

## ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ПРИСКОРЕННЯ РУХУ РІЗНИХ ДИНАМІЧНИХ МІКРООБ'ЄКТІВ ТЕЛЕВІЗІЙНИМ СКАНУВАЛЬНИМ ОПТИЧНИМ МІКРОСКОПОМ

© Матієшин Ю.М., Баланюк Ю.В., Василюк В.Я., 2012

Розглянуто питання використання телевізійного сканувального оптичного мікроскопа для визначення прискорення руху різних динамічних мікрооб'єктів із застосуванням режиму слідкування за мікрооб'єктом та забезпеченням утримання його зображення в полі зору мікроскопа протягом всього часу вимірювань. Побудовано блок-схему алгоритму роботи мікроскопа та його структурно-функціональні схеми, які забезпечують роботу мікроскопа при визначенні прискорення руху динамічних мікрооб'єктів.

**Ключові слова:** телевізійна сканувальна мікроскопія, прискорення руху мікрооб'єкта, режим слідкування.

Questions of use of a television scanning optical microscope for definition of acceleration of movement of various dynamic microobjects with use of a mode of tracking microobject and maintenance of its image holding in sight a microscope during all time of measurements are considered. Block diagram of algorithm of a microscope work and its structurally functional circuits which ensure the functioning into a microscope at definition of acceleration of movement of dynamic microobjects are constructed.

**Key words:** television scanning microscopy, acceleration of movement of microobject, mode of tracking.

**Вступ.** Визначення прискорення руху досліджуваних динамічних мікрооб'єктів (МО), характер руху яких є рівномірно прискореним чи нерівномірно прискореним, є важливим завданням у телевізійних вимірювальних системах. Більшість сучасних вимірювальних систем мають, як правило, невеликий діапазон визначення прискорень з коротким періодом наростання [1]. Саме такий період наростання прискорення характерний для багатьох динамічних МО. Успішніше для визначення нерівномірності швидкості руху різних об'єктів застосовуються різноманітні лазерні пристрої [2]. Ці пристрої є безконтактними та достатньо швидкодіючими.

Типова фізична формула для визначення прискорення руху об'єкта у вигляді математичної точки має такий вигляд:

$$\bar{a} = d\bar{V}/dt = d^2\bar{r}/dt^2, \quad (1)$$

де  $\bar{a}$  – вектор миттєвого прискорення математичної точки;  $d\bar{V}/dt$  – перша похідна від вектора швидкості руху математичної точки за часом;  $d^2\bar{r}/dt^2$  – друга похідна від радіуса-вектора математичної точки за часом.

Отже, вектор прискорення математичної точки у певний момент часу дорівнює першій похідній від вектора швидкості руху математичної точки за часом або другій похідній від радіуса-вектора математичної точки за часом [3].

Отже, для визначення прискорення руху досліджуваного МО у довільній точці його траєкторії руху необхідно встановити не тільки значення прискорення, але і його напрям. Це завдання розв'язується за допомогою використання режиму спостереження за МО у телевізійному сканувальному оптичному мікроскопі (ТСОМ) та визначення координат поточних положень МО на траєкторії його руху, які записуються у пам'ять комп'ютера.



переміщення СЕ з одного положення в інше та часу фіксованого положення СЕ, впродовж якого він світиться.

Формувач сигналу розгортки по координаті Х ФСРХ формує на першому виході сходячо-наростаючу напругу, яка відповідає відхиленню СЕ по рядку, на другому виході – паралельний двійковий код, який відповідає миттєвому значенню положення СЕ в рядку, на третьому виході – імпульс закінчення розгортки по координаті Х і початку зворотного ходу по рядку, на четвертому виході – імпульс гасіння СЕ під час зворотного ходу по рядку. Перетворювач напруга-струм по координаті Х ПНСХ формує з великою точністю струм відхилення в котушках відхилення по координаті Х КВХ, який відповідає сходячо-наростаючому сигналу на першому виході формувача сигналу розгортки по координаті Х ФСРХ. Формувач сигналу розгортки по координаті Y ФСРУ формує на першому виході сходячо-наростаючу напругу, яка відповідає відхиленню СЕ по кадру, на другому виході – паралельний двійковий код, який відповідає миттєвому значенню положення СЕ по кадру, на третьому виході – кадрові імпульси гасіння, які подаються на третій вхід формувача імпульсів гасіння ФІГ, другий вхід блока формування міні-растра БФМ, перший вхід блока початку сканування БПС, перший вхід блока визначення центра міні-растра БВЦ, перший вхід блока порівняння координат Х БПКХ, перший вхід блока порівняння координат Y БПКУ та другий вхід блока пам'яті БП. Кадрові імпульси гасіння використовуються для синхронізації роботи цих блоків при записі, зчитуванні та обробці інформації. Перетворювач напруга-струм по координаті Y ПНСУ формує з великою точністю струм відхилення в котушках відхилення по координаті Y КВУ, який відповідає сходячо-наростаючому сигналу на першому виході формувача сигналу розгортки по координаті Y ФСРУ.

На виході формувача імпульсів гасіння ФІГ формується імпульс, тривалість якого дорівнює тривалості найтривалішого перехідного процесу під час переміщення СЕ по екрану проекційної електронно-променевої трубки ПЕПТ. Перший відеопідсилювач ВП1 підсумовує імпульси гасіння з постійним зміщенням, підсилює їх, після чого вони подаються на керуючий електрод проекційної електронно-променевої трубки ПЕПТ, забезпечуючи необхідну яскравість свічення екрана трубки. Світловий сигнал з екрана проекційної електронно-променевої трубки ПЕПТ через об'єктив О проектується на досліджуваній об'єкт ДО із МО. Світловий сигнал від досліджуваного об'єкта ДО надходить на вхід фотоелектронного помножувача ФЕП, на виході якого формується електричний сигнал, миттєве значення якого пропорційне до кількості світла, яке пройшло через досліджуваній МО. Цей сигнал підсилюється до нормованої величини другим відеопідсилювачем ВП2 і подається на вхід компаратора К. Якщо рівень вихідного сигналу другого відеопідсилювача ВП2 перевищує рівень спрацьовування компаратора К, то на його виході з'явиться імпульс, який подається на перший вхід блока визначення координат БВК і фіксує миттєві значення координат досліджуваного МО, які подаються на другий та третій входи блока визначення координат БВК. Блок визначення координат БВК обчислює координати центру досліджуваного МО і подає по виходу команду запису їх кодів на перший вхід блока пам'яті БП та на перший вхід блока формування міні-растра БФМ. Розмір міні-растра є значно меншим від повноформатного растра. Центр першого формованого міні-растра збігається з центром досліджуваного МО при першому повноформатному скануванні, а центр кожного наступного міні-растра збігається з центром досліджуваного МО при його попередньому скануванні. На першому виході блок формування міні-растра БФМ формує код початку розгортки по координаті Х, на другому виході – код кінця розгортки по координаті Х, на третьому виході – код початку розгортки по координаті Y, на четвертому виході – код кінця розгортки по координаті Y. Отже, кожний наступний сканувальний растр, крім першого, має малі розміри, які визначаються кодами, що надходять з блока формування міні-растра БФМ. Збіг коду центра міні-растра з кодом центра МО при попередньому скануванні дає змогу відстежувати зміну положення МО.

Після закінчення формування сканувального растра відповідно до переднього фронту кадрового імпульсу гасіння з формувача сигналу розгортки по координаті Y ФСРУ блок порівняння координат Х БПКХ та блок порівняння координат Y БПКУ вибирають з блока пам'яті БП записані коди координат центра МО X та Y відповідно. Відбувається порівняння отриманих координат

центра МО з граничними значеннями координат повноформатного сканувального растра. У випадку перевищення граничних значень координат X та/чи Y з виходів блока порівняння координат X БПКХ та/чи блока порівняння координат Y БПКУ подається сигнал про припинення процесу сканування та перехід у початковий режим роботи мікроскопа. У випадку знаходження МО в межах повноформатного сканувального растра відповідно до сигналу формувача сигналу розгортки по координаті Y ФСРУ блок визначення центра міні-растра БВЦ вибирає з блока пам'яті БП записані коди координат досліджуваного МО та обчислює координати центра міні-растра. Далі блок визначення центра міні-растра БВЦ по першому та другому виходах передає коди координат центра міні-растра на блок початку сканування БПС, який визначає початкові координати сканувального міні-растра та подає сигнал початку формування міні-растра по першому та другому виходах на блок формування міні-растра БФМ. Ця система є замкненою, що забезпечує безперервність утримання зображення досліджуваного МО в межах поля зору мікроскопа протягом всього часу вимірювання.

Додаткова швидкодія наведеної структурно-функціональної схеми ТСОМ забезпечується за рахунок використання сканувального міні-растра при формуванні зображення досліджуваного МО впродовж всього часу вимірювань. Детальніший опис та цифровий розрахунок переваг такого методу формування зображення при розширенні діапазону визначення динамічних параметрів МО наведений у [4].

**Структурно-функціональна схема ТСОМ для визначення прискорення руху МО.** Розроблена структурно-функціональна схема ТСОМ, який забезпечує визначення прискорення руху досліджуваного МО з довільним характером руху (рис. 2).

Прискорення руху досліджуваного МО визначається за наявності двох послідовних у часі значень швидкості руху досліджуваного МО порівнянням цих значень та визначенням різниці між ними відносно тривалості вимірювання:

$$a_{MO\langle n \rangle} = (V_{\langle n \rangle} - V_{\langle n-1 \rangle}) / T_K, \quad (2)$$

де  $a_{MO\langle n \rangle}$  – значення прискорення руху досліджуваного МО, розрахованого у  $\langle n \rangle$ -му кадрі сформованого сканувальним растром зображення;  $V_{\langle n \rangle}$  та  $V_{\langle n-1 \rangle}$  – значення швидкостей руху досліджуваного МО, які розраховані у  $\langle n \rangle$ -му та  $\langle n-1 \rangle$ -му кадрах сформованого сканувальним растром зображення;  $T_K$  – тривалість формування одного кадру зображення, сформованого сканувальним растром.

Визначення прискорення руху досліджуваного МО  $a_{MO\langle n \rangle}$  за наявності попередньо визначених швидкостей руху МО  $V_{\langle n \rangle}$  та  $V_{\langle n-1 \rangle}$  відбувається протягом останнього сформованого кадру зображення, тому на це витрачається лише час у межах одного кадру зображення  $T_K$ . Зрозуміло, що протягом цього часу досліджуваний МО повинен безперервно бути у межах поля зору ТСОМ.

ТСОМ працює так. На першому виході тактового генератора ТГ формуються імпульси гасіння, тривалість яких дорівнює тривалості переміщення СЕ в сусіднє положення. На другому виході тактовий генератор ТГ формує імпульси, період яких дорівнює тривалості виведення одного елемента сканувального растра на прямому ході розгортки. Ця тривалість складається з часу переміщення СЕ з одного положення в інше та часу фіксованого положення СЕ, впродовж якого він світиться.

Формувач сигналу розгортки по координаті X ФСРХ формує на першому виході сходячо-наростаючу напругу, яка відповідає відхиленню СЕ по рядку, на другому виході – паралельний двійковий код, який відповідає миттєвому значенню положення СЕ в рядку, на третьому виході – імпульс закінчення розгортки по координаті X і початку зворотного ходу по рядку, на четвертому виході – імпульс гасіння СЕ під час зворотного ходу по рядку. Перетворювач напруга-струм по

координаті X ПНСХ формує з великою точністю струм відхилення в котушках відхилення по координаті X KBX, який відповідає сходячато-наростаючому сигналу на першому виході формувача сигналу розгортки по координаті X ФСРХ. Формувач сигналу розгортки по координаті Y ФСРУ формує на першому виході сходячато-наростаючу напругу, яка відповідає відхиленню SE по кадру, на другому виході – паралельний двійковий код, який відповідає миттєвому значенню положення SE по кадру, на третьому виході – кадрові імпульси гасіння, які подаються на третій вхід формувача імпульсів гасіння ФІГ, другий вхід блока обчислення віддалі БОВ, вхід першого формувача імпульсів ФІ1, четвертий вхід блока визначення координат БВК та перший вхід арифметично-логічного блока АЛБ. Кадрові імпульси гасіння використовуються для синхронізації роботи блока визначення координат БВК, блока обчислення віддалі БОВ, першого формувача імпульсів ФІ1 та арифметично-логічного блока АЛБ при записі, зчитуванні та обробці інформації. Перетворювач напруга-струм по координаті Y ПНСУ формує з великою точністю струм відхилення в котушках відхилення по координаті Y KBY, який відповідає сходячато-наростаючому сигналу на першому виході формувача сигналу розгортки по координаті Y ФСРУ.

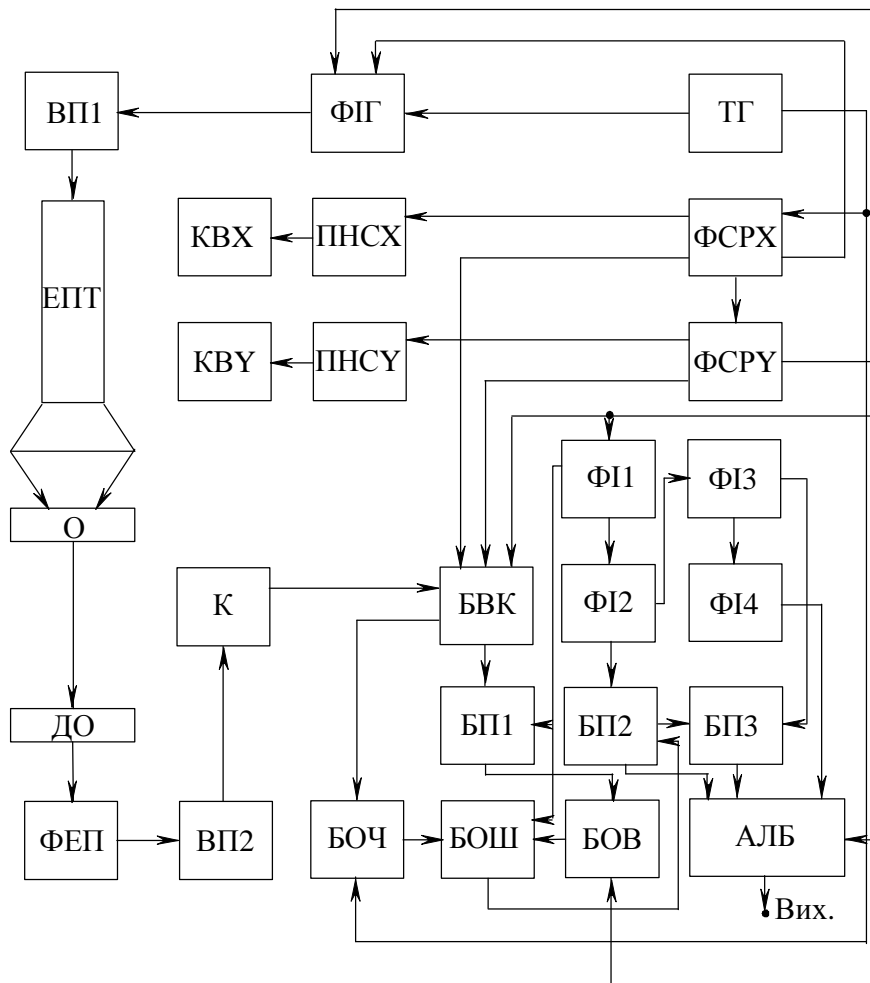


Рис. 2. Структурно-функціональна схема ТСОМ для визначення прискорення руху МО

На виході формувача імпульсів гасіння ФІГ формується імпульс, тривалість якого дорівнює тривалості найтривалішого перехідного процесу при переміщенні SE по екрану проекційної електронно-променевої трубки ПЕПТ. Перший відеопідсилювач ВП1 підсумовує імпульси гасіння з постійним зміщенням, підсилює їх, після чого вони подаються на керуючий електрод проекційної електронно-променевої трубки ПЕПТ, забезпечуючи необхідну яскравість свічення екрана трубки. Світловий сигнал з екрана проекційної електронно-променевої трубки ПЕПТ через об'єktiv О проєктується на досліджуваній об'єкт ДО із МО. Світловий сигнал від досліджуваного об'єкта ДО

надходить на вхід фотоелектронного помножувача ФЕП, на виході якого формується електричний сигнал, миттєве значення якого пропорційне до кількості світла, що пройшло через досліджуваний МО. Цей сигнал підсилюється до нормованої величини другим відеопідсилювачем ВП2 і подається на вхід компаратора К. Якщо рівень вихідного сигналу другого відеопідсилювача ВП2 перевищує рівень спрацьовування компаратора К, то на його виході з'явиться імпульс, який подається на перший вхід блока визначення координат БВК і фіксує миттєві значення координат досліджуваного МО, які подаються на другий та третій входи блока визначення координат БВК. Блок визначення координат БВК обчислює координати центра досліджуваного МО і подає команду запису по першому виходу їх в перший блок пам'яті БП1 та по другому виходу команду на перший вхід блока обчислення часу БОЧ. Блок обчислення часу БОЧ визначає час між двома появами координат центра досліджуваного МО в двох послідовних кадрах сканування і у вигляді паралельного двійкового коду подає його на другий вхід блока обчислення швидкості БОШ. Блок обчислення віддалі БОВ за командою з блока формувача сигналу розгортки по координаті Y ФСРҮ вибирає з першого блока пам'яті БП1 коди координат двох послідовних положень центра досліджуваного МО і визначає віддаль, на яку він перемістився. Обчислена віддаль у вигляді паралельного двійкового коду надходить на перший вхід блока обчислення швидкості БОШ, який і визначає миттєве значення швидкості руху МО між двома скануваннями повноформатним растром. Значення цієї швидкості у вигляді паралельного двійкового коду подається на другий вихід другого блока пам'яті БП2.

Перший формувач імпульсів ФП1 формує імпульс, передній фронт якого збігається з переднім фронтом кадрового імпульсу гасіння, а тривалість є меншою від тривалості кадрового імпульсу гасіння та тривалості імпульсу на виході другого формувача імпульсів ФП2. Другий формувач імпульсів ФП2 формує імпульс, передній фронт якого збігається з переднім фронтом кадрового імпульсу гасіння, а тривалість є меншою від тривалості кадрового імпульсу гасіння та тривалості імпульсу на виході четвертого формувача імпульсів ФП4 і більшою від тривалості імпульсу на виході третього формувача імпульсів ФП3. Третій формувач імпульсів ФП3 формує імпульс, передній фронт якого збігається з переднім фронтом кадрового імпульсу гасіння, а тривалість є меншою від тривалості кадрового імпульсу гасіння та більшою від тривалості імпульсу на виході першого формувача імпульсів ФП1. Четвертий формувач імпульсів ФП4 формує імпульс, передній фронт якого збігається з переднім фронтом кадрового імпульсу гасіння, а тривалість є меншою від тривалості кадрового імпульсу гасіння. Після закінчення формування сканувального растра відповідно до переднього фронту вихідного імпульсу з першого формувача імпульсів ФП1 відбувається обчислення та запис кодів координат місцезнаходження центра досліджуваного МО у перший блок пам'яті БП1. Відповідно до заднього фронту вихідного імпульсу з першого формувача імпульсів ФП1 здійснюється обчислення миттєвого значення швидкості руху досліджуваного МО. Відповідно до заднього фронту вихідного імпульсу другого формувача імпульсів ФП2 здійснюється запис значення обчисленої швидкості у другий блок пам'яті БП2. Відповідно до заднього фронту вихідного імпульсу третього формувача імпульсів ФП3 здійснюється перенесення інформації з другого блока пам'яті БП2 в третій блок пам'яті БП3. Далі відповідно до заднього фронту четвертого формувача імпульсів ФП4 арифметично-логічний блок АЛБ вибирає з блоків пам'яті БП2 та БП3 коди, які відповідають двом послідовним у часі значенням миттєвої швидкості руху досліджуваного МО, і визначає прискорення руху досліджуваного МО. Відповідно до заднього фронту кадрового імпульсу гасіння відбувається обнулювання блока визначення координат БВК і блока пам'яті БП3 та повторення процесу підрахунку для наступного кадру сканування. Значення прискорення досліджуваного МО подається на вихід ТСОМ у вигляді паралельного двійкового коду, який надалі використовується для необхідної обробки.

Наведена на рис. 2 структурно-функціональна схема ТСОМ володіє можливістю додаткового застосування блока формування міні-растра БФМ. Якщо повноформатний растр максимальної роздільної здатності складається, наприклад, з  $1024 \times 1024$  елементів розкладу зображення, а міні-растр складається з  $64 \times 64$  елементів максимальної роздільної здатності, то виграш у швидкості формування сканувального растра та, відповідно, у тривалості визначення швидкості руху МО

становитиме  $(1024 \times 1024) / (64 \times 64) = 256$  разів. Згідно з формулою (2) відповідно розширюється і діапазон визначення прискорення руху досліджуваного МО. Діапазон визначування за допомогою ТСОМ швидкостей руху МО становить 0,1 мкм/с – 2 мм/с [5]. З урахуванням формули (2) визначимо відповідний діапазон отримуваних прискорень МО за формулою пропорційності:

$$a_{MO} = p \cdot V_{MO} = (V_{MOmin} - V_{MOmax}) / T_K, \quad (3)$$

де  $p$  – коефіцієнт пропорційності, що дорівнює  $1/T_K$ , оскільки для отримання одного значення прискорення руху МО за наявності попередньо обчислених значень швидкості руху МО необхідно сформувати лише 1 кадр зображення, а не 2, як для визначення його швидкості руху;  $V_{MO}$  – визначається за допомогою сканувального міні-растра швидкості руху МО, що задана у вигляді діапазону значень –  $V_{MOmin} \dots V_{MOmax}$ .

У результаті підрахунку за формулою (3) та врахування того, що тривалість формування кадру зображення  $T_K$  змінюється в межах 20 мс – 25 с залежно від кількості елементів сканування у растрі, одержимо діапазон визначення прискорення руху МО, який становить  $0,005 \text{ мкм/с}^2$  –  $5 \text{ мкм/с}^2$ . Додатково розширити діапазон визначуваного прискорення руху МО можна за допомогою тих самих методів, які використовують для розширення діапазону визначення швидкості руху (наприклад, зупинка формування сканувального растра після визначення поточної координати МО) [4].

ТСОМ також дає можливість визначати прискорення зміни розмірів МО за умови, що досліджуваний МО змінює свої розміри з частотою, яка не перевищує частоти формування кадрів зображення, та в межах поля зору ТСОМ.

**Алгоритм роботи мікроскопа під час визначення прискорення руху МО.** Блок-схема алгоритму роботи ТСОМ у режимі визначення прискорення руху МО у широкому діапазоні значень відображена на рис. 3.

Цей алгоритм роботи є достатньо простим та універсальним. Він полягає у такому:

- 1) введення координат центра сканувального растра  $X_{Ц}, Y_{Ц}$ ;
- 2) введення граничних координат повноформатного сканувального растра  $X_{MIN}, X_{MAX}, Y_{MIN}, Y_{MAX}$ ;
- 3) введення необхідної кількості вимірювань  $N$ ;
- 4) введення початкових значень кодів лічильника кількості вимірів координат МО  $i=0$ , лічильника кількості вимірів швидкості руху МО  $j=0$ , лічильника кількості рядків  $q=1$  та лічильника положень СЕ у рядку  $p=1$ ;
- 5) здійснення процесу сканування з послідовною зміною значень кодів лічильника положень СЕ у рядку  $p$ , а відтак і лічильника рядків у кадрі  $q$ ;
- 6) визначення координат першого положення МО та запис у відповідні комірки пам'яті  $a_i$  та  $b_i$  поточних кодів координат СЕ  $x_p$  та  $y_q$ , переведення лічильника кількості вимірів координат МО у положення  $i=1$ ;
- 7) перевірка граничних умов знаходження МО у межах сканувального растра:  $x_p > X_{MIN}$ ,  $x_p < X_{MAX}$ ,  $y_q > Y_{MIN}$ ,  $y_q < Y_{MAX}$ . У разі виконання цих умов – завершення процесу формування повноформатного сканувального растра із максимальною роздільною здатністю. У разі невиконання – завершення роботи програми вимірювання;
- 8) визначення координат другого положення МО та запис у відповідні комірки пам'яті  $a_i$  та  $b_i$  поточних кодів координат СЕ  $x_p$  та  $y_q$ , переведення лічильника кількості вимірів координат МО у положення  $i=2$ , перевірка граничних умов знаходження МО у межах сканувального растра:  $x_p > X_{MIN}$ ,  $x_p < X_{MAX}$ ,  $y_q > Y_{MIN}$ ,  $y_q < Y_{MAX}$ . У разі виконання цих умов – завершення процесу формування повноформатного сканувального растра із максимальною роздільною здатністю та перехід до обчислення швидкості руху МО  $V_{MO}$ ;
- 9) обчислення значення швидкості руху МО  $V_{MO}$  за умови наявності координат двох послідовних у часі положень МО, визначених ТСОМ;
- 10) запис та виведення на екран монітора значення швидкості руху МО  $V_{MO}$ , переведення лічильника кількості вимірів значення швидкості руху МО у положення  $j=1$  та продовження процесу сканування;

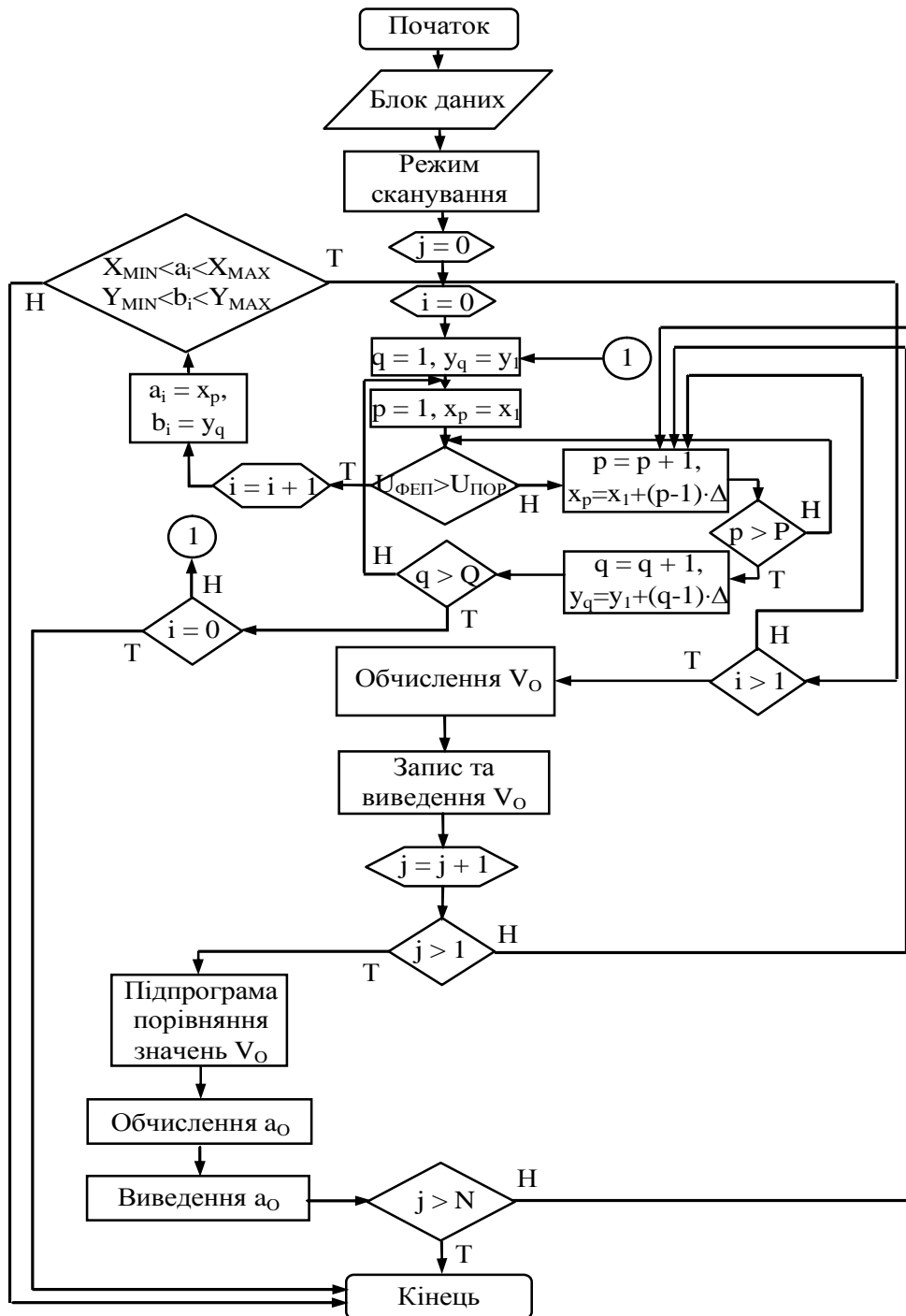


Рис. 3. Блок-схема алгоритму роботи TCOM при визначенні прискорення руху МО

11) перехід до обчислення значення прискорення руху досліджуваного МО  $a_{MO}$  за умови наявності двох значень швидкості руху МО  $V_{MO}$ ;

12) припинення процесу вимірювання та закінчення роботи програми – у разі виконання хоча б однієї з умов:  $x_p \leq X_{MIN}$ ,  $x_p \geq X_{MAX}$ ,  $y_q \leq Y_{MIN}$ ,  $y_q \geq Y_{MAX}$ , при перевищенні лічильником заданої кількості вимірювань швидкості руху МО  $j > N$  чи за відсутності МО в межах зони сканування.

На рисунку та у лістингу алгоритму використано такі позначення:  $U_{ФЕП}$  – поточне значення напруги вихідного сигналу ФЕП;  $U_{ПОР}$  – порогове значення напруги вихідного сигналу ФЕП;  $x_1, y_1$  – координати першого положення СЕ;  $X_{Ц}, Y_{Ц}$  – координати центра сканувального растра;  $\Delta$  – розмір кроку сканування по горизонталі та по вертикалі;  $i, j$  – код лічильника кількості вимірів координат МО (кадрів сканування) та код лічильника кількості вимірів значення швидкості руху МО



відповідно;  $p, q$  – коди лічильника положень СЕ у рядку сканування та кількості рядків сканування у кадрі повноформатного растра відповідно;  $P, Q$  – кількість дискретів у одному рядку відповідно по горизонталі та по вертикалі;  $x_p, y_q$  – поточні значення координат СЕ;  $X_{\min}, X_{\max}, Y_{\min}, Y_{\max}$  – граничні значення координат повноформатного сканувального растра;  $a_i, b_i$  – комірки пам'яті для збереження визначених координат МО.

**Висновки.** Запропоновані блок-схема алгоритму роботи та структурно-функціональні схеми телевізійного сканувального оптичного мікроскопа в режимах утримання мікрооб'єкта в полі зору мікроскопа та визначення прискорення руху динамічного мікрооб'єкта, який має рівномірно прискорений чи нерівномірно прискорений характер руху та довільну траєкторію руху в широкому діапазоні значень. Досліджувані мікрооб'єкти можуть мати довільні розміри, більші за мінімальні розміри сканувального елемента, та складну геометричну форму.

1. Рябыкин С.Л. Средства измерения параметров движения: учеб. пос. для вузов / С.Л. Рябыкин, Ф.Я. Загавура. - К. : Вища школа, Гол. изд-во, 1987. - 136 с. 2. Застрогин Ю.Ф. Контроль параметров движения с использованием лазеров: методы и средства / Застрогин Ю.Ф. - М. : Машиностроение, 1981. - 176 с. 3. Теоретична механіка. Статика і кінематика: навч. посіб. / В.М. Іскрицький, С.В. Подлесний, О.Г. Водолазська, Ю.О. Єрфорт. - Краматорськ : ДДМА, 2007. - 204 с. 4. Матієшин Ю. Особливості роботи телевізійного сканувального оптичного мікроскопа в кадровому режимі вимірювання швидкості руху мікрооб'єкта / Юрій Матієшин, Володимир Шклярський // Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – Радіoeлектроніка та телекомунікації. – 2008. – № 618. – С. 22-30. 5. Матієшин Ю. М. Особливості дослідження динамічних мікрооб'єктів за допомогою телевізійного сканувального оптичного мікроскопа / Ю. М. Матієшин // Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка" – Радіoeлектроніка та телекомунікації. – 2010. – № 680. – С. 55–63.

УДК 621.396.8612

В.І. Рудаков, М.Г. Бугера, А.М. Бичков

## ЦІЛЬОВЕ ДІАГНОСТУВАННЯ В СТАНЦІЇ ЦИФРОВОГО РАДІОРЕЛЕЙНОГО ЗВ'ЯЗКУ

© Рудаков В.І., Бугера М.Г., Бичков А.М., 2012

**Проведено оцінку цільового діагностування радіорелейної станції цифрового зв'язку, розроблено методику контролю покращення сигналу й інформаційної надійності радіорелейних станцій.**

**The paper evaluated the target diagnosis microwave station digital communication developed technique of improved signal reliability and information radio relay stations.**

Актуальність статті в тому, що оцінка цільового діагностування в радіорелейній станції (РРС) цифрового радіорелейного зв'язку, який подано структурною схемою на рис. 1, необхідна для здійснення режимів зв'язку, а також контролю сигналів в основних вузлах та блоках станцій, що являє собою достатньо складну науково-технічну задачу.

**Метою статті є реалізація сучасних методів вбудованого контролю для забезпечення інформаційної надійності РРС1 і РРС2, тобто одноінтервальної радіолінії з двох станцій.**