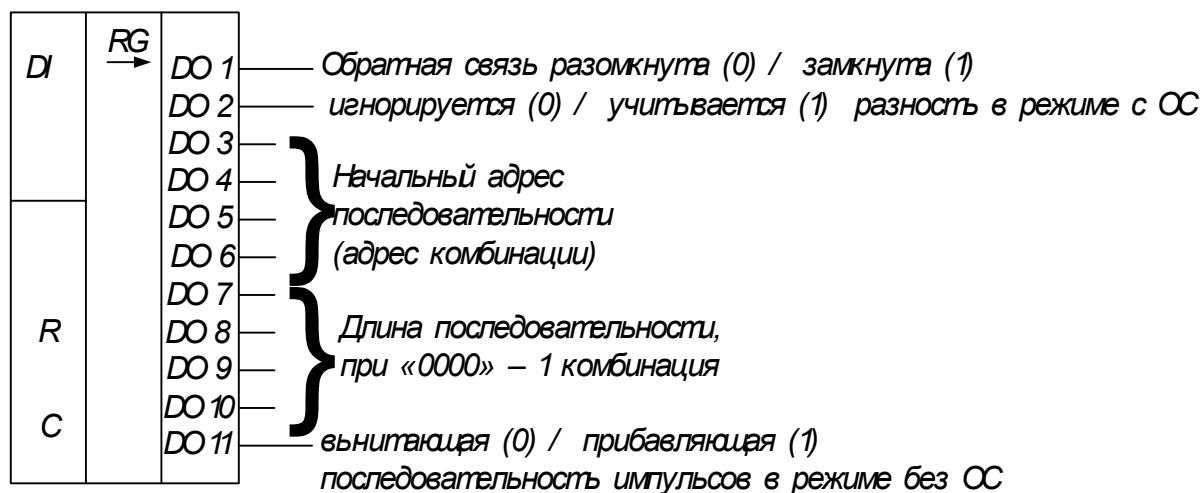


Рисунок 3.3 – Зміст розрядів регістру режиму

**3.2.5 Блок зберігання вхідних даних.** Розглянутий блок є елемент пам'яті, призначений для зберігання коду керуючих команд і даних про стан об'єкта управління протягом одного циклу роботи системи. Необхідність

даного функціонального блоку пояснюється тим, що дані, що містяться в регістрах, що зсуваються, можуть змінитися в будь-який момент часу в результаті надходження нової інформації.

Як елемент пам'яті виступає регістр, розрядність якого визначається сумарним числом біт даних блоків введення керуючих впливів та перевірки стану об'єкта управління, що становить 10 біт. Запис у цей регістр здійснюється після прийому чергової команди, що управляє.

**3.2.6 Блок біномного рахунку.** Біноміальний лічильник здійснює перебір біномних комбінацій з параметрами  $n = 6$  та  $k = 4$ . У таблиці 3.1 представлені стани лічильника. Розрядність біномного лічильника  $раз = n - 1 = 5$ .

Лічильник має входи початкової установки, вхід службових тактових імпульсів, що подаються через схему керування. Початок рахунку біноміальним лічильником відбувається за встановленням RS-тригера в одиничний стан після закінчення прийому команди

Також є шість вихідних сигналів, серед яких п'ять рахункових, що подаються на схему порівняння та сигнал появи помилки. Сигнал помилки генерується на виході логічного елемента АБО, на входи якого подаються сигнали знімаються з п'ятого виходу матричних суматорів.

Таблиця 3.1

№	Стан розрядів лічильника
---	--------------------------

					ЕлІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

1	0	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0
3	0	1	1	0	0
4	0	1	1	1	0
5	0	1	1	1	1
6	1	0	0	0	0
7	1	0	1	0	0
8	1	0	1	1	0
9	1	0	1	1	1
10	1	1	0	0	0
11	1	1	0	1	0
12	1	1	0	1	1
13	1	1	1	0	0
14	1	1	1	0	1
15	1	1	1	1	0

Лічильник, який перебирає біномні комбінації з необхідними параметрами, представлений малюнку 3.4. Матричний суматор (рисунок 3.5) містить дві групи двовходових елементів І, кожна з яких складається з  $k+1$  одного елемента, групу  $k$  двовходових елементів АБО, також дві групи входів: перша група з двох входів - "0", "1", друга – з  $k+1$  (у разі з п'яти) – "0" ... "k". Входи "0" та "1" першої групи з'єднані з першими входами елементів першої та другої груп І відповідно. Другі відповідної пари елементів І з'єднані з відповідними входами другої групи. Входи елементів АБО з'єднані з відповідними виходами елементів І обох груп. Наявність на виході суматора  $k+1$  (вихід "5" для цієї нагоди) одиниці свідчить про наявність помилки.

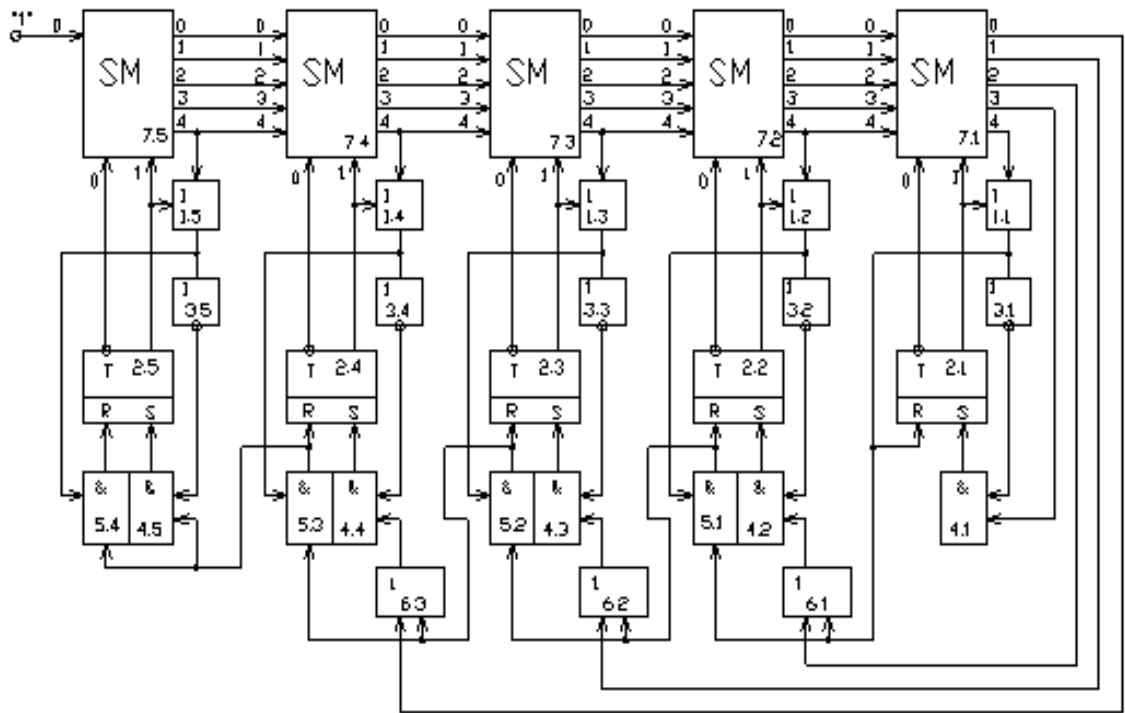


Рисунок 3.4 – Схема біноміального лічильника

Робота лічильника відбувається в такий спосіб. У вихідному стані всі тригери лічильника обнулені, і лічильник знаходиться в стані 00000. На нульовому виході суматора 7.1 є одиничний сигнал, який проходить через елемент АБО 6.3 на вхід схеми елемента І 4.4. Так як з одиничного виходу тригера 2.4 надходить нульовий сигнал на елемент АБО 1.4, елемент І 5.3 закритий нульовим сигналом, а елемент І 4.4 відкритий одиничним сигналом з елемента НЕ 3.4. Тому тактовий імпульс встановить тригер 2.4 одиничний стан, а на першому виході суматора 7.1 з'явиться одиничний сигнал, що дає через елемент АБО 6.2 дозвіл елементу І 4.3 на установку в одиничний стан тригера 2.3. Таким чином, лічильник за наступним тактовим імпульсом перейде в стан 01100. За тією ж схемою виходять стани 01110 та 01111.



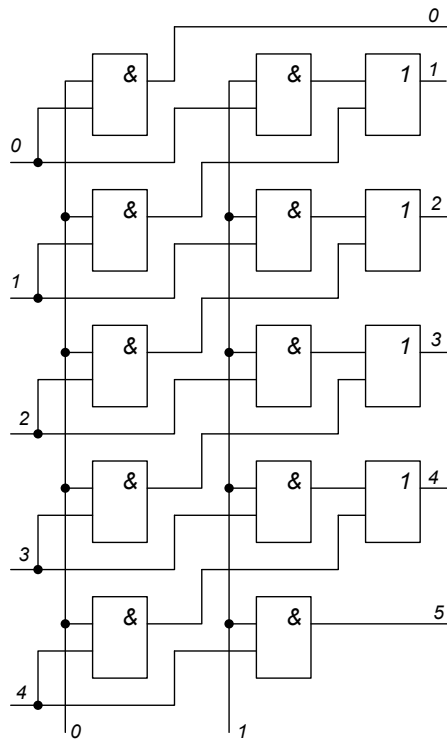


Рисунок 3.5 – Схема матричного суматора

Коли лічильник перебуває у стані 01111, тригер 2.1 перебуває у поодинокому стані. Тому на виході елемента АБО 1.1 є одиниця, яка за наступним тактом переведе тригер 2.1 в стан "0". Цей одиничний сигнал відкриває елемент І 5.1. На другий вхід елемента 5.1 подається одиниця з виходу тригера 2.2 через елемент АБО 1.2, який теж обнулюється. Так само обнуляються тригери 2.3 і 2.4. Тригер 2.5 у цей час перебуває у нульовому стані. Нульовий сигнал з елемента АБО 1.5 інвертується і через відкритий ключ 4.5 подається на вхід установки тригера 2.5. Таким чином, лічильник зі стану 01111 переходить у стан 10000. На першому виході суматора 7.1 після цього є одиничний сигнал. Через АБО 6.2, і 4.3 цей сигнал за наступним тактовим імпульсом встановлює тригер 2.3 в одиничний стан - лічильник переходить в стан 10100. За описаним вище механізмом лічильник проходить через стани 10110 і 10111. 2.2 та 2.3 будуть обнулені. Таким чином, з виходів лічильника зніматимуться сигнали 11000. Потім знову повторюється процес запису одиниці в молодші розряди, лічильник проходить стану 11100 і 11110. У стані 11110 на виході "4" суматора 7.1 з'являється одиниця. Через елемент АБО 1.1 і далі через елементи 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 вона поширюється на входи тригерів, що обнулюють, і 2.2, 2.3, 2.4 і 2.5. По наступному тактовому імпульсу

										Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата						

всі обнуляються, і лічильник перетворюється на початковий стан 00000. Далі цикл рахунку повторюється спочатку.

**3.2.7 Блок порівняння.** Блок порівняння будується на основі двох функціональних груп, кожна з яких складається з 5 логічних елементів, що виключає АБО, виходи яких об'єднані елементом АБО-НЕ. На перші входи кожного з даних елементів надходить біномна кодова комбінація з виходів блоку зберігання вхідних даних, а на другі – комбінації, що послідовно перебираються біномним лічильником. Перша функціональна група відповідає за розпізнавання команд, друга здійснює ідентифікацію даних про стан об'єкта управління. При збігу комбінацій сигнал з виходу блоку порівняння надходить на схему управління, дозволяючи запис відповідної даних двійкової комбінації спеціальний реєстр зберігання.

**3.2.8 Блок визначення двійкового коду вхідних даних.** Основою даного блоку визначення двійкового коду вхідних даних є чотирирозрядний двійковий, який здійснює перебір комбінацій із частотою, що дорівнює частоті біномного лічильника. Запис сигналів з виходів лічильника у реєстри зберігання вхідних даних відбувається при надходженні сигналу збігу з виходу блоку порівняння на входи роздільної здатності запису реєстрів.

**3.2.9 Блок генерації послідовності адрес вихідних даних.** Завданням розглянутого блоку є послідовне формування двійкових кодових комбінацій довжиною 4 біта і подача їх на входи пристрою, що зберігає всі коди керуючих впливів. Робота блоку здійснюється за допомогою блоку управління, що визначає на основі даних про поточний режим роботи стартову для відліку комбінацію та коефіцієнт перерахунку.

Запис початкової комбінації в лічильник блоку відбувається, залежно від режиму роботи, щодо стану об'єкта управління або відразу при визначенні режиму роботи системи. Зчитування, що йде паралельно до перерахунку, починається після передачі службової інформації об'єкту управління.

										Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата						

**3.2.10 Блок синхронізації.** Цей блок призначений для здійснення коректного та послідовного обміну даними всередині системи, а також узгодженої передачі даних зовнішнім пристроєм. Синхронізація елементів схеми виконується за допомогою імпульсів сигналу "CLK".

Так як при передачі вихідних сигналів використовується перетворення паралельного коду в послідовний, розглядається необхідно включити дільники частоти. Лічильник з коефіцієнтом перерахунку 5 відповідає за формування сигналу готовності передачі керуючих впливів після закінчення передачі службової інформації об'єкт управління. Лічильник-дільник на 8 забезпечує своєчасне формування нової адреси пам'яті під час передачі восьмирозрядних комбінацій управляючих впливів.

**3.2.11 Блок зберігання та виведення керуючих впливів.** Елемент пам'яті, призначений зберігання всіх кодових комбінацій керуючих впливів, є ПЗУ. Місткість пам'яті пристрою і розрядність його шини даних визначається вимогами до інформаційної послідовності, що передається об'єкт управління. Задаємося ємністю 4096 біт і розрядністю даних 8, відповідно шина адреси матиме розрядність 9. Це забезпечить можливість передачі послідовності восьмирозрядних даних довжиною в 16 комбінацій. Управління передачею даних здійснюється сигналом вибірки кристала. Адреси масиву даних задаються блоком керування. Послідовність кодів, що подається на адресні входи блоку пам'яті, формується в такий спосіб. Старший біт адреси визначається видом зміни параметра, що регулюється (збільшення або зменшення) і задається поточним режимом. Сигнали адреси з п'ятої по восьму визначаються блоком управління на підставі режиму роботи системи. Молодші 4 біти знімаються з виходів двійкового лічильника, що входить до блоку генерації послідовності адрес вихідних даних, подаються на адресні входи блоку пам'яті.

За перетворення вихідних даних на послідовний вигляд відповідає мультиплексор, що перемикається під впливом сигналів з виходів двійкового трирозрядного лічильника.

						ЕЛІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата			

**3.2.12 Блок видачі імпульсної послідовності.** Функціонування блоку залежить від поточного режиму роботи системи. Ініціалізація передачі послідовності імпульсів відбувається одночасно з початком передачі керуючих впливів об'єкт управління. Необхідна кількість імпульсів у вигляді двійкового коду записується в лічильник, що віднімає. При досягненні нульової комбінації сигнал із виходу лічильника забороняє подальше формування імпульсів. Частота проходження імпульсів дорівнює частоті синхронізації, поділеної на 8.

**3.2.13 Блок видачі даних режиму керування.** У завдання блоку входить передача об'єкту управління даних щодо обробки впливів, що управляють. У ці дані входить двійкове уявлення кількості керуючих впливів і спосіб обробки послідовності імпульсів (додаток або віднімання з контрольованого параметра), що становить 5 біт. Для цього у складі блоку необхідна наявність пристрою зберігання та елемента, що перетворює паралельний сигнал на вході, що надходить з пристрою зберігання, послідовний сигнал на виході. Обидві функції може здійснювати зсувний регістр на 5 розрядів з паралельним записом даних та послідовним зчитуванням. Дозвіл запису та зчитування даних з регістру відбувається за сигналами блоку управління.

**3.2.14 Блок відображення інформації.** До списку параметрів системи, що відображаються, входять дані режиму управління, сигнал готовності системи після завершення циклу роботи, сигнал помилки прийому керуючої команди і сигнал збою в роботі біномного лічильника.

**3.2.15 Блок керування роботою системи.** Після прийому чергової команди даним блоком формується сигнал запису регістри тимчасового зберігання вхідних даних. Цей сигнал встановлює в логічний 0 всі елементи пам'яті, що у дешифрації даних і передачі управляючих сигналів. Так дотримується синхронність роботи пристрою і не з'являється можливість появи збою в пристрої. Після цього відбувається запис нових даних, які відповідають обробку нового режиму.

					ЕлІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1

Параметр	Серії мікросхем						
	Стандартні 133, K155	Мало- потужні 134	3 діо- дами Шоткі 530, KP531	Мало- потужні с діодами Шоткі 533, K555	Удоскона- лені с діодами Шоткі 1530	Мало- удосконалені с діодами Шоткі 1533, KP1533	Типу FAST 1531, KP1531
Івх(0), мА, не більше	-1,6	-0,18	-2	-0,4	-2,4	-0,2	0,6
Івх(1), мА, не більше	0,04	0,012	0,05	0,02	0,4	0,02	0,02
Уввих(0), В, не більше	0,4	0,3	0,5	0,4	0,5	0,04	0,8
Уввих(1), В, не більше	2,4	2,3	2,7	2,5	2,0	2,5	2,0
Краз	10	10	10	10	30	20	30
Коб	8	2					
Тздр(0,1), нс, не більше	15 (Сн = 15 пф)	100 (Сн = 40 пф)	5 (Сн = 15 пф)	10	2,5	4	3,8
Тздр(1,0), нс, не більше	22 (Сн = 15 пф)	100 (Сн = 40 пф)	4,5 (Сн =15 пф)	10	2,5	4	3,9
Рпот, мВт, не більше	22	2	19	2	19	1,0	4
Упом, В, не більше	0,4	0,35	0,5	0,7	0,5	0,8	0,8
f, МГц, не більше	10	3	50	15	50	100	5000

До складу блоку входять два лічильника, що віднімають. Один із них відповідає за обчислення різниці між двійковим поданням команди та стану об'єкта управління. Другий лічильник визначає час, необхідне передачі вихідних даних.

Після дешифрації вхідних даних відбувається перевірка наявності помилок. Помилка прийому команди призводить до заборони передачі вихідних даних, система передає сигнал помилки і перетворюється на стан очікування повторної передачі команди. У разі помилки прийому даних про стан об'єкта управління система перетворюється на режим роботи з обурення.

Після передачі вихідних даних система чекає на реакцію об'єкта управління. Помилка прийому даних об'єктом веде до запуску повторної

										Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата						

дешифрації та передачі даних з урахуванням можливих змін стану об'єкта управління та режиму роботи системи. Сигнал COMMAND OUT ОК свідчить про коректний прийом даних об'єктом управління, ініціює передачу системою сигналу закінчення циклу READY.

Виходячи з необхідних параметрів пристрою відповідно до даних таблиці 3.1 визначається серія ТТЛ мікросхем. В якості елементної бази в даній роботі буде використовуватися серія 1533, що володіє високою швидкістю (мінімальний час перемикання - близько 10 нс), низькою потужністю споживання (1 мВт на мікросхему) і широким елементним складом (порядку 100 мікросхем).

Як ПЗУ використовується мікросхема серії КР556, яка є однією з найпоширеніших. Мікросхеми даної серії виконуються за технологією ТТЛ з діодами Шотки, тому мають високу швидкість. Час вибірки зчитування становить близько 45 - 85 нс. Споживана потужність однією біт ПЗУ становить 0,01 – 0,1 мВт.

**3.3.2 Прийом та запис вхідних даних.** Функцію пристрою прийому та перетворення вхідних даних з послідовного вигляду в паралельний виконує мікросхема К1553ІР8 – восьмирозрядний зсувний регістр (рисунок 3.6). Вона має вхід для подачі імпульсів зсуву, вхід скидання R, два рівноправних входу D для подачі зрушується інформації, зібраних по I, і вісім виходів. Обнулення тригерів регістру проводиться подачею логічного 0 на вхід R. Прийом інформації з входів D і її зсув у бік виходів з великими номерами відбуваються за спадами імпульсів негативної полярності на вході C. Для керуючих команд, DATA IN INIT для даних поточного стану об'єкта управління, MODE IN INIT для даних режиму роботи системи.

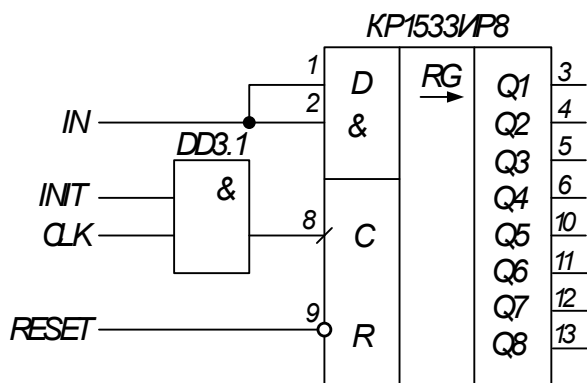


Рисунок 3.6 – Схема прийому та перетворення даних

Для зберігання всіх вхідних даних протягом циклу роботи системи використовуються три схеми К1533ІР35 – восьмирозрядний регістр зберігання інформації. Установка тригерів в нульовий стан відбувається при подачі логічного 0 на вхід R, паралельний запис інформації здійснюється за спадом імпульсів негативної полярності, що подаються на вхід С. Здатність навантаження мікросхеми стандартна. Запис у регістри відбувається після зчитування чергової команди, що управляє, за допомогою сигналу з виходу групи логічних елементів, показаних на малюнку 3.7. Цей сигнал також здійснює встановлення в нуль мікросхем, що беруть участь у обробці та передачі вихідних даних.

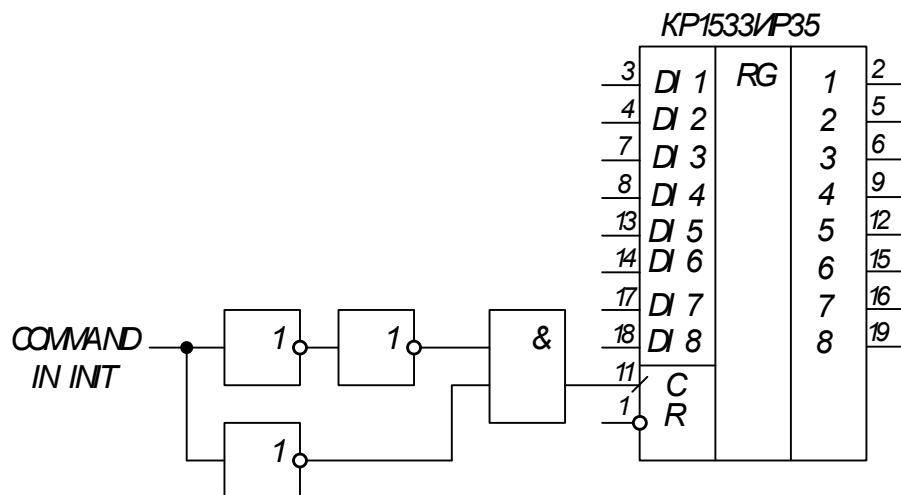


Рисунок 3.7 – Схема запису та зберігання вхідних даних

**3.3.3. Обробка інформації.** Для визначення поточного режиму роботи системи використовується схема, представлена малюнку 3.8. Сигнали на вхід цієї групи елементів надходять із виходів регістру режиму. Схема є неповний дешифратор з шістьма входами і шістьма виходами, кожен з яких відповідає одному з режимів роботи системи. 4 входу, відповідальні за передачу сигналів двійкового значення довжини послідовності керуючих впливів, об'єднані логічним елементом АБО-НЕ визначення необхідності формувати вихідну послідовність керуючих сигналів або обмеження одним. Сигнали з виходів дешифратора надходять входи схем селекції даних.

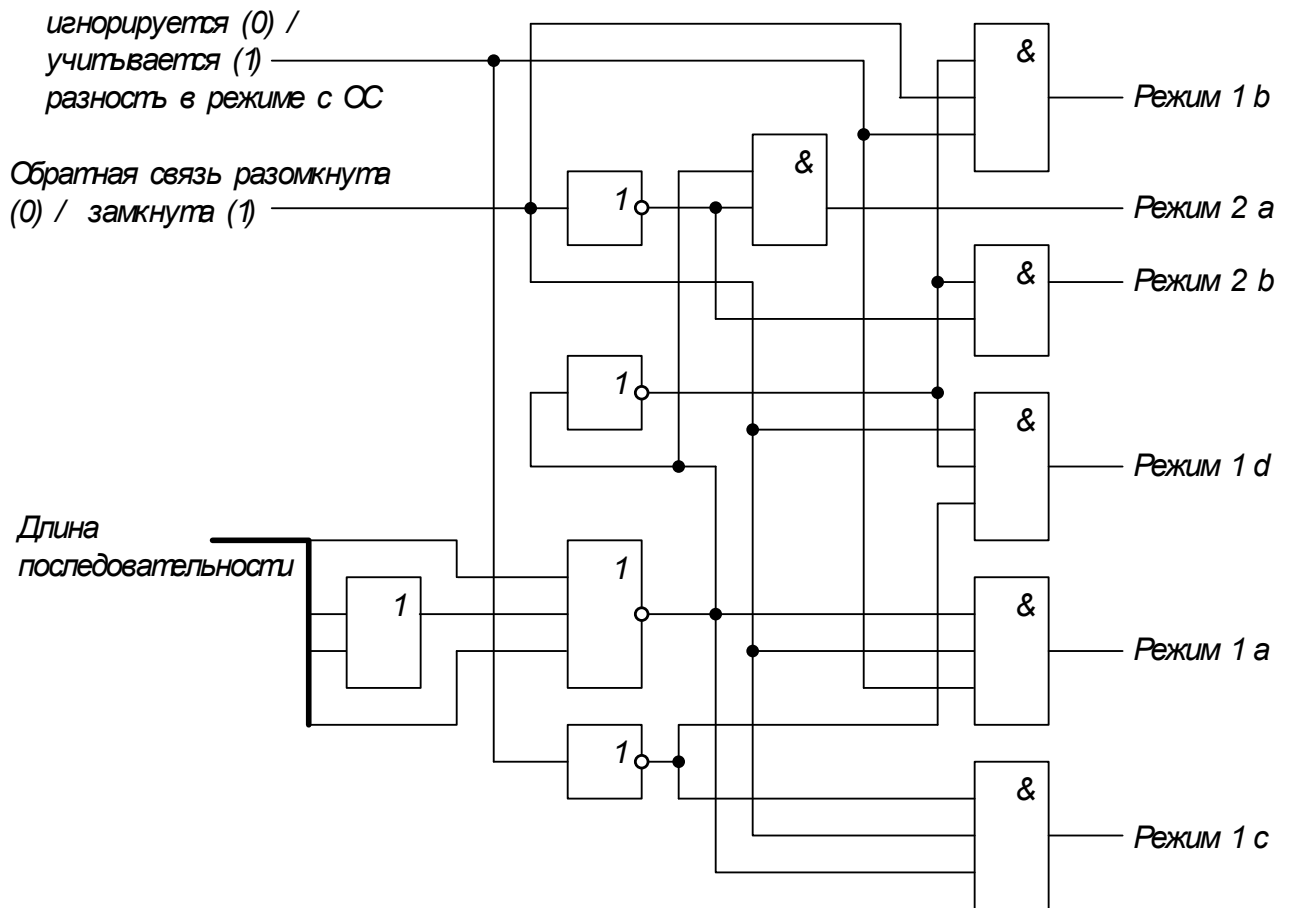


Рисунок 3.8 – Схема визначення режиму роботи системи

Однією з таких схем показано малюнок 3.9. Дана схема служить для вибору початкової комбінації кодової послідовності керуючих впливів. Для режимів 1a та 1b стартова комбінація визначається даними про поточний стан об'єкта управління, для інших режимів – задаються при виборі режиму роботи. Для перебору комбінацій використовується схема двійкового реверсивного лічильника КР1533ІЕ7. Входи +1 і -1 даного лічильника служать подачі тактових імпульсів, +1 – за прямому рахунку, -1 – при зворотному. Вхід R служить для встановлення лічильника в 0, вхід L – для попереднього запису в лічильник інформації, що надходить входами D1 - D8. Установка тригерів лічильника 0 відбувається при подачі логічної 1 на вхід R, при цьому на вході L повинна бути логічна 1. Для попереднього запису в лічильник будь-якого числа від 0 до 15 його код слід подати на входи D1 - D8 (D1 - молодший розряд, D8 – старший), причому на вході R повинен бути логічний 0, і на вхід L подати імпульс негативної полярності. Прямий рахунок здійснюється при подачі імпульсів негативної полярності на вхід +1, при цьому на входах -1 і L повинна бути логічна 1, на вході R - логічний 0. Перемикання тригерів лічильника



відбувається за спадами вхідних імпульсів, одночасно з кожним десятим вхідним імпульсом на виході  $\geq 15$  формується негативний вихідний імпульс переповнення, який може подаватися на вхід +1 наступної мікросхеми багаторозрядного лічильника. Рівні на виходах 1-2-4-8 лічильника відповідають стану лічильника в даний момент (у двійковому коді) При зворотному рахунку вхідні імпульси подаються на вхід -1 вихідні імпульси знімаються з виходу  $\leq 0$ . Гранична частота функціонування мікросхеми КР1533ІЕ7 – 30 МГц.

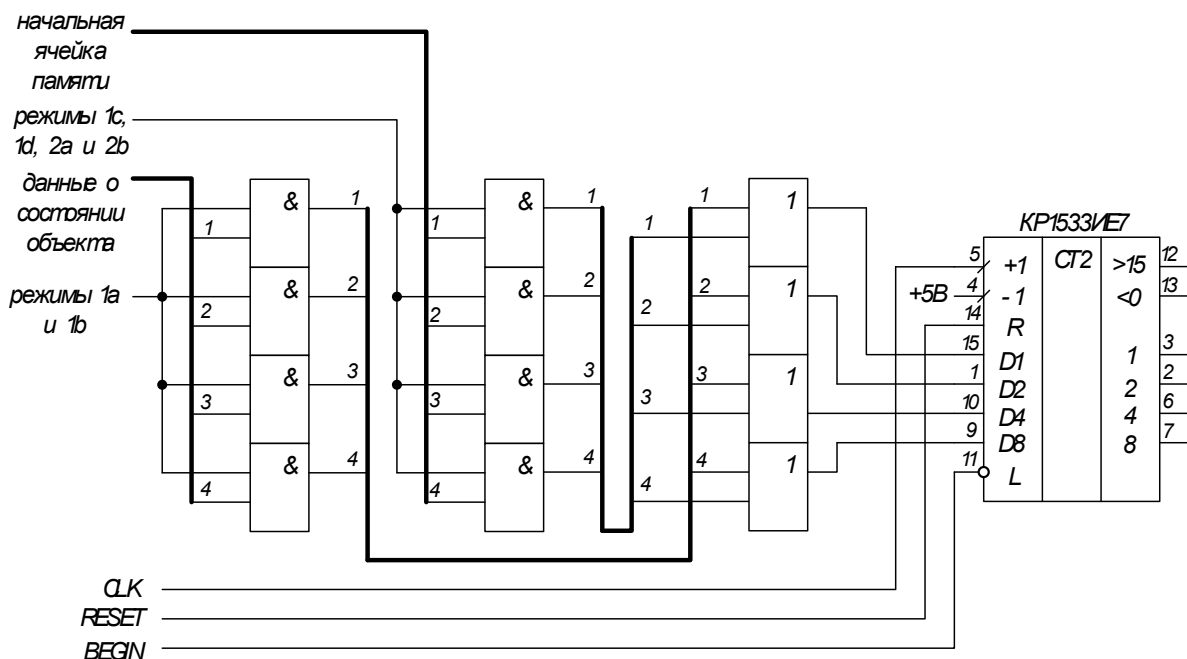


Рисунок 3.9 – Схема вибору початкової адреси послідовності, що управляє

Аналогічно працюють схеми селекції для вибору кількості імпульсів послідовності та старшого зошта адреси керуючих впливів у ПЗП.

Для визначення двійкового представлення даних, що надходять на вхід, використовується група елементів, зображена на малюнку 3.10.

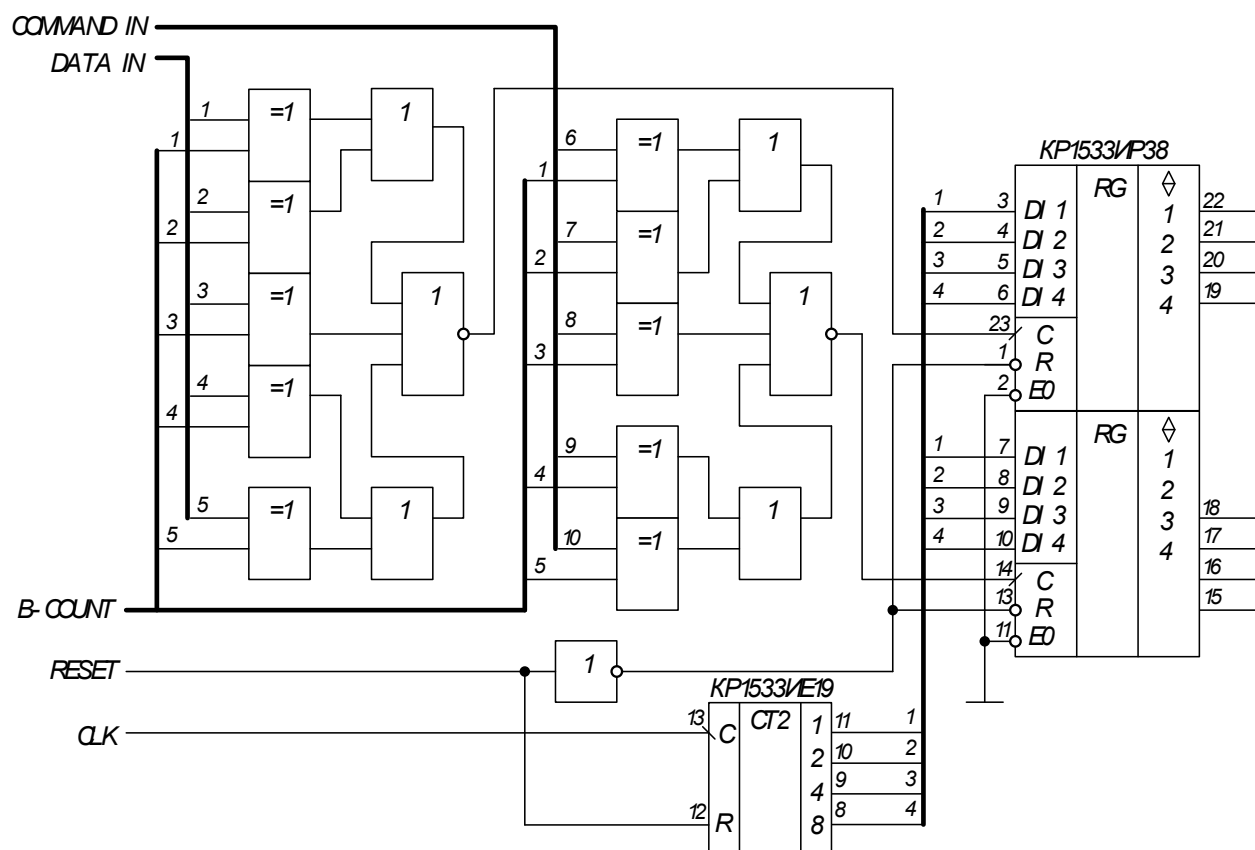


Рисунок 3.10 – Схема дешифрації керуючої команди та даних стану об'єкта управління

На один із входів схем порівняння, що являють собою групу елементів, що Виключає АБО з виходами, об'єднаними елементом АБО-НЕ, подаються біномні кодові комбінації з виходів біномного лічильника (сигнал «B-COUNT»). На інший вхід надходять вхідні дані з виходів регістрів тимчасового зберігання. Одночасно з біноміальним лічильником здійснюється перебір двійкових кодових комбінацій двійковим лічильником KP1533IE19. При збігу біномних комбінацій на входах схеми порівняння видається сигнал дозволу запису двійкової комбінації з виходу лічильника KP1533IE19 регістр зберігання двійкового еквівалента вхідних даних. Як даний регістр виступає мікросхема KP1533IP38 – два чотирирозрядні регістри зберігання. Кожен із регістрів, крім чотирьох входів для подачі інформації D1 – D4 (D5 – D8), має входи С, R, ЕО. При подачі на вхід R логічного 0 відбувається встановлення тригерів регістра стан 0 незалежно від сигналів на інших входах. Запис інформації відбувається при подачі логічної 1 на вхід С. Якщо при цьому на вхід ЕО подано логічний 0, тригери регістра "прозорі" та вихідні сигнали повторюють вхідний сигнал. Подача логічної 1 на вхід ЕО призводить до

переведення виходів у високоімпедансний стан, але не заважає запису інформації в тригери регістру. Запис у них відбувається за спадом імпульсів негативної полярності на вході.

**3.3.4 Зберігання та виведення керуючих даних.** Для зберігання даних, що управляють, використовується мікросхема типу KP556PT17 (рисунок 3.11). Дана мікросхема є ПЗУ з електричним програмуванням ємністю 4 Кбіт (512x8), що має байтову (8 розрядів) організацію. У відсутність зчитування даних виходи мікросхеми знаходяться у стійкому Z-стані, що забезпечує узгодження з об'єктом, що приймає, без додаткових узгоджувальних сигналів. Дозвіл зчитування інформації, що надходить на дев'ять адресних входів, і появи даних на виходах мікросхеми забезпечується чотирма входами вибірки кристала CS, два з яких мають низький активний рівень, два - високий. Мікросхема має досить високу швидкодію і порівняно малу споживану потужність, до її недоліку можна віднести труднощі зміни записаної інформації.

Для перетворення інформації в паралельний вигляд використовується восьмиходовий мультиплексор KP1533КП15 з прямим та інверсним виходом та з можливістю переведення виходів у високоімпедансний стан. При логічному 0 на вході EO на виходи проходить сигнал з входу, номер якого відповідає десятковому еквіваленту коду, поданого на адресні входи 1, 2, 4 з виходів двійкового лічильника. На вихідний сигнал сигнал проходить з інверсією. Подача логічної 1 на вхід EO переводить і прямий, і виходи інверсний у високоімпедансний стан. Сигнал «READ» на малюнку 3.11 надходить на вхід протягом інтервалу часу зчитування інформації з пристрою та перетворення її мультиплексором в послідовний вигляд.

					ЕлІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

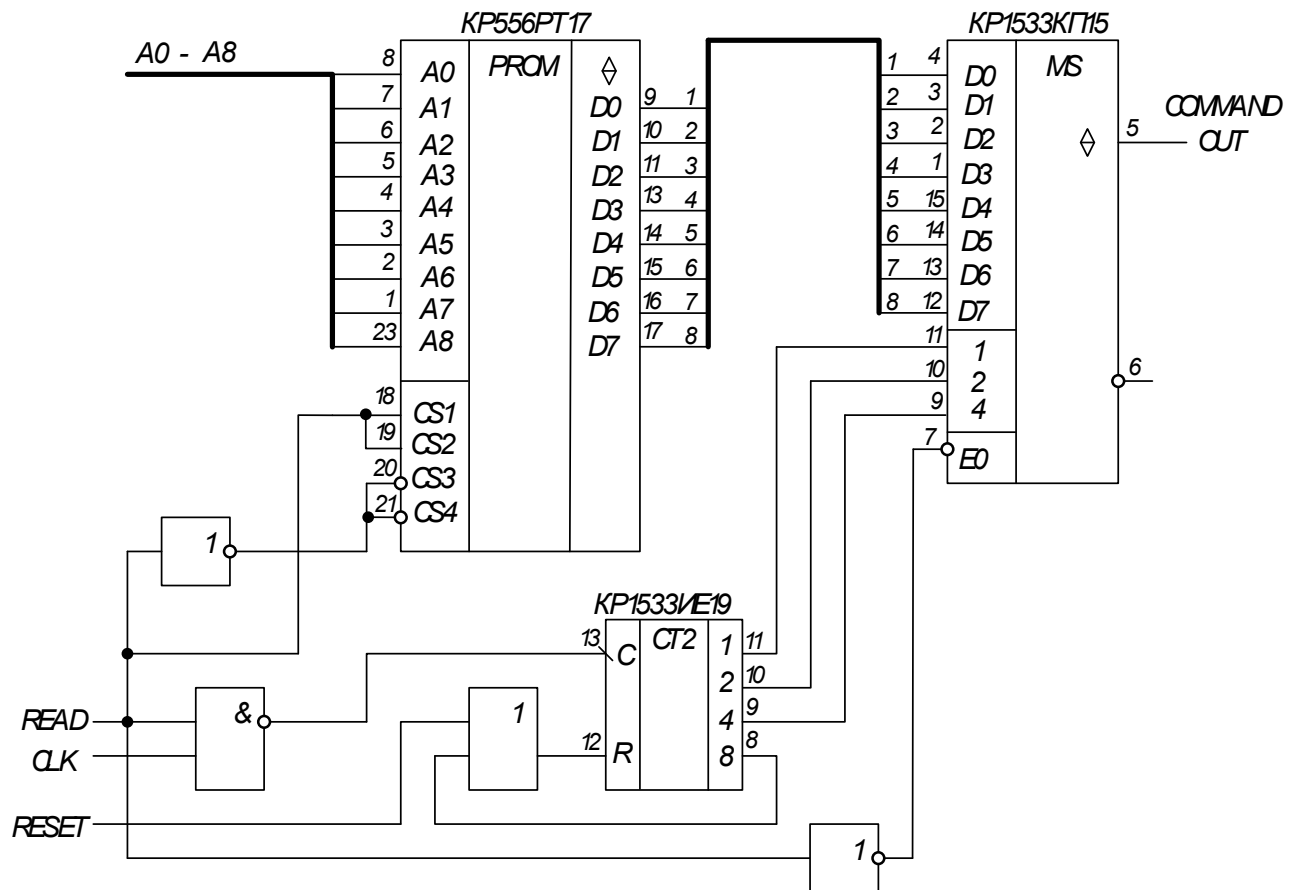


Рисунок 3.11 – Схема виведення керуючих впливів

Функцію тимчасового зберігання та перетворення на послідовний вигляд даних режиму управління виконує восьмирозрядний зсувний регістр К1533ІР9 з можливістю асинхронного паралельного запису та послідовним зчитуванням (рисунок 3.12). Мікросхема має вхід D0 для подачі інформації при послідовному записі, вісім входів D1 – D8 для подачі інформації при паралельному записі, два рівноправні входи для подачі тактових імпульсів (висновки 2 і 15), вхід паралельного запису L і прямий та інверсний виходи останнього розряду зсуву регістру . Подача логічної 1 на будь-який з входів Забороняє перемикаання тригерів при подачі імпульсів на другий вхід. Режим роботи регістру визначається сигналом, поданим на вхід L – при логічній 1 на ньому по спадах імпульсів на вході відбувається зсув інформації, що надходить на вхід D0, по виходу 8, при логічному 0 на вході L відбувається паралельна запис інформації з входів D1-D8.

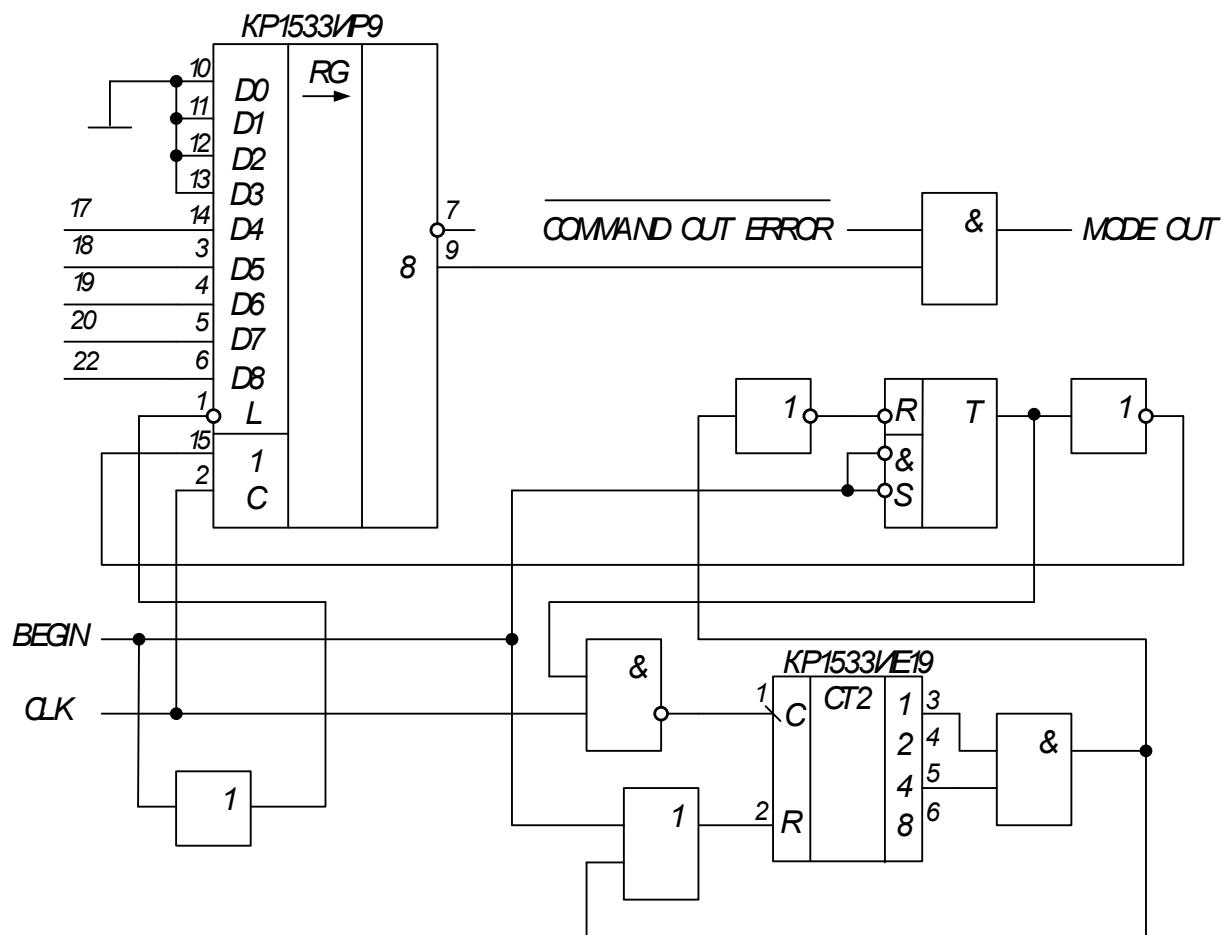


Рисунок 3.12 – Схема виведення даних режиму керування

Управління регістром здійснюється за допомогою двійкового лічильника. При надходженні сигналу «BEGIN», що означає кінець дешифрації вхідних даних, відбувається запис даних режиму в регістр і обнулення лічильника, після чого процес передачі з виходу регістру (сигнал «MODE OUT»). Поява двійкової комбінації 0101 на виходах лічильника означає кінець передачі та забороняє подальшу роботу блоку.

Схема формування послідовності імпульсів будується з урахуванням лічильника KP1533IE7(рисунок 3.13). Дані про кількість імпульсів записуються в лічильник з урахуванням поточного режиму роботи системи завершення відповідних операцій над вхідними даними. Сигнал дозволу передачі встановлює RS-тригер в логічну 1 і ініціює запис даних у лічильник. Видача імпульсів завершується при надходженні на вхід установки 0 тригера сигналу з виходу позички (висновок 13) лічильника.

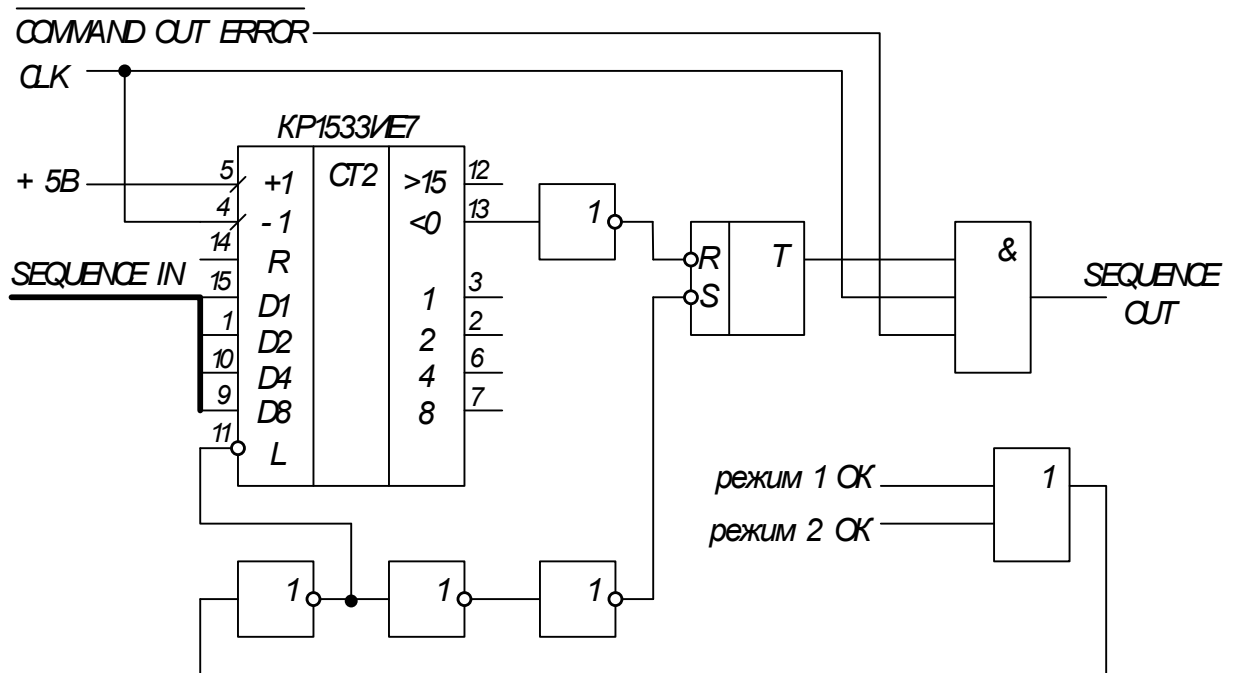


Рисунок 3.13 – Схема виведення послідовності імпульсів

**3.3.5. Формування службових сигналів.** За формування та обробку службових сигналів відповідає група елементів, показана на малюнку 3.14. На вхід подаються сигнали ідентифікації біномних комбінацій з виходу схеми порівняння COMMAND MATCH і DATA MATCH, сигнал закінчення дешифрації вхідних даних COUNT END, сигнал закінчення передачі вихідних даних OUT END, сигнал установки в 0 RESET, сигнал успішного прийому керуючих впливів "OUT OK". D-тригер K1533TM2, що працює в режимі Т-тригера, керує роботою лічильника, що здійснює обчислення різниці двійкових значень керуючої команди та стану об'єкта управління. Одиничний сигнал «SUBTRACT BEGIN» ініціює запис більшого числа, з якого проводиться віднімання, а тривалий сигнал «SUBTRACT» визначає інтервал зменшення лічильником цього числа, тобто віднімання.

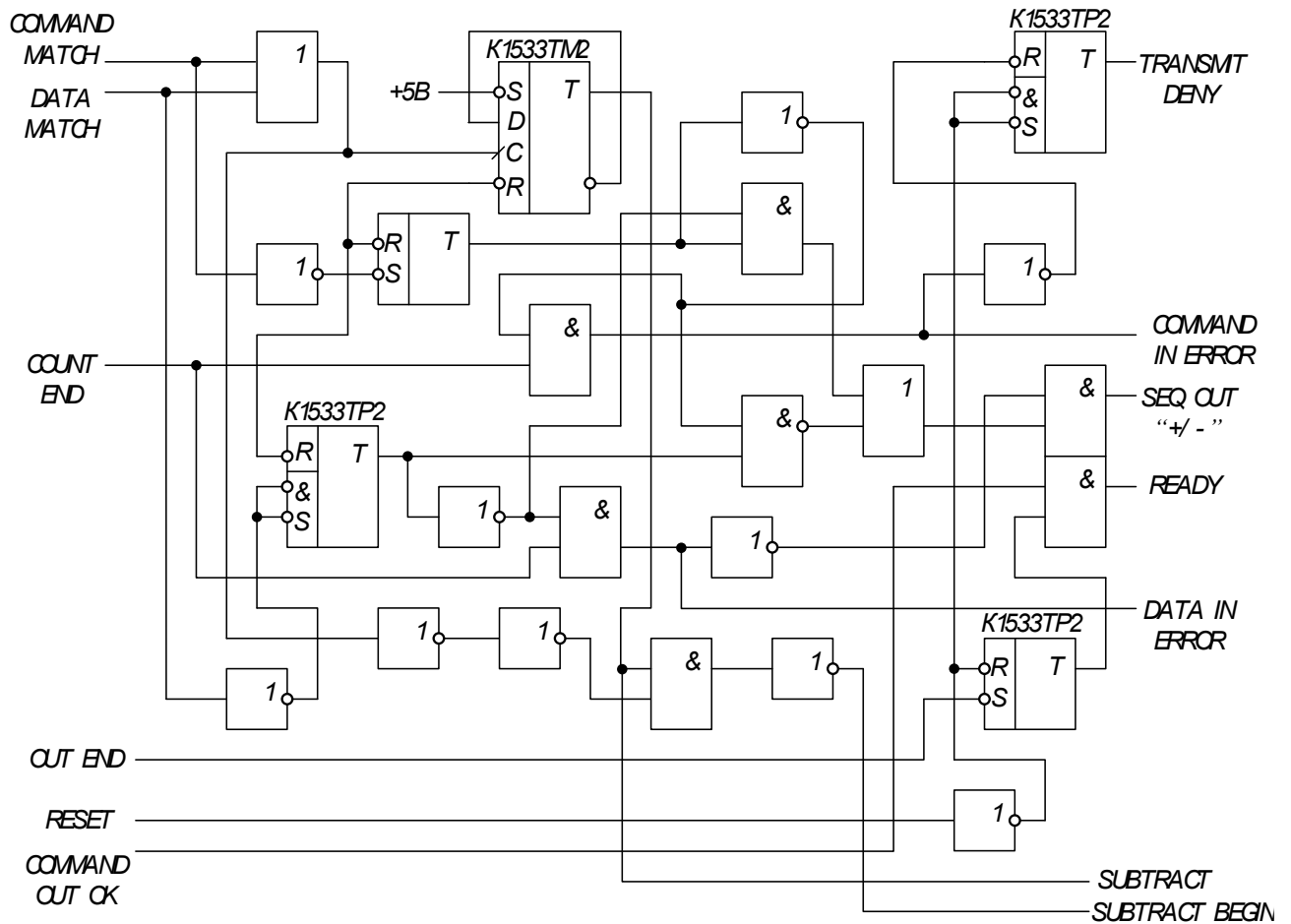


Рисунок 3.14 – Блок формування та обробки службових сигналів

Два RS-тригера K1533TP2 відповідають виявленню помилок прийому вхідних даних. На вхід подаються сигнали з виходу схеми порівняння. Якщо після закінчення декодування даних на виході тригера є логічний 0, значить дані не були розпізнані коректно. Це відображається у вигляді сигналів COMMAND IN ERROR для керуючих впливів і DATA IN ERROR для даних стану об'єкта управління. Також за допомогою аналізу сигналів на виходах тригерів визначається спосіб керування в режимі зі зворотним зв'язком (додавання або віднімання з регульованого параметра) - сигнал "SEQ OUT +/-". Третій тригер K1533TP2 виконує функцію заборони видачі вихідних даних для виявлення помилки прийому керуючої команди – сигнал «TRANSMIT DENY». Останній тригер фіксує сигнал закінчення передачі і забезпечує при надходженні на відповідний логічний елемент І сигналу про успішний прийом керуючих впливів сигналізує про закінчення циклу роботи системи.

**3.3.6 Розрахунок параметрів та характеристик пристрою.** Одним з важливих параметрів пристрою є час роботи при виконанні одного циклу

управління. Робота пристрою відповідно до рівня основних сигналів протягом циклу ілюструється часовими діаграмами рисунку 3.15.

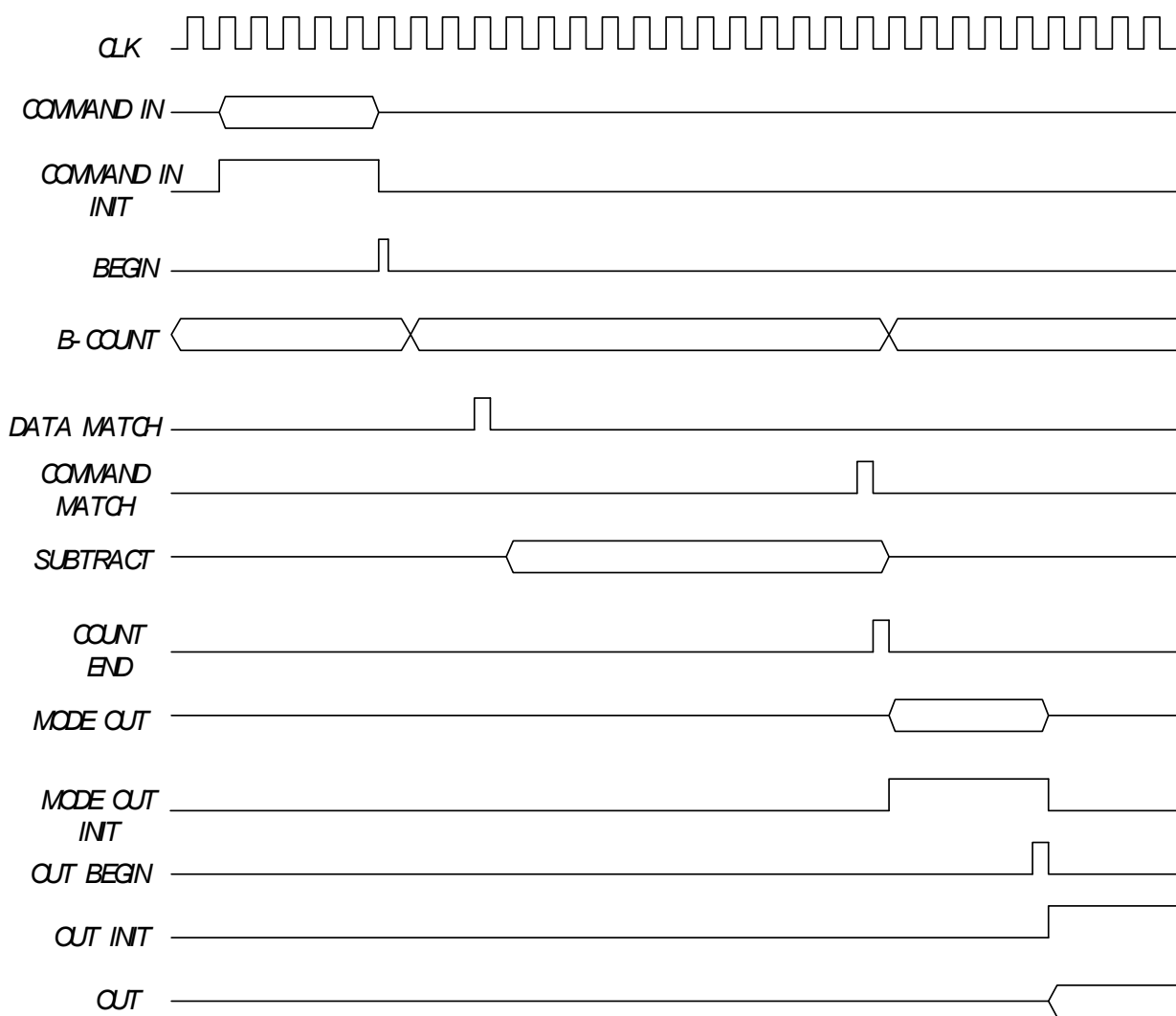


Рисунок 3.15 – Тимчасові діаграми роботи пристрою

Сигнал B-COUNT – знімається з виходів біномного лічильника. BEGIN – сигнал початку обробки вхідних даних. Оскільки передача вихідних даних займає значний час, то діаграмах показано лише початок цього процесу. На діаграмах показаний фрагмент робочого циклу з максимальною кількістю тактів дешифрації вхідних даних – 15. Двійкове представлення даних стану об'єкта управління визначається третій такт дешифрації, команди – п'ятнадцятий. Крім тактів дешифрації цикл роботи пристрою входять 5 тактів прийому команди і 5 тактів передачі даних режиму. На передачу впливів, що управляють, може знадобитися до 128 робочих тактів. Підсумковий максимальний час роботи системи без урахування простою під час очікування реакції об'єкта управління та повторних передач – 153.



Потужність, споживана системою, розраховується шляхом визначення потужності, споживаної кожної мікросхеми пристрою. Для серії K1533 потужність, що споживається мікросхемою, становить не більше 1 мВт. Для ПЗУ серії KP556 споживана потужність наводиться у розрахунку 0,01 мВт/біт.

Загальна кількість мікросхем системи, що розробляється, становить 86, з яких 1 – серії 556, 85 – серії 1533. Відповідно споживана пристроєм потужність дорівнює

$$P_{\text{потУ}} = 85 \cdot 1 \cdot 10^{-3} + 4096 \cdot 10^{-5} = 125,96 \text{ мВт.}$$

### 3.4 Висновки

У розділі роботи було описано процес функціонування біноміальної системи управління, починаючи від загальної її структури та алгоритму роботи, закінчуючи докладним розглядом складу кожного з функціональних блоків схеми.

Для реалізації пристрою у вигляді принципової схеми був проведений аналіз елементного складу та характеристик мікросхем різних серій, в результаті була обрана серія мікросхем 1533 як найбільше, що найбільше задовольняє вимогам до параметрів системи. Дана серія містить мікросхеми, виконані за технологією TTL з діодами Шотки, що володіють крім малої споживаної потужності рядом переваг, серед яких висока швидкодія, хороші стійкість до перешкод і здатність навантаження. Далі було розглянуто побудову електричної принципової схеми на елементах обраної серії та розглянуто принципи роботи основних функціональних вузлів.

Для визначення відповідності електронного пристрою, що розробляється, заданим вимогам був проведений розрахунок його параметрів – числа робочих тактів і споживаної потужності. На основі цього розрахунку можна зробити висновок про те, що система задовольняє за своїми характеристиками всім вимогам, що висуваються.

										Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата						

## 4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Активна частина основного капіталу та її роль у виробничому процесі

**4.1.1 Економічна сутність та роль активної частини основного капіталу.** Основний капітал становить головну частину матеріально-технічної бази будь-якої галузі. На основі його зростання збільшується потенціал та виробничі можливості галузі, нарощується технічний рівень виробництва, а це у свою чергу підвищує темпи випуску продукції та сприяє вдосконаленню розширеного виробництва.

Капітал - у широкому значенні це все, що здатне приносити дохід, або ресурси, створені людьми для виробництва товарів та послуг. У вузькому значенні це вкладений у справу, працюючий джерело доходу як засобів виробництва (фізичний капітал). Прийнято розрізняти основний капітал, що представляє частину капітальних коштів, що у виробництві протягом багатьох циклів, і оборотний капітал, що й повністю витрачається протягом одного циклу. Під грошовим капіталом розуміють кошти, з допомогою яких купується фізичний капітал. Термін «капітал», що розуміється як капітальні вкладення матеріальних та грошових коштів в економіку, у виробництво, називають також капіталовкладеннями або інвестиціями.

Основний капітал - сукупність матеріально-речових цінностей, які у вартісної формі протягом багато часу як у сфері матеріального виробництва, і у невиробничій сфері і втрачають свою вартість частинами, у міру зношування. До них відносяться кошти праці з терміном служби більше 1 року та вартістю понад сторазово встановленого законом мінімального рівня оплати праці.

В даний час відповідно до типової класифікації основний капітал промислового підприємства підрозділяється залежно від однорідності виробничого призначення та натурально-речових ознак на такі групи:

1. Земельні ділянки.

										Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата						

2. Капітальні витрати на покращення земель – до цієї групи відносять витрати неінвентарного характеру на культурно-технічні заходи щодо поверхневого поліпшення земель для сільськогосподарського використання, які здійснюються за рахунок капітальних вкладень.

1. Будівлі, споруди та передавальні пристрої – група охоплює архітектурно-будівельні об'єкти, призначені для виконання тих чи інших технічних функцій, адміністративні будівлі та господарські споруди, житлові будинки; споруди (інженерно-будівельні об'єкти); передавальні пристрої, лінії та мережі зв'язку, лінії електропостачання тощо.

4. Машини та обладнання – силові машини та обладнання; робочі машини та обладнання, що використовуються безпосередньо для впливу на предмет праці або для його переміщення у процесі створення продукції або надання послуг; обчислювальна техніка; інші машини та обладнання.

5. Транспортні засоби, призначені для транспортування вантажів та людей, а також магістральні трубопроводи для транспортування рідких та газоподібних речовин від постачальника до місця зберігання.

6. Інструменти всіх видів, що прикріплюються до машин пристосування, виробничий та господарський інвентар – засоби праці, призначені для обробки матеріалу, здійснення монтажних робіт тощо; до виробничого інвентарю та приладів відносять предмети, що використовуються для полегшення виробничих операцій під час роботи, обладнання для охорони праці, ємності для зберігання рідких та сипких речовин. До цієї групи також відносять меблі.

7. Робоча та продуктивна худоба.

8. Багаторічні насадження.

9. Інші основні засоби.

Виражені у вартісній формі засоби виробництва є виробничим капіталом – це робочі машини та обладнання, силові машини та обладнання, транспортні засоби. Силові машини та обладнання включають: генератори, що виробляють теплову та електричну енергію, газогенератори, парові казани, пересувні електростанції, компресори, обладнання трансформаторних підстанцій і т.д. Робочі машини та обладнання - це машини, які безпосередньо беруть участь у

										Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата						

виконанні робіт, підготовці та обробці будівельних матеріалів і впливають на виконання обсягів робіт та терміни зведення об'єктів будівництва.

Основний капітал невиробничий – майно підприємств (організацій, установ), призначене для невиробничого використання. Це житлові будинки, що обчислюються на балансі, об'єкти, а також обладнання, машини, транспортні засоби і т.д. У бухгалтерському обліку основний капітал відображається у вигляді основних засобів організацій, підприємств та господарств. Зовні капітал представлений у конкретних формах – засоби виробництва (виробничий капітал), гроші (грошовий), товари (товарний). Основний капітал бере участь багаторазово у виробничому процесі та переносить свою вартість на готовий продукт частинами, поступово.

Основний капітал є майном підприємства та становить його основну частину. Джерелами його формування можуть бути грошові та матеріальні внески установ; амортизаційні відрахування; доходи, отримані від реалізації робіт та послуг; доходи від цінних паперів, кредити банків та інші кредити, капітальні вкладення та дотації з бюджетів відповідних рівнів, інші джерела.

Натуральні показники у вигляді конкретних засобів праці необхідні визначення технічного складу, розрахунку виробничої потужності, складання балансу обладнання, грошової оцінки та обліку динаміки основного капіталу, планування розширеного відтворення, встановлення ступеня зносу, обчислення амортизації, розрахунку собівартості продукції та рентабельності виробництва, здійснення господарського розрахунку. Основний капітал у грошах називають основними засобами.

Основний капітал неоднорідний за вартістю. У цьому для узагальнюючої характеристики складу основного капіталу вартості визначають середню первісну вартість об'єкта основного капіталу: початку і поклада краю року; об'єктів, що надійшли на підприємство; об'єктів, що вибули з підприємства, а також надійшли нових та вибули по зносу. Для аналізу якісного стану основного капіталу для підприємства необхідно знати його структуру.

Структура основного капіталу - це частка кожної з груп у їхній спільній вартості. Не всі групи основного капіталу грають у процесі виробництва

					ЕЛІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

однакову роль. Якщо будівлі та споруди забезпечують умови для виробництва, то машини та обладнання безпосередньо беруть участь у створенні продукції. На цій основі основний капітал поділяється на активну та пасивну частини. Розподіл основного капіталу активний і пасивний певною мірою умовно і від специфіки функцій, виконуваних галуззю.

Активна частина основного капіталу є провідною і є базою в оцінці технічного рівня та виробничих потужностей. Ця частина основного капіталу безпосередньо впливає на товар, визначає масштаби його виробництва та рівень продуктивності праці працівників.

Пасивна частина є допоміжною та забезпечує процес роботи активних елементів. Вона охоплює будинки, споруди, передавальні пристрої тощо.

Складені в промисловості співвідношення активних і пасивних елементів показників, що майже всіх підприємствах матеріального виробництва, крім енергетики, частка активної частини нижче.

Найважливішим показником виробничої структури основного виробничого капіталу є частка активної частини його загальної вартості. Це з тим, що обсяг випуску продукції, виробнича потужність, інші економічні показники роботи підприємства значною мірою залежить від величини активної частини основного виробничого капіталу. Тому підвищення її частки оптимального рівня одна із напрямів вдосконалення виробничої структури основного виробничого капіталу для підприємства.

**4.1.2. Оцінка вартості активної частини основного капіталу підприємства.** Технологічні машини та устаткування цехів є активною частиною основного капіталу підприємств. Їх вартість у грошах визначає корисність технології, яку реалізують у виробничому процесі.

На рисунку 4.1 зображено структуру витрат на виробництво однакової продукції, виготовленої за однаковою технологією, але в різній вартості активної частини основного капіталу підприємства.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

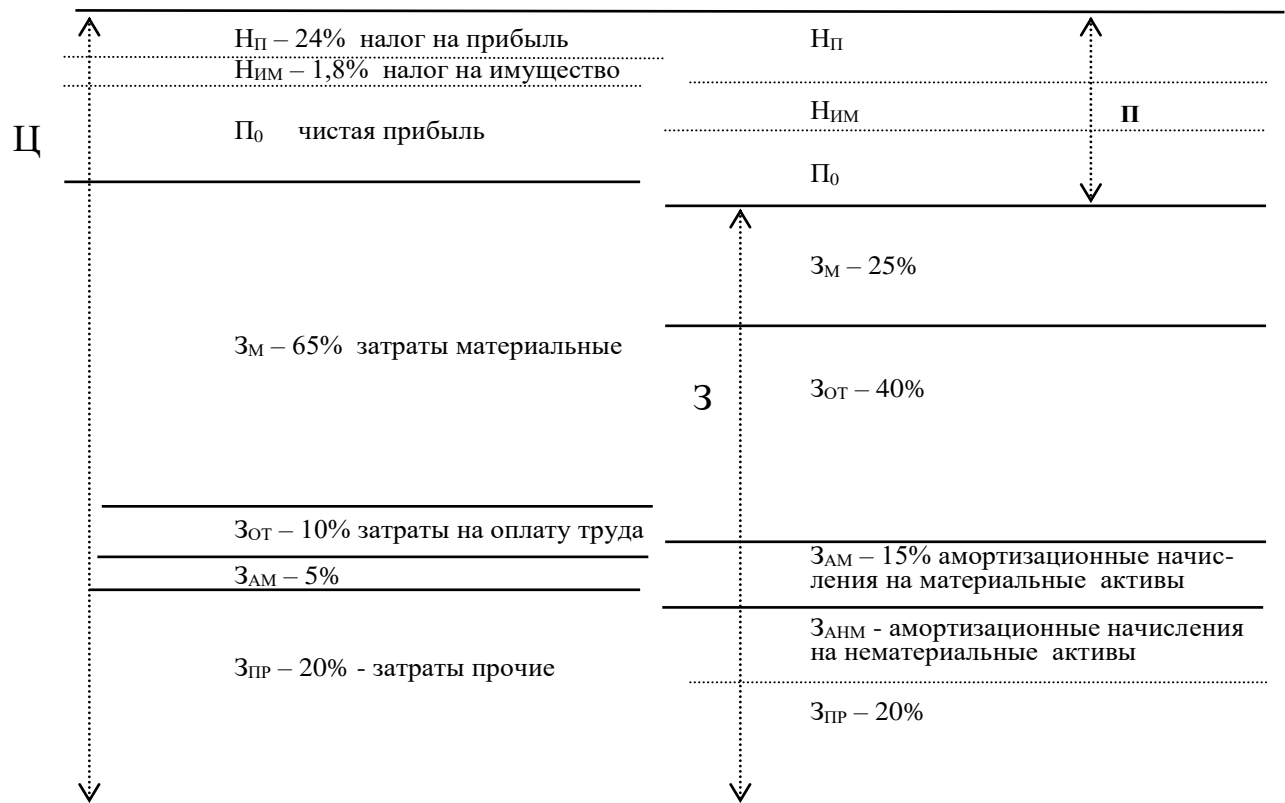


Рисунок 5.1 – Структура витрат за виробництво однакової продукції, виготовленої у різних технологічних системах

На лівій частині схеми зображено недосконалу технологічну систему, в якій частка матеріальних витрат становить 65%, частка оплати праці – 10%, амортизаційні нарахування – 5% та інші витрати – 20%. Після сплати 24% податку на прибуток і 1,8% від балансової вартості основних фондів податку на майно, що амортизуються, підприємство сформує чистий прибуток П<sub>0</sub>. У цій технологічній системі нематеріальних активів немає. На правій стороні схеми зображено структуру витрат за виробництво продукції, виготовленої у більш досконалої технологічній системі. Низькі матеріальні витрати свідчать, що у цій технології дорожча ніж у попередньому варіанті вартість активної частини основних фондів підприємства. За більш досконалої технології підприємство сплатить більший податок на майно. Однак низькі матеріальні витрати дозволяють збільшити частку оплати праці та дохід, що складається з чистого прибутку П<sub>0</sub>, амортизації від матеріальних ЗАМ грн/рік та нематеріальних ЗАНМ активів. У другому варіанті підприємство отримає більший дохід, а муніципалітети – великі податкові платежі.

Існуючі сьогодні методи оцінки вартості технологічних машин засновані на визначенні вартості фірми за її прибутковістю та із загальної вартості виділяють вартість машинного комплексу. У цьому випадку отримана вартість активної частини основного капіталу не відображає реальної їхньої прибутковості. Ідея запропонованого доходного підходу для оцінки машинного комплексу базується на визначенні величини щорічних змінних витрат на виробництво продукції та відповідних ставок капіталізації, на основі яких розраховується вартість машинного комплексу. Це з тим, що прямі витрати визначають досконалість технології, повністю враховуються в бухгалтерському балансі і вимагають статистичної обробки. Крім того, на більшості підприємств з розвинутою ринковою економікою на групі, а іноді й окремих технологічних машинах встановлені контрольно-вимірювальні прилади, які дозволяють поряд з управлінням витрат ресурсів оцінювати знос технологічних машин.

Під капіталізацією у разі запропоновано розуміти перетворення прямих змінних витрат за виробництво продукції вартість технологічних машин. У цьому випадку склад та порядок дій при оцінці вартості машин та обладнання значно спрощується та може бути використаний при щорічній інвентаризації активної частини основного капіталу підприємств.

Вартість машинного комплексу розраховуємо за формулою

$$U_{\text{маш}} = Z_{\text{маш}}/k,$$

де  $k$  - Коефіцієнт капіталізації для машинного комплексу, що є його константою і, як буде показано нижче, характеризує індивідуальність технологічної системи.

При реалізації методу дисконтування витрат з оцінки машин та устаткування застосуємо таку послідовність операцій:

1. За балансом підприємства або із прямих вимірювань на технологічних машинах визначають витрати  $Z$  грн/рік на виробництво продукції. Достатньо, мабуть, виміряти лише матеріальні та інші витрати, що є технологічними.
2. Розраховують поточну вартість виробничої системи за співвідношенням

					ЕЛІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$U = \frac{3}{k} \left[ 1 - \frac{1}{(1+k)^t} \right] + \frac{U_M}{(1+k)^t}$$

де  $k$  - Константа технологічної системи - ставка дисконту;

$U_M$  - залишкова вартість технологічних машин.

Введемо поняття річного ресурсу терміну корисного використання технологічної системи  $R_G$ , год/год

$$R_G = \alpha * Z * R_0, \quad (5.1)$$

де  $\alpha$  – норма амортизації, 1/год;

$Z$  – термін корисного використання технологічних машин, рік;

$R_0$  – річний ресурс робочого дня виробничого процесу, год/год.

Продуктивність технологічної системи  $T$ , грн/год дорівнює відношенню витрат на виробництво продукції  $Z$ , грн/рік до річного ресурсу робочого часу  $R_0$  технологічної системи та (або) відношенню вартості активної частини основного капіталу  $U$ , грн/рік до річного ресурсу строку корисного використання  $R_G$

$$T1 = Z/R0 = U/R_G. \quad (5.2)$$

Из виразу (5.2) слідує

$$\frac{R_0}{R_G} = \frac{Z}{U} = k. \quad (5.3)$$

Дослідження статистичних даних показали, що фондомісткі технології - металургія, машинобудування, деревопереробка, енергетика, хімічна промисловість мають значення  $k < 1$ , а значення  $k > 1$  належать легкій промисловості, лісозаготівельній галузі та ін.

З урахуванням (5.1) та (5.3) отримаємо залежність

$$k * \alpha * Z = 1.$$



Тобто норма амортизації та термін корисного використання технологічних машин (систем) не можуть бути обрані довільно, і залежать від характеру галузі та підприємства.

**4.1.3 Інтенсифікація поновлення активної частини основного виробничого капіталу промислових підприємств.** В Україні після тривалої системної кризи протягом останніх кількох років відбувається формування та розвиток позитивних тенденцій економічного зростання. Сучасні дослідження провідних вітчизняних економістів свідчать, що українська економіка виходить на шлях інвестиційного розвитку та зростання. Якщо амортизаційні відрахування та інші джерела фінансування інвестиційної діяльності підприємств направити на оновлення основного капіталу, причому переважну частину витратити на оновлення активної частини основного виробничого капіталу, то виробничі потужності можуть бути модернізовані на сучасному технічному рівні.

Фундаментально закріпити та надалі ефективно розвивати досягнуті та прогнозовані показники економічного зростання у вітчизняному промисловому комплексі можливо на основі реалізації структурно-інноваційних принципів переважного використання інтенсивних факторів нарощування обсягів виробництва та збуту продукції. На перших етапах формування необхідних умов для економічного зростання в господарських структурах промислового комплексу України важливу для вирішення оперативних та тактичних завдань збільшення обсягів виробництва продукції роль можуть відігравати й екстенсивні фактори, пов'язані з використанням машин, верстатів, обладнання, вільних виробничих площ, що тимчасово простоюють. Проте екстенсивний шлях економічного розвитку промислових підприємств у стратегічному плані є безперспективним. Перехід на переважне використання інтенсивних факторів збільшення обсягів виробництва є загальною закономірністю інноваційного розвитку світової економіки.

Таким чином, скорочення строків та інноваційну спрямованість оновлення активної частини основного виробничого капіталу слід розглядати з позицій оцінки їхнього впливу на рівень інтенсифікації соціально-економічного розвитку промислових підприємств.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Процес відновлення активної частини основного виробничого капіталу можна характеризувати або як переважно інтенсивний або переважно екстенсивний. Проведені дослідження показали, що характер, швидкість та економічна ефективність процесів оновлення активної частини основного виробничого капіталу значною мірою залежать від стартових умов, довкілля та внутрішніх факторів, а також від цілей та особливостей соціально-економічного розвитку, що формуються на кожному промисловому підприємстві.

Екстенсивне оновлення активної частини основного виробничого капіталу створює умови для генерації кількісних змін парку обладнання та залучення до виробничого процесу додаткових матеріальних, фінансових та енергетичних ресурсів. Ці кількісні зміни дозволяють підприємству адаптувати процеси до зміни платоспроможного попиту ринках збуту. Якісні інноваційні зміни можуть бути досягнуті лише на основі інтенсифікації процесів оновлення активної частини основного капіталу.

Дослідження показують, що розвиток системного процесу інтенсифікації поновлення активної частини основного виробничого капіталу має циклічний характер і підпорядкований дії механізмів еволюції промислового підприємства як соціально-економічної системи. Екстенсивне оновлення та використання активної частини основного капіталу базується на використанні адаптаційних механізмів соціально-економічного розвитку підприємств. Адаптаційні механізми ефективно діють за умов безкризових циклів розвитку складної соціально-економічної системи – підприємства.

Оновлення активної частини основного виробничого капіталу має бути підпорядковане спільній меті переходу господарських структур промислового комплексу країни на переважно інтенсивний шлях економічного розвитку. Отже, необхідно оцінки економічної ефективності запровадження інвестиційних проектів доповнити показниками, що визначають рівень інтенсифікації виробництва.

										Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата						

## 4.2 Розрахунок економічного ефекту проектованого пристрою

**4.2.1 Розрахунок повної собівартості електронної системи, що розробляється, далі ПРОДУКТ.** Собівартість програмного продукту – це виражені у грошовій формі поточні витрати підприємства з його виробництво та збут. Витрати виробництво утворюють виробничу (заводську) собівартість, а Витрати виробництво і збут – повну собівартість. Розрахунок собівартості товару за статтями витрат називається калькуляцією. Калькулювання собівартості продукту здійснюється відповідно до "Типового положення щодо планування, обліку та калькулювання собівартості продукції (робіт, послуг) у промисловості" (Типове положення з планування, обліку та калькулювання собівартості продукції. Затверджено КМ України від 26 квітня 1996 р.).

Витрати, пов'язані з виробництвом та збутом (реалізацією) продукту "біноміальна система управління" групуються за такими статтями:

- основна заробітна плата
- додаткова заробітна плата
- відрахування від заробітної плати
- Матеріали та комплектуючі
- оренда машинного часу або РСЕО
- цехові витрати
- Виробничі витрати
- адміністративні витрати
- позавиробничі (комерційні витрати).

Витрати основну зарплатню ( $Z_0$ ). Основна заробітна плата розраховується за такою формулою

$$Z_0 = T \times Ч \times K \times A,$$

						Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

де  $T$  – сумарна трудомісткість розробки товару (годину). Визначається експертним шляхом виходячи із фактично витраченого часу на виробництво та налагодження продукту;

$Ч$  – середня годинна тарифна ставка 1 робітника задіяного у виробництві продукту, грн./год;

$K$  – коефіцієнт трудової участі (розрядності);

$A$  – кількість працівників задіяних у виробництві.

$$З_0 = 16 \times 60 \times 2 \times 2 = 3840 \text{ грн.}$$

Додаткові витрати. Витрати на додаткову заробітну плату зазвичай складає від 10% до 30% від основної:

$$З_д = З_0 \frac{K_д}{100},$$

де  $K_д$  – відсоток додаткової заробітної плати.

$$З_д = 3840 \frac{20}{100} = 768 \text{ грн}$$

Відрахування від зарплати. Відрахування від заробітної плати до пенсійного фонду становлять 33,2%, на соціальне страхування – 2,9%, до фонду зайнятості (безробіття) – 1,9%, відрахування на нещасні випадки з виробництва – 0,5 – 1,0%.

$$H_з = (З_0 + З_д) \cdot \frac{39,0}{100}.$$

$$H_з = (3840 + 768) \cdot \frac{39,0}{100} = 1797,12 \text{ грн}$$

Витрати на утримання та експлуатацію обладнання. Вважається, що обладнання перебуває на балансі підприємства. Витрати утримання і експлуатацію устаткування (РСЭО) дорівнюють відсотку РСЭО від основний зарплати, відсоток РСЭО визначається з відомостей з аналізу повної собівартості товару (у середньому 120 – 150%).

$$РСЭО = 3840 \times 140\% = 5376 \text{ грн.}$$

									Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата					

Витрати на матеріали та комплектуючі. Матеріали та комплектуючі вироби розглядаються виходячи з відомостей на матеріали, сировину, комплектуючі, кооперацію, що припадають на одну одиницю випуску.

Таблиця 4.1 – витрати на комплектуючі вироби

Назва	Кіл-ть	Ціна (шт)	Ціна (всього)
<b>Індикатори</b>			
АЛ307А	8	3,9	31,2
<b>Конденсатори</b>			
К50-6-10мкФ-25В -20 +80%	9	2,9	24,3
КМ-6-0,47мкФ-25В ±20%	85	1,3	110,5
<b>Мікросхеми</b>			
К1533ЛА3	1	6,2	6,2
К1533ЛЕ4	2	4,3	8,6
К1533ЛИ1	24	2,8	67,2
К1533ЛИ3	5	5	25
К1533ЛИ6	1	5,8	5,8
К1533ЛЛ1	16	2,3	36,8
К1533ЛН1	10	4,6	46
К1533ЛП5	3	5	15
КР1533ИЕ7	4	2,8	11,2
КР1533ИЕ19	2	5	10
КР1533ИР8	4	5,7	22,8
КР1533ИР9	1	4,6	4,6
КР1533ИР35	3	5	15
КР1533ИР38	1	3,5	3,5
КР1533КП15	1	6,8	6,8
КР1533ТМ2	3	3,9	11,7
КР1533ТМ9	1	2,3	2,3
КР1533ТР2	2	3,8	7,6
КР556РТ17	1	7	7
<b>Резистори</b>			
МЛТ 620Ом ±20%	8	3,1	24,8
<b>Всього</b>			<b>503,9</b>

Цехові витрати визначається з відомостей з аналізу повної собівартості товару (середньому можуть становити 60 – 90 %). Цехові витрати дорівнюють відсотку цехових витрат від основної заробітної плати.

$$\text{Цехові витрати} = 3840 \times 70\% = 2688 \text{ грн.}$$

Виробничі витрати визначається з відомостей з аналізу повної собівартості товару (середньому можуть становити 120 – 240 %). Виробничі витрати дорівнюють відсотку виробничих витрат від основної зарплати.

$$\text{Виробничі витрати} = 3840 \times 180\% = 6912 \text{ грн.}$$

Адміністративні витрати визначаються з відомостей щодо аналізу повної собівартості товару (середньому можуть становити 140 – 200 %). Адміністративні витрати дорівнюють відсотку адміністративних витрат від основної зарплати.

$$\text{Адміністративні витрати} = 3840 \times 150\% = 5760 \text{ грн.}$$

Виробнича собівартість включає витрати на виробництво пристрою (сума пп. 1.1.1 – 1.1.8).

$$C_{\text{п}} = 3840 + 768 + 1797,12 + 5376 + 503,9 + 2688 + 6912 + 5760 = 27\ 645,02 \text{ грн.}$$

Позавиробничі (комерційні) витрати включають витрати на рекламу та передпродажну підготовку товару. Орієнтовно ці витрати визначаються у вигляді 5 – 10 % від виробничої собівартості.

$$V_{\text{р}} = 27\ 645,02 \times 8\% = 2211,6 \text{ грн.}$$

Повна собівартість

$$Z = C_{\text{п}} + V_{\text{р}} = 29856,62 \text{ грн.}$$

Калькуляція собівартості продукту зводиться до таблиці

Таблиця 4.2 - калькуляція собівартості товару

Назва статі калькуляції	Величина
1. Основна заробітна плата	3840
2. Додаткова заробітна плата	768
3. Відрахування від заробітної плати	1797,12
4. Матеріали та комплектуючі вироби	503,9
5. Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	5376
6. Цехові витрати	2688
7. Виробничі витрати	6912
8. Адміністративні витрати	5760
9. Позавиробничі (комерчі) витрати	2211,60

**4.2.2 Розрахунок ціни товару "біноміальна система управління".** У ринковій економіці існують різні методи ціноутворення: собівартість плюс прибуток, забезпечення фіксованого обсягу прибутку залежно від рівня попиту. Розрахунок оптової ціни товару виробляємо за схемою "собівартість плюс прибуток".

$$Ц_{\text{опт}} = З + П,$$

де З - собівартість продукту;

П – величина прибутку.

Прибуток визначається виходячи з нормативу (показника) рентабельності виробництва продукції, що встановлюється підприємством:

$$R = \frac{П}{С} \cdot 100\% ,$$

де R – рентабельність товару, береться у вигляді до 35%.

Тоді оптова ціна програмного продукту визначається

$$Ц_{\text{опт}} = С + \frac{R \cdot С}{100} ,$$

$$Ц_{\text{розн}} = Ц_{\text{опт}} \times 1,2,$$

где 20% – НДС.

$$Ц_{\text{опт}} = 29856,62 + \frac{18 \cdot 29856,62}{100} = 35230,90 \text{ грн}$$

$$Ц_{\text{розн}} = 35230,90 \times 1,2 = 42277,08 \text{ грн.}$$

					ЕЛІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

### 4.3 Висновки з техніко-економічної частини.

У цьому розділі роботи було розглянуто один із аспектів управління та організації промислового підприємства – планування та розрахунків активної частини основного капіталу. Також було надано орієнтовну оцінку собівартості розробленої системи, а також розраховано роздрібну ціну за схемою "собівартість плюс прибуток", що дозволяє судити про приблизну економічну вигоду застосування системи. Позитивні боки цієї методики полягають у її простоті, комплексної очевидності такої функції ціни як відшкодування витрат за виробництво і забезпечення прибутковості від створення та реалізації продукту. Недолік цієї методики у тому, що вона слабо враховує ринкові чинники ціноутворення і, попит. Однак у реальній перехідній економіці існують ситуації, коли підприємствам доцільно її застосовувати: за умов відсутності конкуренції (монополії), за обмеження рентабельності продукції з боку держави, виконання одноразових замовлень, виготовлення оригінальної продукції.

Використання аналізованої системи передбачає наявність додаткових пристроїв, сумісних за методами кодування і передачі даних, що може значно збільшити ціну керуючого комплексу в цілому. Для встановлення реальної ціни, яка відповідає б умовам існуючого ринку продуктів, необхідні відповідні маркетингові дослідження.

					ЕлІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



## ВИСНОВОК

У ході виконання роботи було розроблено систему управління пристроями різного типу. Перевагою даної системи є широкий діапазон її застосування за малого варіювання складу функціональних блоків використаної схеми. Розроблена система може виконувати свої функції в різних сферах застосування, керуючи роботою як різноманітних цифрових вузлів, блоків і пристроїв, так і технологічними процесами різної складності. Це досягається шляхом використання постійного пристрою для зберігання даних управління об'єктом без функціональної прив'язки до конкретного типу об'єкта управління. Об'єм пам'яті пристрою досить великий, проте при необхідності можна використовувати ПЗУ з більшою ємністю та розрядністю адресної шини, для чого потрібно використовувати для формування адреси лічильник вищої розрядності.

Система призначена для роботи на високих частотах, включаючи мегагерцовий діапазон, проте прямої залежності швидкодії системи від частоти роботи об'єкта керування немає, отже, може працювати на низьких частотах.

Важливою перевагою розробленої системи є підвищена схибленість за рахунок застосування в ній біномного рівномірного коду для подання та передачі даних, що представляють собою керуючі команди та інформацію про регульовані параметри об'єкта управління. В рамках науково-дослідної роботи було досліджено залежність перешкодостійкості коду від його параметрів, а також від характеристик каналу зв'язку. На основі отриманих результатів дослідження були обрані параметри біномного рівномірного коду  $n = 6$ ,  $k = 4$ , що найбільше задовольняють за критеріями завадостійкості та простоти реалізації декодуючого пристрою.

У цій роботі для декодування даних використовувався простий біноміальний лічильник, проте при пред'явленні до пристрою спеціальних вимог можуть використовуватися інші методи. Наприклад, для підвищення швидкодії може використовуватися схема біномного лічильника на логічних елементах, а при підвищених вимогах до надійності та перешкодозахищеності – стійкий до відмови біноміальний лічильник. Параметри коду, що використовуються, дозволяють отримати 15 можливих команд  $i$ , не

					ЕлІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ускладнюючи схему, задіяти практично весь обсяг пам'яті постійного запам'ятовуючого пристрою, що можливо не для всіх параметрів біномного коду. Збільшення параметрів, проте, може бути доречним за необхідності більш гнучкого управління з використанням більшої кількості команд, проте складність схеми при цьому зростає значною мірою, з погіршенням при цьому швидкодії.

Згідно з наведеними розрахунками, споживана всім пристроєм потужність знаходиться в межах 150 мВт, що забезпечується застосуванням при проектуванні малопотужних мікросхем, виконаних за технологією ТТЛ з діодами Шотки, що володіють крім малої потужності, що споживається рядом переваг, серед яких висока швидкодія, хороші перешкодостійкість і навантажувальна. Досить широкий елементний склад серії, що використовується, дозволив спроектувати схему пристрою, оптимально вибираючи тип мікросхем для кожного функціонального вузла, що дозволило поліпшити характеристики і параметри пристрою.

У рамках розділу роботи, присвяченого охороні праці, було розглянуто забезпечення оптимальних умов праці при розробці пристрою, а також методи їх поліпшення.

У техніко-економічному розділі була дана орієнтовна оцінка собівартості розробленої системи, а також розрахована роздрібна ціна, що дозволяє судити про приблизну економічну вигоду застосування системи, хоча використання її передбачає наявність додаткових пристроїв, сумісних за методами кодування і передачі даних, що може значно збільшити ціну керуючого комплексу загалом.

					ЕлІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Борисенко А.А. Управляющие системы: Учебное пособие. Киев: Центр учебной литературы, 2004. – 216 с.
2. Васильев В.И., Миронов В.Н. Электронные промышленные устройства: Учеб для вузов спец. «Пром. электроника». – М.: Высшая школа, 2017. – 303 с.
3. Борисенко О.А. Цифрова схемотехніка: навчальний посібник. – Суми: СумДУ, 2018. – 286 с.
4. <http://www.texnic.ru/data/ims-sprav.htm>. Справочник микросхем. Подборка справочной документации на отечественные и зарубежные, цифровые и аналоговые микросхемам (оновлено 2018 р.).
5. Платт Чарльз. Энциклопедия электронных компонентов. Том 2. Тиристоры. Аналоговые и цифровые микросхемы. Светодиоды. ЖК-дисплеи. Источники звука / Чарльз Платт, Фредерик Янссон. – СПб: BHV, 2016. – 368 с.
6. The TTL Data Book. Texas Instruments, 2010.
7. Економіка підприємства: Підручник / За заг. ред. д.е.н., проф. Л.Г. Мельника. – Суми: ВТД "Університетська книга", 2004. – 648 с.
8. Справочник по стандартным цифровым TTL микросхемам. <http://www.inp.nsk.su/~kozak/ttl/ttlh00.htm>
9. Портал радиолюбителей: радиосхемы и радиолюбительские технологии. <http://komplexb.butovonet.ru/~radio/>
10. Економіка підприємства: Підручник. – В 2 т. / За ред. С.Ф. Покропивного. – К.: Вид-во "Хвиля-Прес", Донецьк: МП "Пошук", 2015. – 280 с.
11. Типове положення з планування, обліку і калькулювання собівартості продукції. Затверджено КМУ від 26 квітня 1996 № 473 // Бізнес. – № 32-35.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.464 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		