



УКРАЇНА

(19) UA (11) 52665 (13) C2

(51) 7 B65G17/00, A01D61/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРУ ВИТРАТИ ТРАНСПОРТОВАНОГО МАТЕРІАЛУ В ЕЛЕВАТОРІ

1

2

(21) 99010191

(22) 13 01 1999

(24) 15 01 2003

(31) 19802756 7

(32) 26 01 1998

(33) DE

(46) 15 01 2003, Бюл. № 1, 2003 р

(72) Хомбург Хельмут, DE, Кольмайер Клаус, DE

(73) Клаас Зельбстфаренде Ернтемашинен ГмбХ,
DE

(56) GB 2088808 16 06 1982

GB 2321112 15 07 1998

FR 2285063 16 04 1976

(57) 1 Пристрій для виміру витрати транспортного матеріалу в елеваторі, у транспортній шахті якого встановлені з можливістю безперервного переміщення за типом норії транспортуючі лопаті, завантажені транспортним матеріалом, зокрема зерновою масою, і до поверхні яких в основному паралельно їм спрямований пучок світлових променів розташованого в транспортній шахті поперечно їй світлового бар'єра, за часом світлотіньових сигналів якого процесор сигналів визначає з урахуванням відстаней між транспортуючими лопатями та товщини транспортуючої лопаті відповідну відстань до поверхні транспортного матеріалу на перетинаючій бар'єр транспортуючої лопаті, а за цією відстанню і площею поперечного перерізу транспортної шахти визначає обсяг транспортного матеріалу, який відрізняється тим, що до процесора сигналів підключені додаткові вимірювальні засоби, за вимірювальними сигналами яких процесор визначає відповідно нахил і/або форму поверхні транспортного матеріалу і відповідно до їхнього напрямку та положення стосовно пучка світлових променів визначає точний обсяг транспортного матеріалу

2 Пристрій за п. 1, який відрізняється тим, що як додаткові вимірювальні засоби паралельно один одному, перпендикулярно першому світловому бар'єру, поперечно транспортній шахті встановлена пара світлових бар'єрів, на основі вимірювальних сигналів яких за відповідним часовим інтервалом їхніх світло-тіньових переходів, віднесених до відстані між світловими бар'єрами, визначають нахил поверхні транспортного матеріалу в цьому напрямку, за цим нахилом пропорційно половині довжини шахти формують величину попра-

вки, а з використанням останньої за відстанню до поверхні транспортного матеріалу, визначеною раніше з використанням іншого світлового бар'єра, визначають середню відстань до поверхні транспортного матеріалу

3 Пристрій за п. 2, який відрізняється тим, що світлові бар'єри пари світлових бар'єрів розташовані поблизу відповідної паралельної їм бічної стінки шахти

4 Пристрій за п. 1, який відрізняється тим, що один з додаткових вимірювальних засобів є щонайменше датчиком прискорення і/або датчиком нахилу

5 Пристрій за одним з попередніх пунктів, який відрізняється тим, що світловий бар'єр, що служить для визначення висоти поверхні транспортного матеріалу, розташований у середині поперечного перерізу шахти між її бічними сторонами, стосовно яких транспортуючі лопаті встановлені перпендикулярно незалежно від витрати транспортного матеріалу

6 Пристрій за одним з попередніх пунктів, який відрізняється тим, що декілька, зокрема два паралельних світлових бар'єри, служать для визначення висоти поверхні транспортного матеріалу за серединою поперечного перерізу між стінками шахти, поблизу яких вони розташовані, шляхом усереднення відповідних окремих значень висоти поверхні транспортного матеріалу в залежності від її положення в зоні світлових бар'єрів

7 Пристрій за одним з попередніх пунктів, який відрізняється тим, що з використанням паралельних світлових бар'єрів визначають нахил(и) транспортуючих лопатей і/або відстань(ні) до поверхні транспортного матеріалу, які служать для визначення обсягу транспортного матеріалу і видаються як кінцеві величини

8 Пристрій за одним з попередніх пунктів, який відрізняється тим, що два паралельних світлових бар'єри розташовані кожен поблизу відповідної паралельної сусідньої йому стінки

9 Пристрій за одним з попередніх пунктів, який відрізняється тим, що пучок(чки) світлових променів від світлового(их) бар'єра(ів) має(ють) діаметр, більший за поперечний переріз максимального компонента транспортного матеріалу

10 Пристрій за одним з попередніх пунктів, який

(13) C2

(11) 52665

(19) UA

відрізняється тим, що поточне значення яскравості сигналу світлового бар'єра, що служить для визначення часового пункту світло-тіньового і тіньо-світлового переходів, порівнюють із середнім значенням уведених раніше в процесор максимального та мінімального значень яскравості і при цьому перевищення середнього значення або недосягнення його використовують для визначення часового пункту вищезазначеного переходу

11 Пристрій за одним з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що відстань до поверхні транспортованого матеріалу контролюють в залежності від нахилу транспортуючих лопатей та геометрії шахти, перевіряючи, чи повністю транспортує лопать покрити транспортованим матеріалом, і, якщо це не так, то шляхом розрахунку відповідних об'ємів пірамід і призм визначають сумарний обсяг транспортованого матеріалу або ж при недостатній вимірковальній інформації оцінюють його шляхом екстраполяції

12 Пристрій за одним з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що для мінімізації припустимої похибки визначення насипного кута в залежності від значень прискорення і/або вологовмісту зерно-

вої культури даного виду, а також внаслідок зміни нахилу визначають величину поправки на форму поверхні транспортованого матеріалу, щоб скорегувати приблизно розрахований його обсяг

13 Пристрій за одним з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що для зменшення припустимої похибки визначення насипного кута транспортує лопаті поблизу входу до зони світлового(их) бар'єра(ів) піддають вібраційній дії і/або стінки шахти виконуються з можливістю гальмування транспортованого матеріалу

14 Пристрій за п 1, який **відрізняється** тим, що щонайменше в одному напрямку встановлено безпечі паралельних світлових бар'єрів, за відносною тривалістю тіньових сигналів яких визначають контур профілю поверхні транспортованого матеріалу, який враховується при визначенні його обсягу

15 Пристрій за одним з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що оптичні випромінювачі та приймачі світлових бар'єрів встановлені на різних стінках шахти навпроти один одного або розташовані поблизу один від одного і спрямовані на рефлектор, розташований на протилежному боці

Винахід стосується пристрою для виміру витрати матеріалу, транспортованого елеватором, у транспортній шахті якого за типом норії безперервно переміщують транспортує лопаті, завантажені транспортованим матеріалом, зокрема врожаєм зернових, причому до переважно плоских поверхонь лопатей паралельно спрямований пучок світлових променів від встановленого в шахті поперечно лопатям світлового бар'єра, при цьому процесор сигналів за часом сигналів світла та тіні визначає з урахуванням відстаней між транспортує лопатями та їхньої товщини відповідну відстань до поверхні транспортованого матеріалу на транспортує лопаті, що проходить, і за цією відстанню та площею поперечного перетину транспортної шахти визначає відповідний обсяг транспортованого матеріалу

Із заявки ФРН №3045728 С2 відомий подібного роду пристрій, у якому безкінечний транспортує ланцюг, що обертається у прямокутній транспортній шахті, безперервно за типом норії тягне транспортує лопаті, орієнтовані приблизно перпендикулярно стінкам шахти і завантажені зібраним врожаєм, зокрема зерновою масою Поверхня зернового шару на лопатях орієнтована приблизно горизонтально, а транспортна шахта звичайно розташована у зернозбиральному комбайні в площині обертання транспортує ланцюга похило до вертикалі Паралельно цим лопатям між бічними стінками шахти змонтований світловий бар'єр, тіньовий час якого вимірюють при перетинанні його окремими завантаженими транспортованим матеріалом лопатями, а за цим часом з урахуванням відповідного товщини лопатей затінення самими лопатями визначають висоту завантаження і шляхом її помноження на площу поперечного перетину шахти або функцію геомет-

рії шахти визначають обсяг транспортованої зернової маси Відносно точно цей пристрій працює тільки тоді, коли в нормальному положенні елеватора збиральний комбайн знаходиться на горизонтальній площині, а лопаті в достатній мірі заповнені транспортованим матеріалом, однак при поперечному або поздовжньому нахилі елеватора стосовно його нормального положення, що має місце при русі комбайна на схилах, при різному завантаженні зернових бункерів та при грузькому підґрунтовому шарі, цей пристрій працює зі значними хибами, причому у більшості випадків він визначає надто великі обсяги зернової маси

Далі, із заявки ФРН №19544057 А1 відомий спосіб систематичної, такої, що проводиться розрахунковим шляхом, корекції надто занижених значень ваги транспортованої у похилому Далі, із заявки ФРН №19544057 А1 відомий спосіб систематичної, такої, що проводиться розрахунковим шляхом, корекції надто занижених значень ваги транспортованої у похилому елеваторі зернової маси, визначених ваговим датчиком, з використанням сигналу одного з діючих у двох напрямках датчиків нахилу до дійсних значень транспортованих кількостей зернової маси Вагове обладнання елеватора та від'єднання його від привода є технічно складним

Крім того, з європейської заявки №0702891 А1 відомий зв'язок поточних значень врожаю, змряних у збиральній машині, з ґрунтовым комплексом, сигналами швидкості та константами часу руху і встановлення за ними кадастру врожаю При цьому використовують введені у процесор або задані ззовні значення стандартної маси одного літра зерна для окремих видів сільськогосподарських культур при середній їхній якості та середній вологості Наводяться також значення врожайності та

відносні втрати

Завданням винаходу є таке вдосконалення вищезазначеного пристрою, щоб він при більш простій конструкції мав підвищену точність

Вирішення завдання полягає у тому, що до процесора сигналів підключені додаткові засоби виміру, за вимірювальними сигналами яких визначають нахил і/або форму поверхні транспортованого матеріалу і відповідно до їхнього напрямку та положення стосовно світлового пучка визначають точний обсяг транспортованого матеріалу

Більш прийнятні форми виконання пристрою наведені у залежних пунктах запропонованого винаходу

Для точного визначення обсягу транспортованого матеріалу корегують значення обсягу матеріалу, одержані з використанням світлових бар'єрів, із поправкою на нахили поверхні зернової маси до поверхні лопатей у напрямку вимірювальних променів та перпендикулярно їм. При цьому вказані нахили визначають також із використанням додаткових світлових бар'єрів чи одиночних датчиків нахилу або їх поєднання

Пристрій для виміру обсягу зернової маси у першій більш прийнятній формі виконання оснащений трьома світловими бар'єрами, з яких один розташований між двома протилежними сторонами шахти точно посередині, а обидва інших - перпендикулярно до них, переважно на однаковій висоті, наприклад, поблизу стінок шахти. При цьому колювання шахти виключно навколо першого середнього світлового бар'єра не чинить ніякого впливу на вимір тінювого часу їхніх сигналів або висоти транспортованого матеріалу, тобто на вимір часу проходження днищем лопаті відстані до поверхні зернової маси. Обидва інших світлових бар'єри показують однаковий рівень положення поверхні зернової маси, який, проте, через колювання шахти і в залежності від половини й ширини виходить більшим, ніж відповідна дійсна висота поверхні зернової маси, виміряна першим світловим бар'єром

Проте, якщо колювання шахти мають місце лише навколо першого світлового бар'єра, то нахил визначають за зумовленою ним різницею у сигналах тінювих періодів або висоті поверхні зернової маси, віднесеної до відстані між світловими бар'єрами. Релевантну середню висоту поверхні зернової маси можна тоді визначити за максимальною відстанню до поверхні транспортованого матеріалу, виміряною першим світловим бар'єром, а вказаний нахил просто визначають стосовно половини ширини шахти

Якщо ж шахта нахилена під різними кутами до осей обох світлових бар'єрів, то при визначенні обсягу транспортованого матеріалу релевантну висоту його поверхні точно так само одержують за висотою матеріалу, заміряною першим світловим бар'єром і зменшеною на зумовлену нахилом різницю у висоті матеріалу біля стінок шахти та на її середині, що відповідає визначеному двома іншими світловими бар'єрами нахилу шахти і відноситься до половини ширини шахти

Якщо в даному випадку обидва паралельні світлові бар'єри, що служать для визначення нахилу, встановлені на відстані один від одного, яка

відповідає половині ширини шахти, то потреба у будь-яких додаткових перерахунках відпадає, а для одержання релевантної середньої висоти поверхні зернової маси різницю у вимірних значеннях висоти можна вивести безпосередньо з висоти, виміряної першим світловим бар'єром

Якщо обидва паралельні світлові бар'єри встановлені на відстані один від одного, яка перевищує половину ширини шахти, то все ж досягається більша точність вимірів, причому у будь-якому випадку надто близьке розташування світлових бар'єрів до бічних стінок шахти може призвести до зменшення точності вимірів, через те що там зерна утримуються тертям об бічні стінки шахти і рівень поблизу них дещо знижується. Якщо розміри зерен менші за зазор між кромками лопатей і бічними стінками шахти, то при транспортуванні зернової маси мають місце постійні втрати зерна

З послідовності сигналів обох паралельних світлових бар'єрів одержують сигнал нахилу шахти, який може також використовуватися для інших функцій збиральної машини, наприклад, для компенсації впливу нахилу при просіванні зерна, для полегшення управління при русі по схилах або для додаткового управління при перевантаженні врожаю на транспортний засіб, що рухається паралельно

Далі, нахил у другому напрямку, переважно у поздовжньому напрямку збиральної машини, можна визначати за трьома вимірними значеннями висоти транспортованого матеріалу, якщо рівень більш високо розташованого краю зернової маси на зовнішніх кромках лопатей, вимірний паралельними світловими бар'єрами, екстраполювати до максимального рівня у куту шахти, а з цього кутового рівня утворити різницю для рівня, виміряного одиночними світловими бар'єрами на іншій бічній стінці шахти за її серединою, і цю різницю віднести до ширини шахти

Також і це значення нахилу, отримане з максимального кутового рівня для визначення рівня за серединою бічної стінки шахти можна використати у збиральній машині з іншою метою, наприклад, для управління потужністю двигуна або для регулювання швидкості машини

Подібним же чином значення нахилу, виміряне незалежним датчиком нахилу, може бути використане для корекції значень рівня транспортованого матеріалу, вимірних з використанням одиночних світлових бар'єрів, причому, якщо одиночний світловий бар'єр розташований у бічній стінці шахти, то необхідна тільки одна корекція, а нахил вимірюють по відношенню до горизонтальної осі, перпендикулярної світловому бар'єру

Якщо одиночний світловий бар'єр розташований у напрямку довжини лопаті від транспортуючого ланцюга, то провисання лопаті при підвищеному й завантаженні не знижує точність вимірів при розташуванні світлового бар'єра посередині поперечного перетину лопаті, тому що поперечний перетин обсягу зернової маси, визначений за вимірним значенням середньої її висоти інваріантно по відношенню до нахилу верхньої поверхні зернової маси, точно так само, як і до нахилу поверхні лопаті до напрямку виміру, а також до напрямку по-

дачі

Вищенаведені міркування дійсні при нормальному заповненні лопатей, при якому уся їхня поверхня покрита зерновою масою. При незначному заповненні лопатей утворюються невеличкі об'єми у вигляді криво зрізаних стовпів, що проходять у напрямі подачі, а також у вигляді призм та пірамід, обриси країв яких визначаються нахилами шахти. Для визначення подібних порівняно незначних кількостей зернової маси більш прийнятне, щоб світлові бар'єри детектували максимальний рівень по краях зернової маси. Якщо світлові бар'єри розташовані попарно на бічних стінках шахти, то щонайменше один вимірювальний промінь реєструє навіть мінімальну залишкову кількість зернової маси.

Для оцінки обсягу зернової маси достатньо одних лише вимірюваних величин, що стосуються залишкових кількостей зернової маси, які уловлюються тільки одним або двома світловими бар'єрами. Проте, якщо можна використовувати придатні зовнішні сигнали нахилу, то без будь-яких утруднень за максимальним вимірюваним значенням висоти завантаження у зв'язку з положенням відповідних світлових бар'єрів та сигналами нахилу, а також за геометрією шахти і лопаті можна шляхом розрахунку точно визначити залишковий обсяг зернової маси. При неможливості використання зовнішніх сигналів нахилу використовують екстрапольовані за часом значення нахилу, визначені раніше при достатньому завантаженні лопатей. Відхилення від прямокутної форми поперечного перетину шахти та від плоскої форми поверхні лопатей враховуються при визначенні обсягу зернової маси розрахунковим шляхом.

Перевірка і калібрування сигналів світлових бар'єрів проводиться шляхом часової кореляції відстаней між ідучими одна за одною лопатями за світловими та тінювими періодами часу. Вимірний тінювий період також постійно приводять у відповідність до сумарного світло-тінювого періоду, а з нього виводять відносний тінювий час лопаті, щоб одержати значення висоти завантаження відповідно до відстані між лопатями.

Підвищення точності вимірів досягається при паралельному використанні значень нахилу, одержаних з сигналів світлових бар'єрів, та генерованих ззовні значень нахилу з визначенням пов'язаних одне з одним значень або з добором із них таких при виникненні перешкод.

Саме собою зрозуміло, що точність безпосереднього виміру форми та положення поверхні зернової маси є більшою, ніж точність побічного їх визначення з використанням сигналів датчиків нахилу і прискорення, оскільки положення поверхні сипкого матеріалу звичайно не змінюється в ділянці насипного кута і встановлюється по-іншому тільки при переході цього кута та при динамічних впливах. Проте постійне тертя сипкого матеріалу об стінки шахти при його транспортуванні чинить на зерна динамічний вплив, утворюючи все нові поверхні, розташовані перпендикулярно результуючому вектору прискорення, включаючи вектор гравітації. Тому рекомендується щонайменше перед входом у зону виміру виконувати стінку шахти трохи профільованою для забезпечення нею фун-

кції скидаючого профілю і/або здійснювати віброколювання лопаті, наприклад, у місці уведення панцюга у зону виміру шляхом відповідних відхилень траєкторії панцюга у бік зернової маси.

При виборі місця встановлення світлових бар'єрів у верхній частині транспортної шахти має місце значне нівелювання поверхні зернової маси у процесі підйому, а втрати зерна на краях лопатей при подальшому переміщенні вже практично відсутні, однак при цьому слід брати до уваги, що при переїзді через нерівності ґрунту у верхній частині шахти виникають порівняно великі прискорення, причому ці прискорення звичайно відрізняються за величиною від прискорень, визначених розташованими поблизу ґрунту датчиками прискорень та нахилу.

Наступний варіант підвищення точності та надлишковості даних передбачає збільшення кількості світлових бар'єрів і оптимальний їх розподіл у площині їхнього розміщення. Шляхом оцінки кількох сигналів від сусідніх світлових бар'єрів можна додатково визначити профіль поверхні зернової маси і врахувати й обсяг або ж визначити й похиллий середній рівень. Розташовані у кутках шахти світлові бар'єри дозволяють також точно визначити менші обсяги зернової маси на неповністю заповнених лопатях без використання зовнішніх або екстрапольованих значень нахилу шляхом визначення нахилів рівня зернової маси за сигналами сусідніх, поки що тимчасово затінених датчиків.

Оскільки у комп'ютері збиральної машини закладена інформація про вид та вологість зернової маси, що збирається, то за певних умов для коригування викривлених через нерівності поверхні значень обсягу більш прийнятне використовувати кореляційну функцію, яка може зберігатися у пам'яті комп'ютера, наприклад, у формі таблиці або функції.

Через те що зерна зумовлюють грубу структуру поверхні зернової маси, а діаметр зерен кукурудзи, бобів, гороху досягає майже 1 см, то для одержання відтворюваних результатів виміру доцільно усереднювати положення поверхні зернової маси шляхом вибору діаметрів променевих пучків світлових бар'єрів. Пучок променів повинен водночас охоплювати декілька зерен або об'єктів. Відповідно порожня лопать повинна повністю затінювати світловий бар'єр своєю маючою відповідну висоту кромкою.

Для мінімізації впливу старіння або забруднення ліній світлових бар'єрів на точність вимірів доцільно зберігати у пам'яті комп'ютера максимальний світловий та мінімальний тінювий сигнали і встановлювати поріг їх впізнання за середнім значенням екстремальних сигналів для світло-тінювих переходів, які визначають відповідно нижнє і верхнє положення поверхонь зернової маси.

Світлові бар'єри можуть бути виконані з двох елементів, передавача та приймача, розташованих на протилежних сторонах шахти, або ж спареними з рефлектором на протилежній стороні, що спрощує монтаж світлових бар'єрів.

Винахід пояснюється фігурами креслень 1-6, де

- на фіг 1 показаний поздовжній розріз транспортної ділянки шахти,

- на фіг 2 - розріз II-II транспортної ділянки шахти,
- на фіг 3 схематично показаний нахилений до першої осі об'єм зернової маси,
- на фіг 4 схематично показаний нахилений до другої осі об'єм зернової маси,
- на фіг 5 схематично показаний нахилений до двох осей об'єм зернової маси,
- на фіг 6 показана блок-схема вимірювального пристрою

На фіг 1 показаний поздовжній розріз верхньої ділянки елеватора, що містить лопаті 8, встановлені на ланцюзі 7, натягнутому через ланцюгову зірочку 6 на верхній відхиляючий вал 3 з можливістю руху ланцюга зі зміною напрямку угору або вниз, причому кожна із лопатей 8 переміщує нагору зібраний врожай 15, зокрема, у вигляді зернової маси, яка розвантажується у верхній зоні повороту ланцюга. Одиночні об'єми зернової маси на лопатях 8 обмежені з боків та зовні прямокутною шахтою 1, а зсередини - перегородкою 2. Між обома бічними стінками розташований світловий бар'єр 11 таким чином, що його світловий пучок є паралельним лопаті 8, яка проходить. Світловий бар'єр 11 переважно розташований у поперечному перетині шахти між внутрішньою 2 і зовнішньою 1 стінками.

У тій самій площині шахти, що й перший світловий бар'єр, або з деяким зміщенням у напрямі подачі між внутрішньою 2 і зовнішньою 1 стінками розташовані інші світлові бар'єри 21,21А, причому їхні світлові пучки проходять паралельно один одному і перетинаються зі світловими пучками першого світлового бар'єра 11 з можливим зміщенням у напрямі подачі.

Зрозуміло, що при проходженні нижніми кромками лопатей 8 одиночного світлового бар'єра 11 останній видає стартовий світловий сигнал, так що часовий інтервал між стартовими фронтами світлових сигналів при приблизно постійній швидкості подачі матеріалу відповідає відстані AS між лопатями 8, а тіньові інтервали, обумовлені проходженням зернової маси 15 та лопатей 8, дозволяють одержати відносну висоту завантаження КН разом із товщиною лопатей SD. Якщо поверхня зернової маси є плоскою і паралельною світловому пучку світлового бар'єра, то шуканий обсяг зернової маси одержують у вигляді добутку висоти її завантаження на площу поперечного перетину шахти. Нахил лопаті відносно шахти і нахил шахти до вертикалі не справляє ніякого впливу на визначення цього обсягу. Подальше підвищення точності вимірів забезпечує оцінка форми поверхні, при якій замість одного світлового бар'єра 11 використовують величезну кількість паралельних світлових бар'єрів 11*. За різницею у часі проходження цих бар'єрів зерною зоною 1, зокрема, за різницею на початку тіньових періодів одержують профіль поверхні, за формою якого визначають об'єм у профільованій частині.

На фіг 2 показаний розріз II-II транспортної шахти, на якому можна бачити бічні стінки 4 і 5, на яких розташовані елементи 11,12 світлового бар'єра, а саме, джерело інфрачервоного випромінювання 11 і фотодетектор 12. Зовні елементи світлового бар'єра закриті захисними кожухами

9,10 і розташовані за вікнами 13,14, що щільно прилягають до стінок 4, 5. Поперечний перетин пучка променів світлового бар'єра 11 і приймальної характеристики датчика переважно більший, ніж транспортовані об'єкти (зерна), що зумовлює можливість одержання точного усередненого сигналу для визначення світло-тіньового переходу.

Далі, по обидва боки транспортуючого ланцюга 7 показані два наступних світлових бар'єри 21,21А, розташованих поблизу стінок 4,5, але на деякому віддаленні від них, а пучки їхніх променів перебувають у тій же площині, що й промені першого світлового бар'єра 11. Таким чином, початки одиночних тіньових сигналів показують верхні положення поверхні завантаженого матеріалу К1,К2 у зоні променів. Часова або ж похідна від неї просторова різниця (DQ) положень поверхні завантаженого матеріалу К1,К2, віднесена до відстані між світловими бар'єрами LA, вказує величину поперечного нахилу рівня у шахті.

Далі, різниця DL (фіг 1) між середнім значенням KM точних положень поверхні завантаженого матеріалу К1,К2 і її положенням у зоні першого світлового бар'єра 11, віднесена до половини ширини шахти SB, дає величину поздовжнього нахилу.

На фіг 3-5 показане використання обох вищезазначених величин нахилу для точного визначення обсягу транспортованого матеріалу. Якщо лопаті повністю покриті транспортованим матеріалом, а поверхня матеріалу є суттєво плоскою, то відповідний обсяг транспортованого матеріалу вираховується шляхом помноження площі поперечного перетину шахти Q на висоту завантаженого матеріалу НМ у середині лопаті. Отже, справа в основному полягає у тому, щоб за одним із сигналів світлового бар'єра виміряти там локальну висоту завантаження, а за взаємоположенням інших світлових бар'єрів та за їхніми сигналами положення поверхні завантаженого матеріалу визначати з використанням одержаних значень нахилів середню висоту завантаження НМ у середині лопаті.

На фіг 3 схематично показаний об'єм зернової маси у шахті прямокутного поперечного перетину Q, шириною B та довжиною W. Поверхня зернової маси є плоскою та горизонтальною, а передня 1 і задня 2 стінки шахти нахилені тільки до осі X світлового бар'єра 11 під кутами β_1 . Вказаний об'єм перетинає світловий бар'єр 11 у середині ширини шахти, причому після віднімання тіньового часу, зумовленого товщиною лопаті, за його значенням, віднесеним до часу періоду, одержують висоту завантаження КН. Обидва світлових бар'єри 21,21А, розташовані між внутрішньою і зовнішньою стінками, показують практично в один і той же час початок тіньової фази, оскільки верхні краї поверхні завантаженого матеріалу ОК перетинають обидва світлових бар'єри одночасно, що вказує на відсутність нахилу до осі Y шахти, а висота завантаження КН, виміряна по першому світловому бар'єру, є також і середньою висотою завантаження НМ для середини лопаті.

На фіг 4 показаний об'єм зернової маси у шахті, коли він нахилений до осі Y, паралельно якій проходять обидва світлових бар'єри 21,21А. У цьо-

му випадку положення $K1, K2$, детектовані обома світловими бар'єрами, є різними, а різниця в їхніх положеннях DQ , віднесена до половини відстані LA між світловими бар'єрами, дає величину нахилу $\beta 2$. Тому для визначення середньої висоти завантаження NH слід відкоригувати максимальну величину бічної висоти завантаження KH , виміряної одиночними світловими бар'єрами 11, за перевищенням нахилу і від неї відняти це перевищення, що дає формулу

$$NH = KH - (DQ \times W) / (LA \times 2),$$

тобто NH дорівнює різниці між бічною висотою завантаження KH і нахилу $\beta 2$, помноженого на половину довжини шахти W .

На фіг 5 показаний об'єм зернової маси у шахті при її нахилі до двох осей x, y під кутами $\beta 1, \beta 2$ відповідно. За різницею положень DQ країв $K1, K2$ стосовно внутрішньої 1 і зовнішньої 2 стінок знову одержують нахил $\beta 2$, віднесений до половини відстані LA між світловими бар'єрами. Легко зрозуміти, що і тут середня висота завантаження NH розраховується за бічною висотою завантаження KH , виміряною одиночними світловими бар'єрами 11, шляхом зменшення її на нахил $\beta 2$, віднесений до половини довжини шахти W , так що і тут дійсна формула

$$NH = KH - (DQ \times W) / (LA \times 2)$$

Зазначена формула відноситься і до фіг 3, оскільки там поправочний коефіцієнт дорівнює нулю.

Зрозуміло, що у випадках інших положень світлових бар'єрів, інших кутів нахилу лопатей до осі шахти, неповного завантаження лопатей визначення обсягу провадиться подібним же чином.

Вибране тут розташування світлових бар'єрів має перевагу майже одночасного охоплення поверхні, так що за відносно короткий проміжок часу, протягом якого мають початок усі три тінювих сигнали, навряд чи має місце зміщення поверхні.

Очевидно, що за допомогою ззовні одержаних сигналів про кути нахилу $\beta 1, \beta 2$ та сигналу про висоту завантаження KH також легко можна вирахувати середню висоту завантаження NH . Проте слід брати до уваги проблеми різних прискорень на датчику нахилу та у зоні вимірів у шахті, а також уповільнень у встановленні рівня зернової маси при зміщенні вектора прискорення і вносити відповідні поправки.

На фіг 6 показана блок-схема пристрою, що складається з програмованого процесора CP , на входи якого надходять сигнали з датчиків світлових бар'єрів 21, 21A, 11, і який, крім того, за запитами забезпечується такими даними, що відносяться до відповідного продукту, як питома вага, вологість, вид зернової культури, що може здійснюватися відомим чином через лінію даних, пристрій зв'язку, клавіатуру або за допомогою датчиків, зокрема, вимірювача щільності DM і вологоміра FM .

Уведені від світлових бар'єрів сигнали порівнюються один з одним за тривалістю їхніх світлових і тінювих фаз і/або за відносними часовими положеннями та тривалістю за допомогою сигналів датчика тактових імпульсів CL і, як зазначено, перераховуються з урахуванням уведених у процесор геометричних даних шахти та виміряних

значень щільності і вологості матеріалу в значення витрати сипкого матеріалу і загальної його кількості за тривалий час його транспортування та у точні значення для наступного визначення значень урожаю по площах та для їх картографування, які готуються або видаються оператору для керівництва.

Якщо використовують менше трьох вказаних світлових бар'єрів, то на вхід процесора підключають щонайменше один датчик прискорення/нахилу NS , сигнал якого використовується вищепоказаним чином для корекції відповідних даних вимірів висоти зернової маси або для перерахунку її обсягу. При цьому виникає проблема допусків на насипний кут, що вносить неточності і викривлення у визначення значень обсягу, які можна значно зменшити шляхом використання поправок, одержуваних з використанням вимірювальної техніки або емпірично, а також шляхом уведення їх у процесор у вигляді таблиць або функцій в залежності від виду зернової маси та її відносної вологості.

Якщо наведений вище пристрій оснащений щонайменше трьома світловими бар'єрами 11, 21, 21A і, крім того, щонайменше одним датчиком нахилу NS , що вимірює нахил у напрямі світлових бар'єрів, то шляхом порівняння результатів визначення обсягу з використанням сигналів декількох світлових бар'єрів 11 і датчика нахилу NS можна визначити поправки при різних співвідношеннях величин, зокрема також і при зміні нахилу. Потім ці поправки готують у вигляді таблиць або функцій для спрощених пристроїв з незначною кількістю світлових бар'єрів і одним датчиком нахилу NS та використовують у них.

Сигнали світлових бар'єрів в аналоговій формі подають безпосередньо в аналого-цифровий перетворювач AD , перетворюючий їх у цифрову форму, причому декілька сигналів періодично один за одним зчитуються мультіплексором MPX . Для забезпечення максимальної точності визначення часу проходження світлових бар'єрів краями лопатей і межами зернової маси визначають поточні максимальні та мінімальні значення світлових сигналів від одиночних світлових бар'єрів, а потім визначають порогове значення сигналу для кожного одиночного світлового бар'єра, при перетині якого має місце перехід сигналу від тінювого до світлого або навпаки, і визначають відповідний цьому переходові момент часу. Саме собою зрозуміло, генерування та порівняння порогових сигналів можна здійснювати в аналоговій формі, а генерований блоком порівняння цифровий сигнал подавати на цифровий вхід блока оцінки. Обробка сигналів подана схематично для одного з них. При цьому останнє максимальне значення позначене символом S_{max} , а останнє мінімальне значення - символом S_{min} , визначене за ними порогове значення - символом SW , причому це порогове значення через короткі проміжки часу порівнюють зі значенням сигналу у світлій ділянці, а стан світло або тінь визначають за результатами порівняння.

Замість співвісних одиночних світлових бар'єрів або додатково до них можуть бути передбачені два паралельних світлових бар'єри 11A, 11B, як показано на фіг 1 їхні сигнали після усереднення можна використовувати як сигнал одного одиночного

ного світлового бар'єра Крім того, при визначенні незначного об'єму на одній неповністю завантаженій транспортіваним матеріалом полаті більш прийнятне вимірювати проходження нижньої кромки полаті через світлові бар'єри та визначати й

нахил. Якщо світлові бар'єри утворені парами світлових бар'єрів 11А, 11В, 21, 21А, то надлишковість сигналів висоти завантаження дає переважну можливість подвійного визначення об'єму і заснованого на ньому усереднення.

