



(21) Numer zgłoszenia: **414969**

(51) Int. Cl.  
**A01C 1/02 (2006.01)**  
**A01C 1/06 (2006.01)**

(22) Data zgłoszenia: **29.11.2015**

(54)

**System do automatycznej skaryfikacji i oceny żywotności nasion  
oraz sposób automatycznej skaryfikacji i oceny żywotności nasion**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**05.06.2017 BUP 12/17**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**30.05.2018 WUP 05/18**

(73) Uprawniony z patentu:

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE, Kraków, PL  
UNIwersytet Rolniczy  
IM. HUGONA KOŁŁATAJA W KRAKOWIE, Kraków, PL  
PRZEMYSŁOWY INSTYTUT MASZYN ROLNICZYCH,  
Poznań, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**RYSZARD TADEUSIEWICZ, Kraków, PL  
MIROSLAW JABŁOŃSKI, Mogilno, PL  
ZBIGNIEW MIKRUT, Kraków, PL  
JAROMIR PRZYBYŁO, Skawina, PL  
ADAM PIŁAT, Kraków, PL  
ANDRZEJ TURNAU, Kraków, PL  
JAKUB KŁOCEK, Kraków, PL  
JÓZEF WALCZYK, Kraków, PL  
PAWEŁ TYLEK, Kraków, PL  
TADEUSZ JULISZEWSKI, Kraków, PL  
PAWEŁ KIEŁBASA, Ptaszkowa, PL  
JAN SZCZEPANIAK, Poznań, PL  
FLORIAN ADAMCZYK, Poznań, PL  
PAWEŁ FRĄCKOWIAK, Poznań, PL  
GRZEGORZ WĄCHALSKI, Poznań, PL**

(74) Pełnomocnik:

**rzecz. pat. Adam Pawłowski**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest system do automatycznej skaryfikacji i oceny żywotności nasion oraz sposób automatycznej skaryfikacji i oceny żywotności nasion, w szczególności nasion dębu.

Zbiór nasion, ich przechowywanie, a następnie przygotowywanie do wysiewu może powodować rozwój bakterii i grzybów, które to powodują uszkodzenie liścieni i/lub zarodka. Tym samym zachodzące zmiany mumifikacyjne powodują, iż osłabiane są lub zanikają funkcje dotyczące żywotności nasiona. W konsekwencji nasiono nie jest zdolne do kiełkowania lub proces ten jest spowolniony.

Przykładem takiego zjawiska są zmiany mumifikacyjne nasion dębu. Z kilkudziesięcioletnich danych dotyczących zbioru żołądzi dębów wynika, że obfity urodzaj żołądzi przypada w Polsce zazwyczaj co 5–7 lat, natomiast dobre lata nasienne zdarzały się czasem częściej (raz na 3 lata), a czasem rzadziej (raz na 9 lat). W warunkach łagodnego klimatu, np. na zachodzie Europy, lata nasienne przypadają częściej, tj. co 2–5 lat. Zarówno w Polsce jak i Europie stosuje się sztuczne odnowienie dębu szypułkowego, sadzonkami wyhodowanymi w szkółkach leśnych; odnowienie naturalne ogranicza się jedynie do niektórych obszarów i tylko w latach o najobfitszym urodzaju. Również rzadko stosuje się siew bezpośredni żołądzi. Główne źródło nasion dębu stanowią gospodarcze drzewostany nasienne. W przypadku wystąpienia dużego urodzaju, zapotrzebowanie na nasiona wynosi ok. 1 000 000 kg, co sprawia duży problem logistyczny w przygotowaniu tak dużej ilości materiału siewnego. Nasiona dębu szypułkowego zaliczają się do kategorii „recalcitrant” stąd dla zachowania żywotności wymagają stałego utrzymywania ich naturalnej wilgotności, a tym samym nie można ich zamrażać celem długoterminowego przechowywania. Z powodu szybkiej utraty żywotności przez żołądzie, ich przechowywanie jest praktycznie ograniczone do 2–3 lat. Nasiona starzeją się tym szybciej, im gorsza jest ich jakość w chwili rozpoczęcia przechowywania. Dlatego tak ważnym zagadnieniem staje się separacja, której celem jest czyszczenie nasion oraz oddzielenie pełnych, prawidłowo wykształconych od pustych czy uszkodzonych. Selekcją jest już sam zbiór żołądzi o określonych rozmiarach. Produkcja szkółkarska z kolei sprzyja siewkom szybciej rosnącym, co powoduje, iż siewki wolniej rosnące ulegają konkurencji albo są eliminowane przy sortowaniu sadzonek. Współczesne technologie i techniki produkcji szkółkarskiej wymagają nasion bardzo wysokiej jakości, aby z każdego nasiona możliwe było wyhodowanie sadzonki o określonych parametrach morfologicznych. Czynnikiem determinującym wykorzystanie siewników punktowych jest konieczność stosowania materiału siewnego charakteryzującego się wysoką czystością i żywotnością, małą zmiennością cech fizycznych oraz dużą sypkością. Najwyższej zdolności kiełkowania oczekuje się od nasion przeznaczonych do siewu w warunkach kontrolowanych, zwłaszcza w szkółkach kontenerowych, gdzie do jednej celi kasety powinno być wysiane tylko jedno nasiono. Wymusza to rachunek ekonomiczny produkcji sadzonek, szczególnie szczepionych biopreparatami mikoryzowymi. Zwiększenie wydajności siewu jest szczególnie istotne w przypadku dębu, ponieważ gatunek ten charakteryzuje się bardzo nierównomiernymi wschodami. Pierwsze siewki zaczynają pojawiać się po 2–3 tygodniach od wysiania, a ostatnie nawet po 16–17 tygodniach. Powoduje to zróżnicowany wzrost siewek oraz wzmacnia konkurencję między nimi. Siewki pojawiające się później znajdują się pod osłoną większych już siewek z dobrze rozwiniętymi liśćmi, które skutecznie ograniczają dostęp światła i wody. Nierównomierność wschodów, a następnie wzrostu wpływa na obniżenie wydajności siewu. Jednak samo kryterium zdolności kiełkowania (a zatem wydajności) nie gwarantuje uzyskania sadzonek o odpowiednich parametrach morfologicznych. Na wzrost sadzonek w fazie juvenilnej istotny wpływ ma masa nasion. Siewki wyrosłe z nasion cięższych charakteryzują się większym stosunkiem długości korzeni do długości pędu, co sugeruje ich lepszą jakość hodowlaną. Zależności pomiędzy wielkością nasion a dystrybucją biomasy jest u siewek dębu szypułkowego szczególnie widoczna. Należy jednak pamiętać, że drzewa rosnące w tym samym drzewostanie, mogą produkować nasiona bardzo zróżnicowane pod względem wielkości i masy. Nasiona z drzew starych są często mniejsze niż z drzew młodych, wchodzących w fazę obradzenia nasion. Ze względu na konieczność ochrony i zachowania różnorodności genetycznej jednakowo ważne powinny być nasiona duże i ciężkie oraz drobne i lekkie. Sukcesywnie odrzucając nasiona drobne, co powszechnie czyni się stosując klasyczne metody separacji można wyeliminować z plonu nasiona drzew starych, a więc drzew o najbardziej prawdopodobnej rodzimoci, najlepiej przystosowanych do danych warunków siedliskowych. Podsumowując tę część rozważań można stwierdzić, że niekorzystne jest selekcjonowanie nasion jedynie według kryterium rozmiaru, natomiast wysoce celowe jest wykrywanie, które nasiona dębu są uszkodzone i niezdolne do prawidłowego kiełkowania i wzrostu. Usuwanie nasion uszkodzonych (między innymi przez zmiany mumifikacyjne) jest wysoce celowe, bo ich wysiew powoduje straty wynikające ze zbędnych kosztów wysiewu

i dalszych strat z tego tytułu wynikających w szkółce. Istnieją więc bardzo znaczące przesłanki do tego, żeby dążyć do maksymalnie sprawnej, obiektywnej i w pełni automatycznej oceny zmian mumifikacyjnych nasion, gdyż umożliwi odrzucenie wadliwych nasion przed procesem wysiewu i tym samym pozwoli na minimalizację kosztów oraz zwiększenie efektywności produkcji sadzonek.

Znane są sposoby mechanicznej separacji żołądki z wykorzystaniem klasycznych cech rozdzielczych, takich jak gęstość, właściwości aerodynamiczne, wielkość i kształt, własności tarciove oraz sprężystość. Jednak separacja prowadzona w oparciu o te cechy nie daje w pełni pożądanego efektów. Z kolei przyspieszenie i wyrównanie wschodów umożliwia żmudna skaryfikacja mechaniczna nasion, dotąd wykonywana ręcznie, zwykle, przy pomocy sekatora, po czym następuje wzrokowa ocena żywotności nasion przez pracownika. Rzadziej stosowanym sposobem jest mechaniczne odcinanie fragmentu nasiona przy pomocy odpowiednio przystosowanej szlifierki. W ten sposób przygotowuje się do siewu w Polsce kilkadziesiąt milionów nasion rocznie, w okresie ok. 3 miesięcy (od stycznia do marca). Ta żmudna i monotonna praca wymaga zatrudnienia przynajmniej kilkunastu osób w każdej szkółce produkującej sadzonki. Ergonomiczna uciążliwość pracy polega na powtarzalnym kilkanaście tysięcy razy dziennie ruchu rąk i dłoni w cyklu: pobranie nasiona (lub kilku nasion) do dłoni ze zbiornika, odcięcie fragmentu nasiona sekatorem, wzrokowa ocena przydatności nasiona do kiełkowania na podstawie barwy liścieni i stopnia wypełnienia nimi okrywy nasiennej, przeniesienie nasiona do zasobnika do siewu lub jego odrzucenie – jest trudna do zaakceptowania. Nawet posługiwanie się nowoczesnym sekatorem powoduje zmęczenie układu nerwowo-mięśniowego dłoni i rąk oraz znużenie psychiczne wywołane pracą powtarzalną, monotonną i w istocie mało ciekawą.

Jak wspomniano manualna metoda oceny żywotności nasion wymaga zaangażowania do żmudnej pracy dużej liczby osób, aby osiągnąć określoną wydajność szkółki. Ponadto przy tej metodzie znaczącą rolę w ocenie zmian mumifikacyjnych odgrywa subiektywny czynnik ludzki. Pomimo przeprowadzanych szkoleń skuteczność pracy osób oceniających nie gwarantuje całkowicie poprawnego rozpoznania i sklasyfikowania nasion. Skutkuje to tym, że w szkółce kontenerowej występują braki sadzonek, co bezpośrednio jest związane z błędną klasyfikacją.

W związku z powyższym celem wynalazku jest opracowanie sposobu i systemu mających na celu zautomatyzowanie procesu skaryfikacji oraz oceny żywotności nasion poprzez detekcję zmian mumifikacyjnych nasion, przy jednoczesnym sortowaniu ich na frakcje.

Przedmiotem wynalazku jest system do automatycznej skaryfikacji i oceny żywotności nasion charakteryzujący się tym, że zawiera zbiornik wejściowy nasion, połączony z początkiem toru przebiegu nasiona przez system zawierający ustawione kolejno elementy: podajnik, układ detekcji długości i orientacji, układ zmiany orientacji, układ pozycjonowania, chwytak, skaryfikator, układ detekcji zmian mumifikacyjnych, sortownik stanowiący koniec toru i połączony ze zbiornikami nasion.

Korzystnie, elementy toru przebiegu nasiona przez system są przystosowane do działania względem siebie w sposób sekwencyjny lub równoległy.

Korzystnie, układ pozycjonowania zawiera sterowany mechanizm obrotowy i krzywkę, której obrót ustala pozycję nasiona lub sterowany przesuwany element pozycjonujący.

Korzystnie, układ detekcji długości i orientacji zawiera kamerę wizyjną i źródło światła, działające w sposób ciągły lub synchronicznie z kamerą.

Korzystnie, układ zmiany orientacji zawiera kanał wlotowy, mechanizm obrotowy, zapadkę oraz kanały wylotowe.

Korzystnie, chwytak ma formę układu automatycznej regulacji z elementem wykonawczym w postaci co najmniej dwóch sterowanych, korzystnie elektromagnetycznie, ramion zakończonych jednostronnie uchwytem przystosowanym do obejmowania części nasiona.

Korzystnie, skaryfikator posiada dwa noże przesuwne lub obrotowe.

Korzystnie, układ detekcji zmian mumifikacyjnych zawiera matrycową kamerę wizyjną, źródło światła, przystosowane do działania w sposób ciągły lub sterowany synchronicznie z kamerą, oraz układ przetwarzania, realizujący stały lub adaptacyjny algorytm wyznaczania stopnia żywotności, zawierający interfejs akwizycji sygnału wizyjnego z kamery, który jest przystosowany do podawania na podstawie tego sygnału informacji określającej żywotność nasiona.

Korzystnie, system zawiera wiele chwytaków, umożliwiających równoległą pracę skaryfikatora, układu detekcji zmian mumifikacyjnych i układu sortowania.

Przedmiotem wynalazku jest również sposób automatycznej skaryfikacji i oceny żywotności nasion, charakteryzujący się tym, że: dostarcza się nasiona za pomocą układu podającego, po czym dla

poszczególnych nasion: mierzy się długość DL i wykrywa się orientację nasiona określoną jako PRAWIDŁOWA lub NIEPRAWIDŁOWA za pomocą układu detekcji długości i orientacji; orientuje się nasiono za pomocą układu zmiany orientacji; pozycjonuje się nasiono i podaje się je chwytaikiem do skaryfikatora; skaryfikuje się nasiono za pomocą skaryfikatora; ocenia się żywotność nasiona za pomocą układu detekcji zmian mumifikacyjnych; sortuje się nasiona za pomocą sortownika 162, z którego podaje się nasiona do zbiorników nasion.

Korzystnie, podczas pomiaru długości i wykrywania orientacji nasiona mierzy się długość nasiona DL oraz wyznacza się jego orientację określaną jako PRAWIDŁOWA lub NIEPRAWIDŁOWA.

Korzystnie, długość i orientację określa się za pomocą co najmniej jednej z następujących metod: podczas wyznaczania długości i orientacji nasiona, którego długość jest większa niż średnica, długość nasiona DL określa się poprzez wskazanie w obrazie dwóch najbardziej odległych punktów PZ, PD należących do obrazu nasiona wzdłuż jego osi symetrii, który to obraz jest odwzorowany przy pomocy kamery; podczas wyznaczania długości i orientacji nasiona, którego średnica jest większa lub zbliżona do długości, jako długość przyjmuje się odległość punktów PZ, PD należących do konturu nasiona, które tworzą prostą możliwie bliską osi symetrii nasiona i jednocześnie są najbardziej odległe od siebie.

Korzystnie, podczas oceny zmian mumifikacyjnych nasiona: pobiera się obraz z kamery; sprawdza się, czy skaryfikacja została zakończona; sprawdza się, czy nasiono jest obecne; wyznacza się obszar przekroju nasiona; przetwarza się wstępnie cechy; klasyfikuje się nasiono; sprawdza się, czy określono żywotność i jeśli tak, to wysyła się komunikat o stanie nasiona, a jeśli nie, to wysyła się komunikat o nierozpoznanu nasiona.

Korzystnie, wynik pomiaru długości każdego nasiona wykorzystuje się do ustalenia odpowiedniej dla tego nasiona płaszczyzny skaryfikacji, a długość określoną dla nasiona DL wykorzystuje się do pozycjonowania nasiona przed krokiem skaryfikacji.

Korzystnie, podczas klasyfikacji skaryfikowanych nasion dokonuje się podziału nasion na co najmniej dwa typy: nasiona zdrowe przeznaczone do umieszczania w zbiorniku nasion zdrowych i nasiona zepsute przeznaczone do umieszczania w zbiorniku nasion zepsutych, oraz korzystnie nasiona wątpliwe przeznaczone do umieszczania w zbiorniku nasion wątpliwych.

Przedmiot wynalazku został przedstawiony w przykładach wykonania na rysunku, na którym:

Fig. 1 przedstawia ogólny schemat systemu,

Fig. 2 – układ detekcji długości i orientacji,

Fig. 3 – przykład nasiona,

Fig. 4a–4b – przykładowe typy nasion,

Fig. 5 – schemat działania układu detekcji długości i orientacji,

Fig. 6 – układ orientujący,

Fig. 7a–7b – układ orientujący z nasionem w pierwszej orientacji,

Fig. 8a–8b – układ orientujący z nasionem w drugiej orientacji,

Fig. 9 – moduły składowe układu przetwarzania sygnałów i obrazów,

Fig. 10a–10b – przykłady układów pozycjonowania nasiona,

Fig. 11a–11b – dwa warianty ostrzy skaryfikatora,

Fig. 12 – układ detekcji żywotności,

Fig. 13 – schemat funkcjonowania układu detekcji żywotności,

Fig. 14a–14d – przykłady nasion z różnym stopniem zmian mumifikacyjnych,

Fig. 15 – kroki sposobu według wynalazku.

Fig. 1 przedstawia ogólny schemat systemu. System zawiera moduły, które mogą działać w sposób sekwencyjny i/lub równoległy. System zawiera układ podający nasiono, układ detekcji długości i orientacji 110, układ zmiany orientacji 120, układ chwytający, skaryfikator 142, układ detekcji zmian mumifikacyjnych 150, układ sortujący oraz układ sterowania 170.

Układy połączone są ze sobą i z układem sterowania 170 tak, by umożliwić wymianę danych. Korzystnie, układy sterujące układów systemu mogą wzajemnie komunikować się ze sobą i wymieniać dane. Poszczególne układy mogą mieć własne, zintegrowane sterowniki, lub też być wspólnie sterowane jednym układem sterującym, lub też posiadać sterowniki 101, 121, 131, 136, 141, 161, sprzężone z głównym układem sterowania 170 (na Fig. 1 strzałkami oznaczono linie sterujące poszczególnymi układami).

Tor przebiegu nasiona przez system jest następujący. Nasiono 1 ze zbiornika wejściowego 102 trafia na podajnik 103. Podajnikiem 103 podawane jest ono do układu detekcji długości i orientacji 110.

Następnie nasiono 1 trafia do układu zmiany orientacji 120, skąd podawane jest do układu pozycjonowania 135, gdzie jest pozycjonowane i układu chwytającego, którego chwytak 132 pochwyca nasiono 1. Następnie pochwycone nasiono jest poddawane skaryfikacji w skaryfikatorze 142 i kolejno dostarczane do układu detekcji zmian mumifikacyjnych 150, po czym w wyniku sklasyfikowania przekazywane jest z sortownika 162 do odpowiedniego zbiornika 163, 164 lub 165.

Fig. 2 przedstawia układ detekcji długości i orientacji 110. Układ detekcji długości i orientacji 110 nasiona stanowi układ pomiarowy z systemem wizyjnym wykorzystującym metodę identyfikacji orientacji nasiona. Układ 110 przekazuje do układu sterującego 170 informacje o orientacji nasiona.

Układ detekcji długości i orientacji zawiera kamerę wizyjną 112 (cyfrową lub analogową), rejestrującą obraz monochromatyczny lub kolorowy w paśmie widzialnym lub poszerzonym. Układ detekcji długości i orientacji 110 wyposażony może być w jeden lub więcej oświetlaczy 113 stanowiących źródło światła, działających w sposób ciągły lub impulsowy sterowany synchronicznie z kamerą. Korzystnie, wykorzystane są oświetlacze 113, umiejscowione centrycznie wokół osi optycznej kamery 112 dając jednolite oświetlenie pola widzenia. Sygnał z kamery 112 wyposażonej w obiektyw oraz interfejs transmisyjny analogowy lub cyfrowy przesyłany jest do układu przetwarzania 114. Układ optyczny obiektywu kamery 112 pozwala uzyskać wierną reprezentację nasiona oraz elementów, w którym się ono znajduje. Układ optyczny obiektywu może być wyposażony w nastawne elementy pozwalające na dostrojenie lub ustalenie jasności i ostrości obrazu oraz powiększenia. Dodatkowo, układ złożony z kamery 112 wraz z obiektywem, przez zastosowane mocowanie mechaniczne, pozwala na ustalenie ich odległości od żołądka umieszczonego u wyjścia podajnika 103. Czynność ta wykonywana jest przez obsługę podczas instalacji i kalibracji urządzenia.

Układ przetwarzania 114 składa się z interfejsu akwizycji sygnału wizyjnego z kamery oraz konwersji do postaci cyfrowej, o ile sygnał transmitowany jest w postaci analogowej. Dalsza obróbka obrazu metodami kontekstowymi oraz bez-kontekstowymi z wykorzystaniem cyfrowych elementów obliczeniowych konfigurowanych lub programowanych realizowana jest na spróbkowanym i zdigitalizowanym sygnale wizyjnym składającym się z jednej lub wielu linii zgodnie z organizacją czujnika wizyjnego kamery. Rejestracja obrazu z kamery 112 przebiegać może w trybie swobodnym lub wyzwolonym przez układ dodatkowych czujników lub układ sterujący informujący o obecności lub przemieszczeniu nasiona u ujścia podajnika 103, w układzie zmiany orientacji 120 lub pomiędzy nimi. Rezultatem działania układu przetwarzania 114 sygnału pozyskanego z kamery 112 jest informacja wskazująca na długość nasiona 1 oraz jego orientację lub kod błędu, wskazujący na niemożność ich określenia. Kod błędu również stanowi użyteczną informację konieczną w szczególności do poprawnego działania sterownika oraz systemu, przez co konieczność obsługi przez człowieka, podczas działania w trybie ciągłym, jest zredukowana do sytuacji krytycznych błędów lub usterek. Informacje o błędach, błędach krytycznych oraz usterkach rejestrowana mogą być w postaci zapisów na nośniku cyfrowym w postaci pamięci nieulotnej układu sterowania 170 i/lub pamięci układu przetwarzania 114.

Informacja o orientacji nasiona 1 może przybrać trzy wartości: część dystalna 1a zorientowana w stronę wylotu kanału transportowego, część dystalna 1a zorientowana w stronę wlotu kanału transportowego lub brak możliwości określenia orientacji nasiona 1.

Fig. 3 przedstawia przykład nasiona. Część dystalna 1a może być przykładowo wskazana opisowo jako znajdująca się wzdłuż przybliżonej obrotowej osi symetrii X nasiona 1, na której plasują się punkty PZ i PD. Punkt PZ wskazuje na zarodek nasiona, zaś punkt PD wskazuje punkt znajdujący się na przeciwnym końcu nasiona. Część dystalna 1a nasiona 1, której odcięcie w procesie skaryfikacji nie wpływa negatywnie w sposób istotny na żywotność nasiona, zawiera w sobie punkt PD. Odcięcie odbywa się na odległości DS od punktu PD, wzdłuż płaszczyzny skaryfikacji, korzystnie prostopadłej do osi X.

Fig. 4a–4b przedstawiają przykładowe typy nasion. Nasiono typu A charakteryzuje się znacznie większym stosunkiem długości do grubości (1 i więcej razy). Nasiono typu B przedstawia nasiono, którego długość jest porównywalna ze średnicą. W przypadku wariantu B układ chwytny wymaga większej siły zacisku ze względu na mniejszą powierzchnię styku na linii nasiono-chwytak.

Sterownik 121 układu zmiany orientacji 120, na podstawie otrzymanych informacji z układu detekcji długości i orientacji 110, steruje układem zmiany orientacji 120 tak, że nasiono 1 zawsze jest podawane do układu pozycjonującego, do chwytaka, i dalej do skaryfikatora 142 (z przyporządkowanym mu sterownikiem 141), z częścią dystalną 1a ustawioną na zewnątrz chwytaka 132, celem wykonania skaryfikacji i wizyjnej oceny jakości nasiona na podstawie obrazu jego przekroju. Innymi słowy, część dystalna 1a zawsze wystaje swobodnie z chwytaka 132 na tyle, by umożliwić przeprowadzenie skaryfikacji za pomocą skaryfikatora 142.

Nasiono 1, którego długość lub orientacja nie zostały określone przez układ detekcji długości i orientacji 110, jest kierowane do zbiornika na nasiona niesklasyfikowane 165.

Sterownik 136 układu pozycjonowania 135 (lub ogólny sterownik 170), na podstawie długości nasiona określonej przez układ detekcji długości i orientacji 110 steruje układem pozycjonowania 135 nasiona tak, aby skaryfikacja została wykonana w zadanej odległości od części dystalnej 1a.

Fig. 5 przedstawia schemat działania układu detekcji długości i orientacji 110. W wyniku działania tego układu otrzymuje się długość DL, oraz orientację określaną jako PRAWIDŁOWA lub NIEPRAWIDŁOWA. W przypadku nasion dębu, na podstawie wartości DL wyznaczana jest odległość DS od najbardziej zewnętrznego punktu części dystalnej 1a w kierunku zarodka, wzdłuż przybliżonej osi symetrii X nasiona, jak pokazano na Fig. 3. W ten sposób, określana jest płaszczyzna skaryfikacji, wzdłuż której mają przemieszczać się ostrza skaryfikatora 142 układu skaryfikacji. Płaszczyzna skaryfikacji jest korzystnie prostopadła do przybliżonej osi symetrii obrotowej X nasiona.

Określanie orientacji nasion realizowane jest na podstawie obrazu lub sekwencji obrazów uzyskanych z kamery 112, obserwującej obszar roboczy na którym pojawiają się nasiona. Do tego celu wykorzystuje się jego cechy morfologiczne oraz kształt, na podstawie których tworzony jest model komputerowy nasiona. Model ten jest następnie wykorzystywany do poszukiwania na obrazie punktów szczególnych pozwalających na detekcję oraz rozpoznanie orientacji nasiona, przy czym przewidywane są co najmniej dwie alternatywne metody detekcji orientacji uruchamiane w zależności od jakości obrazu oraz własności obrazowanych nasion. Wynika to z faktu, iż zależnie od gatunku i morfologii, obserwowane są różne proporcje długości i szerokości nasion dębu.

Dla żołądździ typu A (patrz Fig. 4a) określa się długość żołądźdźcia DL poprzez wskazanie w obrazie dwóch najbardziej odległych punktów (np. tożsamy z PZ i PD) należących do obrazu żołądźdźcia wzdłuż jego osi symetrii, odwzorowanego przy pomocy kamery. Ta metoda jest właściwa dla nasion, w których długość jest większa niż średnica.

Dla żołądździ typu B (patrz Fig. 4b), których średnica jest większa lub zbliżona do długości, jako długość przyjmowana jest odległość punktów należących do konturu nasiona, które tworzą prostą możliwie bliską osi symetrii nasiona i jednocześnie są najbardziej odległe od siebie. Wskazanie orientacji jako PRAWIDŁOWA następuje poprzez określenie wzajemnego przestrzennego rozmieszczenia wyznaczonych punktów PZ, PC oraz PD, przy czym punkt PC wskazuje na środek żołądźdźcia – czyli połowa dystansu PZ-PD. Jeśli rozmieszczenie punktów PZ i PC jest zgodne z pożądanym kierunkiem uwidocznionym na rysunku Fig. 3, wówczas komunikat K\_OBRÓĆ nie jest wysyłany do sterownika 121 układu zmiany orientacji 120. W przeciwnym wypadku taki komunikat wysyłany jest do sterownika 121 układu zmiany orientacji 120 przez układ przetwarzania 114.

Fig. 5 przedstawia przykładowe polecenia układu detekcji długości i orientacji nasiona. W pierwszym kroku pobiera się 201 obraz z kamery. Następnie sprawdza się 202, czy nasiono jest obecne. Jeśli tak, wyznacza się 203 obszar nasiona oraz wyznacza się 204 długość nasiona. Jeśli nie, wysyła się 216 komunikat K\_POBIERZ. Po wyznaczeniu obszaru i długości nasiona sprawdza się 205, czy długość została wyznaczona. Jeśli nie, wysyła się 211 komunikat K\_BŁĄD. Jeśli tak, wyznacza się 206 orientację nasiona i sprawdza się 207, czy orientacja została wyznaczona. Jeśli orientacja nie została wyznaczona, wysyła się 211 komunikat K\_BŁĄD. Jeśli orientacja została wyznaczona sprawdza się 208, czy orientacja ta jest poprawna. W przypadku niepoprawnej orientacji wysyła się 212 komunikat K\_OBRÓĆ. Gdy orientacja jest już poprawna, zapisuje się 209 dane i wysyła się 210 komunikat K\_DŁUGOŚĆ, zawierający długość nasiona. Następnie, zarówno po kroku 210 jak i po kroku 211, wysyła się 213 komunikat K\_USUŃ. Następnie pobiera się 214 obraz z kamery i sprawdza się 215, czy nasiono jest obecne. Jeśli nie, powraca się do kroku 213. Jeśli nasiono jest obecne, przechodzi się do kroku 216, w którym wysyła się komunikat K\_POBIERZ i powraca się do kroku 201.

Morfologia i stan przetwarzanych nasion dębu może utrudniać lub uniemożliwiać zlokalizowanie punktu PZ w obrazie żołądźdźcia w sposób bezpośredni. Wówczas punkt PZ wyznaczany jest w sposób pośredni, np. poprzez analizę konturu nasiona wyodrębnionego z elementu konstrukcyjnego podajnika. Metoda pośrednia wykorzystuje fakt, że krzywizna profili dla nasion poszczególnych gatunków dębu jest odmienna w okolicy punktu PZ i PD, przez co jeden z najbardziej odległych punktów na tej podstawie jest określany jako PZ, a drugi jako PD.

Odległość skaryfikacji DS ustalona może być w stosunku do całkowitej długości DL nasiona lub jako wartość bezwzględna. Struktura układu detekcji długości i orientacji 110 pozwala również na zastosowanie reguły zależności od długości nasiona lub wartości bezwzględnej odcięcia zadanych przez

operatora urządzenia w trakcie działania systemu, podczas jego inicjalizacji lub ustalonych w trakcie kalibracji samoczynnej lub z udziałem operatora.

Fig. 6 przedstawia układ zmiany orientacji 120. Układ zmiany orientacji 120 automatycznie orientuje nasiona. Zawiera on kanał wlotowy 122, czujnik obecności nasiona, mechanizm obrotowy 125, zapadkę 126 oraz kanały wylotowe 123, 124. Mechanizm obrotowy 125 może być wykonany w formie obrotowego łoża umożliwiającego, w razie potrzeby, zmianę orientacji nasiona, o kąt odpowiedniej wartości. Łoże to wyposażone jest w ruchomą przegrodę – zapadkę 126.

Na podstawie informacji otrzymanej z układu detekcji długości i orientacji 110, po stwierdzeniu obecności nasiona w łożu obrotowym 125, nasiono jest obracane o odpowiedni kąt i orientowane tak, że nasiono 1 jest skierowane częścią dystalną 1a ku wylotowi 123. W przypadku nasiona o niekreślonych cechach, jest ono kierowane do otworu 124 – w tym przypadku orientacja nasiona jest bez znaczenia. Fig. 7a–7b przedstawiają układ orientujący z nasionem 1 podanym w niepoprawnej orientacji. Fig. 8a–8b przedstawiają układ orientujący z nasionem 1 podanym z prawidłową orientacją. Po ustaleniu położenia kąтового przez mechanizm obrotowy 125 zapadka 126 jest chowana/otwierana (w przypadku nasiona poprawnie zorientowanego), w związku z czym następuje zwolnienie nasiona 1 i przemieszczenie do odpowiedniego wylotu. Niepoprawne zorientowanie nasiona nie wymagają otwierania zapadki 126, gdyż obrót mechanizmu obrotowego 125 powoduje poprawne zorientowanie nasiona 1.

Fig. 9 przedstawia moduły składowe układu przetwarzania 114. Obraz pozyskiwany z kamery 112 podłączonej do opisywanego układu przekazywany jest do modułu 115, którego zadaniem jest przetwarzanie wstępne oraz wyodrębnienie punktów (tj. pikseli) szczególnych, zwłaszcza miejsc o dużym gradientie, narożników i konturów. Sposób ekstrakcji tych punktów występujących na obrazie charakteryzuje się tym, że danymi wejściowymi jest obraz lub sekwencja obrazów, natomiast dane wyjściowe mają formę tablicy wartości wybranych cech. Tak powstała tablica cech jest z kolei poddawana analizie w module 116 z użyciem modelu komputerowego nasiona dostarczanego z modułu 117. Rezultatem analizy jest wyznaczona orientacja nasiona 1 oraz jego długość. Na ich podstawie generowane są odpowiednie sygnały dla układu sterowania 170.

Zaletą takiego rozwiązania jest możliwość łatwego wprowadzania zmian (zwłaszcza zmiany gatunku analizowanego nasiona) w module 116, poprzez zmianę modelu komputerowego nasiona w module 117, bez konieczności wprowadzania istotnych zmian w sposobie akwizycji i przetwarzania obrazu elementów 112, 115 oraz układu sterowania 170.

Chwytnak 132 układu chwytającego układ automatycznej regulacji z elementem wykonawczym w postaci co najmniej dwóch elektromagnetycznie sterowanych ramion zakończonych jednostronnie uchwytem obejmującym część nasiona 1. W części mechanicznej chwytak 132 jest urządzeniem zapewniającym pewny chwyt, poprzez objęcie i zaciśnięcie ramienia na powierzchni nasiona 1. Druga strona ramienia podlega oddziaływaniu elektromagnetycznemu, dzięki któremu zostaje zagwarantowana odpowiednia, regulowana siła ścisku. Dzięki sterowaniu elektromagnetycznemu siła ta jest pod stałą kontrolą oraz podlega odpowiedniemu ukształtowaniu charakterystyki w zależności od wielkości, kształtu oraz cech charakteryzujących nasiono 1.

Może występować większa liczba chwytaków, pozwalających na jednoczesną pracę wielu układów systemu. Przykładowo, układ chwytający może zawierać sześć chwytaków 132, pozwalających przykładowo na jednoczesną pracę układu chwytającego, skaryfikatora 142, układu detekcji zmian morfologicznych 150, sortownika 162.

Fig. 10a–10b przedstawiają układ pozycjonowania nasiona w dwóch wariantach. Układ pozycjonowania nasiona składa się z ruchomego elementu pozycjonującego 136a, 136b umieszczonego w zadanej odległości od chwytaka 132. Układ pozycjonowania 135, na podstawie informacji z układu detekcji długości i orientacji 110, steruje elementem pozycjonującym 136a, 136b. Gdy część dystalną 1a nasiona 1 oprze się o element pozycjonujący 136a, 136b, to chwytak pochwyci nasiono i kolejno przemieszcza w obszar pracy skaryfikatora. Skaryfikator odcina część dystalną w zadanej odległości od końca nasiona 1. Należy podkreślić, że chwytak 132 trzyma nasiono 1 w pewnym oddaleniu od części dystalnej 1a, a dokładniej płaszczyzny skaryfikacji. Chwytnak 132 i układ pozycjonowania 135 muszą być dopasowane do konstrukcji skaryfikatora 142, żeby uniemożliwić kolizję tych układów.

W pierwszym wariantcie wykorzystywana jest krzywka 136a. Krzywka 136a ma określony kształt umożliwiający ustawienie części dystalnej 1a w określonej odległości, mierzonej wzdłuż osi nasiona 1. Ta zaś jest tak ustawiona, aby jednoznacznie wyznaczyć odległość odcięcia. Kształt krzywizny jest tak zaprojektowany, aby uwzględnić zakres wymaganych pozycji nasiona do procesu skaryfikacji z danymi parametrami.

W drugim wariantcie wykorzystywany jest przesuwany element pozycjonujący 136b. Sterowany jest on za pomocą mechanizmu przesuwu i jest ustawiany w pożądanej odległości, umożliwiając wysunięcie części dystalnej 1a z chwytaka 132.

W każdym przypadku ustawienie układu pozycjonowania 135 jest jednoznacznie określone względem skaryfikatora 142.

Fig. 11a–11 b przedstawiają dwa warianty ostrzy skaryfikatora 142. Skaryfikator 142 zawiera noże umożliwiające precyzyjną skaryfikację.

W wariantcie z Fig. 11a proces skaryfikacji jest przeprowadzany za pomocą dwóch sterowanych noży 143a działających przeciwsośnie, o specjalnie ukształtowanych ostrzach. Na Fig. 11a ukazany jest przykład przebiegu krawędzi ostrzy noży 143a. Ostrza te umieszczone są naprzeciw siebie i wykonują ruch prostoliniowy. Korzystnie, kształty krawędzi ostrzy zapewniają zadany rozkład siły tnącej na powierzchni przekroju nasiona. Ponadto prędkość ruchu posuwistego każdego z członów skaryfikatora 142 jest jednakowa, co gwarantuje jednoczesne i obustronne cięcie nasiona 1. Profil prędkości podlega sterowaniu i jest realizowany według zadanego profilu cięcia. Układ automatycznej regulacji kontroluje prędkość posuwu ramion w celu uzyskania zadanej prędkości posuwu.

W wariantcie z Fig. 11b proces skaryfikacji jest realizowany za pomocą dwóch obrotowych noży 143b, o wzajemnie równoległych osiach obrotu i o wzajemnie przeciwnych kierunkach obrotu. Noże tnące 143b są umieszczone w jednej płaszczyźnie, gwarantując płaską powierzchnię cięcia nasiona. Prędkość obrotowa noży 143b podlega regulacji i jest tak dobrana, aby była optymalna lub bliska optymalnej względem przesuwu liniowego względnego – nasiona 1 i noży 143b, a jednocześnie nie niszczyła materiału biologicznego i nie powodowała zbędnego wydłużania czasu pracy systemu. Po zakończeniu czynności skaryfikacji, w świetle skaryfikatora 142, albo po przemieszczeniu się chwytaka 132, przekrój nasiona jest obecny w polu widzenia kamery 152 układu detekcji zmian mumifikacyjnych 150. Korzystne przeciwsośnie ostrza noży skaryfikujących 143a, 143b, równoważą wielokierunkowe działanie sił podczas cięcia, zmniejszając zapotrzebowanie na siłę zacisku układu chwytającego.

Fig. 12 przedstawia układ detekcji zmian mumifikacyjnych 150. Układ wizyjny wraz z automatycznym klasyfikatorem umożliwia sortowanie nasion na podstawie różnych cech, w zależności od rodzaju wykrywanych i uwzględnianych przy klasyfikacji cech obrazu przekroju nasiona. Składa się on z matrycowej kamery wizyjnej 152 (cyfrowej lub analogowej) rejestrującej obraz monochromatyczny lub kolorowy w paśmie widzialnym lub poszerzonym. Układ detekcji zmian mumifikacyjnych 150 wyposażony może być w co najmniej jeden oświetlacz 153 stanowiący źródło światła, działający w sposób ciągły lub impulsowy, sterowany synchronicznie z kamerą. Sygnał z kamery 152 wyposażonej w obiektyw oraz interfejs transmisyjny analogowy lub cyfrowy przesyłany jest do układu przetwarzania 154. Układ optyczny obiektywu pozwala uzyskać wierną reprezentację przekroju żołądka oraz elementów automatu w którym się on znajduje. Układ optyczny obiektywu może być wyposażony w ruchome elementy pozwalające na dostrojenie lub ustalenie jasności i ostrości obrazu. Dodatkowo, układ złożony z kamery 152 i obiektywu, dzięki zastosowanemu mocowaniu mechanicznemu, pozwala na zmianę odległości obiektywu od przekroju żołądka umieszczonego w chwytaku 132. Czynność ta wykonywana jest przez obsługę podczas instalacji i kalibracji urządzenia.

Zmiany mumifikacyjne są jednym z czynników wpływających negatywnie na żywotność nasion. Uwidaczniają się one ciemnymi obszarami w tkance liścieni żołądka, przez co są niewidoczne dla ludzkiego oka, kiedy nasiono jest nienaruszone (np. przez proces skaryfikacji). W procesie skaryfikacji, po odcięciu części dystalnej 1a, uwidacznia się przekrój liścieni, w którym zmiany odróżniają się ciemniejszymi obszarami o różnorodnej intensywności i topografii, tak jak to przedstawiono przykładowo na Fig. 14b–14d.

Układ przetwarzania 154 składa się z interfejsu akwizycji sygnału wizyjnego z kamery 152 oraz układu konwersji do postaci cyfrowej, jeśli sygnał transmitowany jest w postaci analogowej. Dalsza obróbka obrazu metodami kontekstowymi (tj. wykorzystującymi lokalne otoczenie pikseli stanowiących obraz pozyskany z kamery) oraz bez-kontekstowymi (tj. wykorzystującymi zadane piksele ustalone obszarem ROI, ang. Region of Interest) z wykorzystaniem cyfrowych elementów obliczeniowych konfigurowanych lub programowanych, realizowana jest na spróbkowanym i zdigitalizowanym sygnale wizyjnym składającym się z linii odpowiadających organizacji czujnika wizyjnego kamery 152, lub jej fragmentu. Rejestracja obrazu z kamery 152 przebiegać może w trybie swobodnym lub wyzwolonym przez układ dodatkowych czujników informujących (np. za pośrednictwem układu sterującego) o obecności nasiona 1 zamocowanego w chwytaku 132. Rezultatem działania układu przetwarzania 154 sygnału

pozyskanego z kamery 152 matrycowej jest informacja określająca żywotność nasiona („zdrowy/zepsuty”) lub kod błędu wskazujący na niemożność określenia żywotności. Kod błędu również stanowi użyteczną informację konieczną w szczególności do poprawnego działania sterownika 151 oraz systemu, przez co konieczność obsługi ludzkiej podczas działania w trybie ciągłym jest zredukowana do sytuacji krytycznych błędów lub usterek. Informacje o błędach, błędach krytycznych oraz usterkach rejestrowane mogą być w pamięci układu sterowania 170 i/lub pamięci układu przetwarzania 154.

Fig. 13 przedstawia schemat funkcjonowania układu detekcji zmian mumifikacyjnych 150. Integralną część układu detekcji zmian mumifikacyjnych 150 nasion stanowi podsystem klasyfikacji nasion pod względem żywotności na podstawie szacowania zmian mumifikacyjnych lub innych zobrazowanych przy pomocy kamery. Podział nasion na zdrowe i zepsute w oparciu o obrazy przekrojów może przebiegać wielowariantowo i wieloetapowo z wykorzystaniem różnych reprezentacji przekroju do wyznaczenia cechy rozdzielczej, przy czym cecha może stanowić jedną wartość przypisaną do obrazu przekroju nasiona lub szereg wartości wyznaczonych dla całego przekroju nasiona lub jego poszczególnych obszarów. Sposób działania układu detekcji zmian mumifikacyjnych 150 nasion można określić następującymi etapami. Na początku pobiera się 301 obraz z kamery i sprawdza się 302, czy skaryfikacja została zakończona. Jeśli nie, ponownie pobiera się 301 obraz. Jeśli tak, sprawdza się 303, czy nasiono jest obecne. Jeśli nie – wysyła się 312 komunikat K\_BŁĄD oraz wysyła się 313 komunikat K\_USUŃ. W przypadku, gdy nasiono jest obecne, wyznacza się 304 obszar przekroju nasiona i w następnej kolejności sprawdza się 305, czy wyznaczono ten przekrój. Jeśli nie, wysyła się 312 komunikat K\_BŁĄD oraz wysyła się 313 komunikat K\_USUŃ. Jeśli wyznaczono przekrój, przeprowadza się 306 wstępne przetwarzanie cech przekrojów i klasyfikuje się 307 nasiono. Następnie sprawdza się 308, czy określono żywotność. Jeśli tak – wysyła się 309 komunikat K\_ZDROWY lub K\_ZEPSUTY. Jeśli nie – wysyła się 310 komunikat K\_NIEROZPOZNANY. Niezależnie od komunikatu wysłanego po kroku 308, zapisuje się 311 dane rozpoznania i wysyła się 313 komunikat K\_USUŃ.

Dla układu detekcji zmian mumifikacyjnych 150 zastosowanie ma również układ uwidoczniony w postaci modułów realizowanych w układzie przetwarzania funkcjonującym analogicznie do tego przedstawionego na rysunku Fig. 9.

Klasyfikacja nasiona, przykładowo jako zdrowe lub zepsute, może zostać dokonana poprzez przeprowadzenie następujących czynności. W pierwszej kolejności występuje detekcja nasiona tj. stwierdzenie obecności nasiona w chwytaku 132 w polu widzenia kamery 152 metodą przetwarzania i analizy obrazów lub przy zastosowaniu czujnika obecności działającego metodą fotooptyczną, albo inną np. pozyskaną ze sterownika 131 kontrolującego działanie chwytaka 132.

Następnie występuje wyznaczenie obszaru nasiona 1 metodą wizyjną z wykorzystaniem kamery 152 przez zastosowanie technik przetwarzania i analiz obrazów polegających na wyodrębnieniu pikseli obrazu, które odpowiadają obrazowi przekroju liścieni nasiona, przy czym obszar ten może obejmować łupinę nasiona.

Po wyznaczeniu obszaru nasiona dokonuje się przetwarzania wstępnego i analizy, polegających na zastosowaniu technik widzenia maszynowego i analizy obrazów w celu wyodrębnienia cech stanowiących podstawę klasyfikacji (zwłaszcza histogramy, które są jednym ze wskaźników zmian mumifikacyjnych), przy czym jako cechy stosowane mogą być jasność, kolor barwa obszaru liścieni wyznaczona dla całego przekroju nasiona albo dla jego fragmentów. W przypadku wystąpienia niejednorodności w opisie przekroju cechą stanowić może również lokalizacja rozmiar i kształt obszarów wyróżniających się w obszarze przekroju nasiona.

Korzystnie, cechy wykorzystywane do oceny analizowanego obrazu oraz kryteria klasyfikacji nasion mogą być zmieniane przy zastosowaniu automatycznego uczenia, bez angażowania personelu obsługującego system.

Fig. 14a–14d przedstawiają przykłady nasion z różnym stopniem zmian mumifikacyjnych.

Klasyfikacja nasion może przebiegać według następujących kryteriów. Nasiona o jednorodnym jasnym przekroju liścieni (pokazane na Fig. 14a) traktowane są jako nasiona zdrowe (żywotne). Z kolei nasiona o jednorodnym ciemnym przekroju (Fig. 14b) traktowane są jako nasiona zepsute. Nasiona o niejednorodnym obszarze przekroju będą poddawane klasyfikacji z wykorzystaniem cech wyznaczonych dla konkretnego przekroju oraz zestawu parametrów dobranych przez obsługę lub wyznaczonych drogą uczenia maszynowego na podstawie zestawu referencyjnych przekrojów z przypisanymi do nich informacjami o żywotności tj. „zdrowy/zepsuty”. W szczególnych przypadkach, kiedy rezultat klasyfikacji jest niejednoznaczny (przykładowo jako pokazano na Fig. 14c i 14d), wynik klasyfikacji oznaczany jest

kodek „nierozpoznany”, a nasiono jest umieszczane w oddzielnym pojemniku, innym niż dla nasion „zdrowych” i nasion „zepsutych”.

Fig. 15 przedstawia kroki sposobu według wynalazku. W pierwszej kolejności, w kroku 401, do podajnika 103 dostarcza się nasiona 1 ze zbiornika wejściowego 102. Nasiona nie muszą być wcześniej w żaden sposób porządkowane. Szerokość podajnika 103 w części wewnętrznej, po której przemieszcza się nasiono 1 posiada rozmiary zbliżone do rozmiarów nasion. Następnie, podaje się pojedyncze nasiono 1 do obszaru pracy układu detekcji długości i orientacji 110. Za pomocą układu detekcji długości i orientacji 110 przeprowadza się analizę nasiona 1 przez pomiar jego cech pozwalających na określenie jego długości oraz orientacji, przez co mierzy się 402 jego długość. Informacje pozyskane z układu detekcji długości i orientacji 110 stanowią informacje wejściowe dla dalszych elementów systemu. W kolejnym kroku orientuje się nasiono 403 za pomocą układu zmiany orientacji 120, pozycjonuje się nasiono 404, tj. ustala się miejsce skaryfikacji (odcięcia), i podaje się je do układu chwytającego. Za pomocą układu chwytającego, na podstawie informacji otrzymanej od układu detekcji długości i orientacji 110 ustala się położenie nasiona tak, aby jego część dystalna 1a wystawała na określoną długość z chwytaka 132. Nasiono 1 zostaje pochwycone przez chwytak 132. Wielkość wysunięcia nasiona ustalona może być a priori przy konfigurowaniu automatu. Następnie pochwycone nasiono 1 podaje się do skaryfikatora 142 i skaryfikuje się 405 je, tzn. odcina się za pomocą tego układu część dystalną w określonej odległości od końcówki dystalnej nasiona.

W dalszej kolejności podaje się nasiono 1 do układu detekcji zmian mumifikacyjnych 150. Następnie ocenia się lub wykrywa stan zmian nasiona i ustala stan jego prawdopodobnej żywotności 406. Informacja ta jest wykorzystywana w kolejnym etapie pracy automatu, w układzie sortowania, za pomocą którego umieszcza się 407 nasiono w stosownym odbiorniku w zależności od wyniku klasyfikacji.

Klasyfikator systemu podejmuje decyzję na podstawie doświadczeń zebranych w przeszłości w procesie automatycznego uczenia, przeprowadzonych na próbie nasion o różnych formach zmian degeneracyjnych, dla których znane były wyniki wzrostu siewek z wysianych nasion. Wiedza zgromadzona automatycznie przez klasyfikator odzwierciedla rzeczywiste warunki działania automatu skaryfikującego, cechy charakterystyczne nasion oraz wynik końcowy w postaci cech charakterystycznych sadzonek lub informacji o braku kiełkowania. Modułowa struktura klasyfikatora pozwala również na stosowanie konfiguracji i parametrów zadanych przez operatora systemu w trakcie działania systemu, podczas jego inicjalizacji lub ustalonych w trakcie kalibracji samoczynnej lub z udziałem operatora. Układ sortujący składa się z trzech zbiorników 163, 164, 165 i sortownika 162 (z przyporządkowanym mu sterownikiem 161), który na podstawie informacji uzyskanych z układu detekcji zmian mumifikacyjnych 150 dostarcza nasiono 1 do odpowiedniego zbiornika odbiorczego 163, 164, 165. Zbiornik 163 jest przeznaczony dla nasion zdrowych, które należy wysiewać. Zbiornik 164 jest przeznaczony dla nasion uszkodzonych w stopniu wykluczających ich przydatność do wysiewu. Zbiornik 165 jest przeznaczony dla nasion o wątpliwej jakości, do ewentualnej decyzji eksperta lub zagospodarowania w innym celu.

## Zastrzeżenia patentowe

1. System do automatycznej skaryfikacji i oceny żywotności nasion, **znamienny tym**, że zawiera zbiornik wejściowy (102) nasion, połączony z początkiem toru przebiegu nasiona przez system zawierający ustawione kolejno elementy: podajnik (103), układ detekcji długości i orientacji (110), układ zmiany orientacji (120), układ pozycjonowania (135), chwytak (132), skaryfikator (142), układ detekcji zmian mumifikacyjnych (150), sortownik (162) stanowiący koniec toru i połączony ze zbiornikami nasion (163, 164, 165).
2. System według zastrz. 1, **znamienny tym**, że elementy toru przebiegu nasiona przez system są przystosowane do działania względem siebie w sposób sekwencyjny lub równoległy.
3. System według zastrz. 1, **znamienny tym**, że układ pozycjonowania (135) zawiera sterowany mechanizm obrotowy i krzywkę (136a), której obrót ustala pozycję nasiona lub sterowany przesuwany element pozycjonujący (136b).
4. System według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że układ detekcji długości i orientacji (110) zawiera kamerę wizyjną (112) i źródło światła (113), działające w sposób ciągły lub synchronicznie z kamerą (112).

5. System według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że układ zmiany orientacji (120) zawiera kanał wlotowy (122), mechanizm obrotowy (125), zapadkę (126) oraz kanały wylotowe (123, 124).
6. System według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że chwytak (132) ma formę układu automatycznej regulacji z elementem wykonawczym w postaci co najmniej dwóch sterowanych, korzystnie elektromagnetycznie, ramion zakończonych jednostronnie uchwytem przystosowanym do obejmowania części nasiona (1).
7. System według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że skaryfikator (142) posiada dwa noże przesuwne (143a) lub obrotowe (143b).
8. System według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że układ detekcji zmian mumifikacyjnych (150) zawiera matrycową kamerę wizyjną (152), źródło światła (153), przystosowane do działania w sposób ciągły lub sterowany synchronicznie z kamerą (152), oraz układ przetwarzania (154), realizujący stały lub adaptacyjny algorytm wyznaczania stopnia żywotności, zawierający interfejs akwizycji sygnału wizyjnego z kamery (152), który jest przystosowany do podawania na podstawie tego sygnału informacji określającej żywotność nasiona.
9. System według zastrzeżenia 8, **znamienny tym**, że zawiera wiele chwytaków, umożliwiających równoległą pracę skaryfikatora (142), układu detekcji zmian mumifikacyjnych (150) i układu sortowania (162).
10. Sposób automatycznej skaryfikacji i oceny żywotności nasion, **znamienny tym**, że:
  - dostarcza się (401) nasiona za pomocą układu podającego, po czym dla poszczególnych nasion:
    - mierzy się (402) długość DL i wykrywa się orientację nasiona określoną jako PRAWIDŁOWA lub NIEPRAWIDŁOWA za pomocą układu detekcji długości i orientacji (110);
    - orientuje się (403) nasiono za pomocą układu zmiany orientacji (120);
    - pozycjonuje się nasiono (404) i podaje się je chwytakiem (132) do skaryfikatora (142);
    - skaryfikuje się (405) nasiono za pomocą skaryfikatora (142);
    - ocenia się (406) żywotność nasiona za pomocą układu detekcji zmian mumifikacyjnych (150);
    - sortuje się (407) nasiona za pomocą sortownika 162, z którego podaje się nasiona do zbiorników nasion (163, 164, 165).
11. Sposób według zastrzeżenia 10, **znamienny tym**, że podczas pomiaru (402) długości i wykrywania orientacji nasiona mierzy się długość nasiona DL oraz wyznacza się jego orientację określaną jako PRAWIDŁOWA lub NIEPRAWIDŁOWA.
12. Sposób według zastrzeżenia 10, **znamienny tym**, że długość i orientację określa się za pomocą co najmniej jednej z następujących metod:
  - podczas wyznaczania (402) długości i orientacji nasiona, którego długość jest większa niż średnica, długość nasiona DL określa się poprzez wskazanie w obrazie dwóch najbardziej odległych punktów PZ, PD należących do obrazu nasiona wzdłuż jego osi symetrii, który to obraz jest odwzorowany przy pomocy kamery;
  - podczas wyznaczania (402) długości i orientacji nasiona, którego średnica jest większa lub zbliżona do długości, jako długość przyjmuje się odległość punktów PZ, PD należących do konturu nasiona, które tworzą prostą możliwie bliską osi symetrii nasiona (1) i jednocześnie są najbardziej odległe od siebie.
13. Sposób według zastrzeżenia 10, **znamienny tym**, że podczas oceny (406) zmian mumifikacyjnych nasiona:
  - pobiera się (301) obraz z kamery;
  - sprawdza się (302), czy skaryfikacja została zakończona;
  - sprawdza się (303), czy nasiono jest obecne;
  - wyznacza się (304) obszar przekroju nasiona;
  - przetwarza się (306) wstępnie cechy;
  - klasyfikuje się (307) nasiono;
  - sprawdza się (308), czy określono żywotność i jeśli tak, to wysyła się (309) komunikat o stanie nasiona, a jeśli nie, to wysyła się (310) komunikat o nierozpoznananiu nasiona.
14. Sposób według zastrzeżenia 10, **znamienny tym**, że wynik pomiaru długości każdego nasiona wykorzystuje się do ustalenia odpowiedniej dla tego nasiona płaszczyzny skaryfikacji, a długość określoną dla nasiona DL wykorzystuje się do pozycjonowania nasiona przed krokiem skaryfikacji (405).



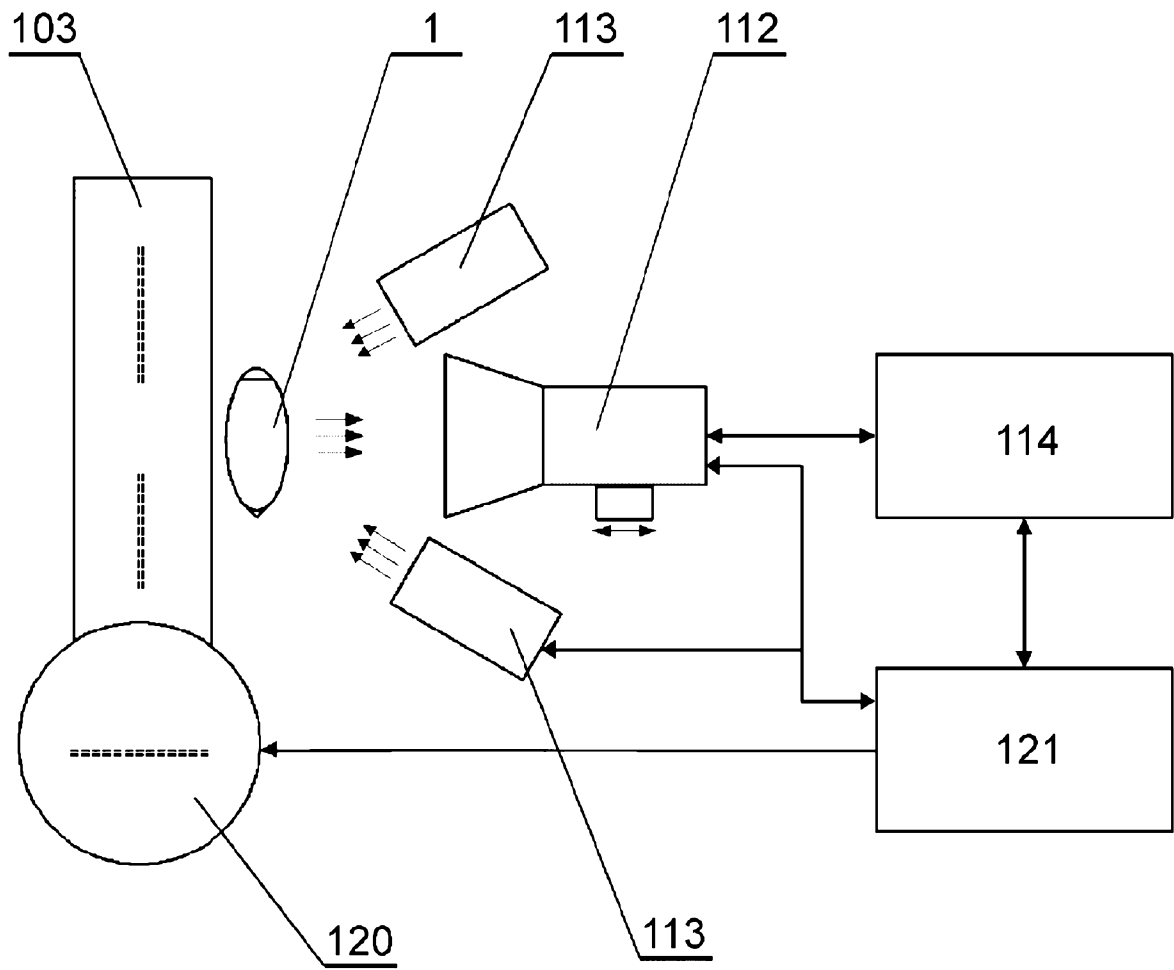


Fig. 2

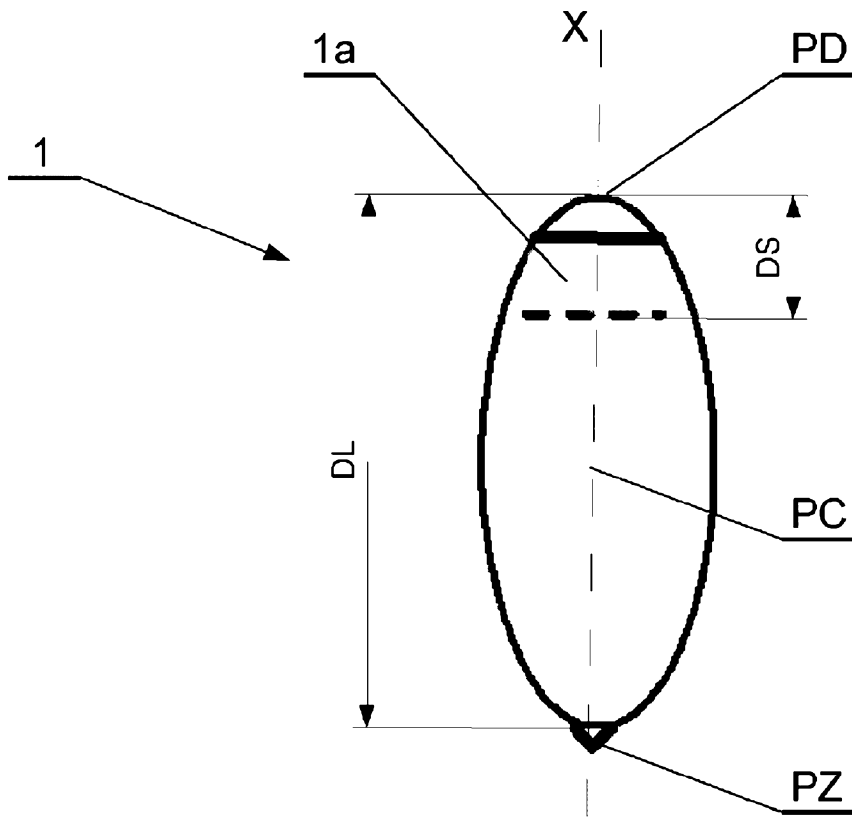


Fig. 3

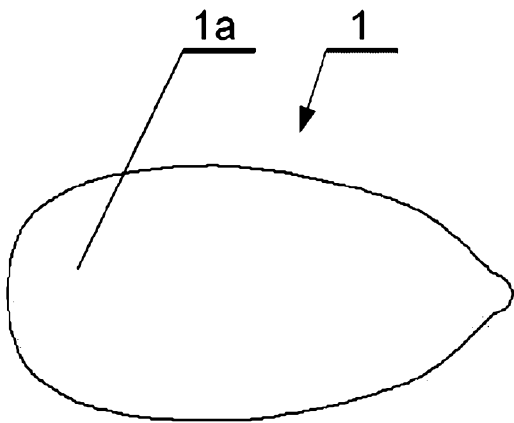


Fig. 4a

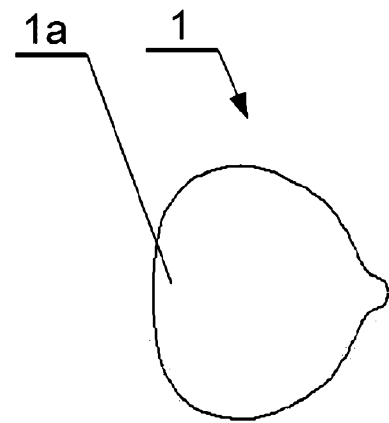


Fig. 4b

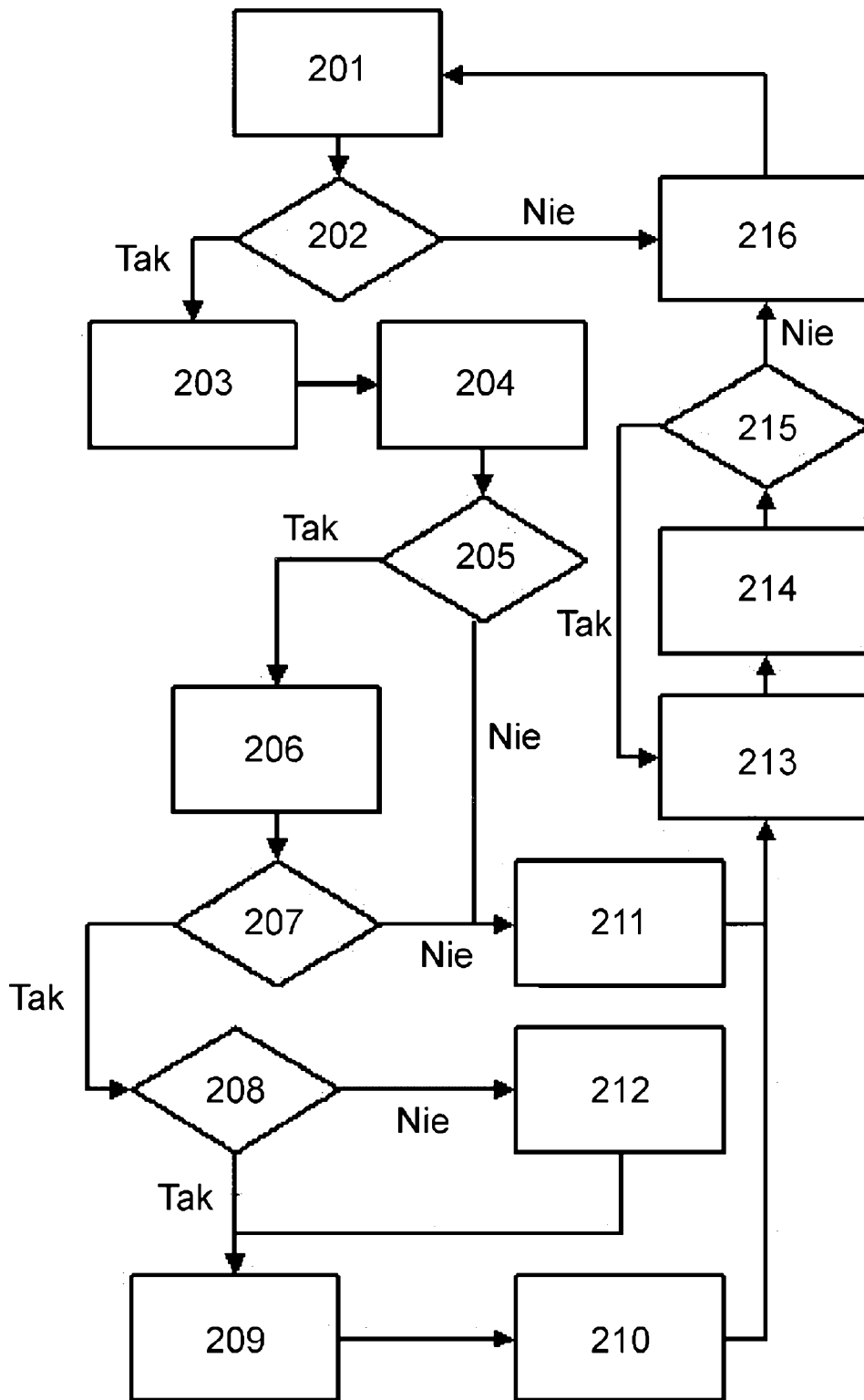
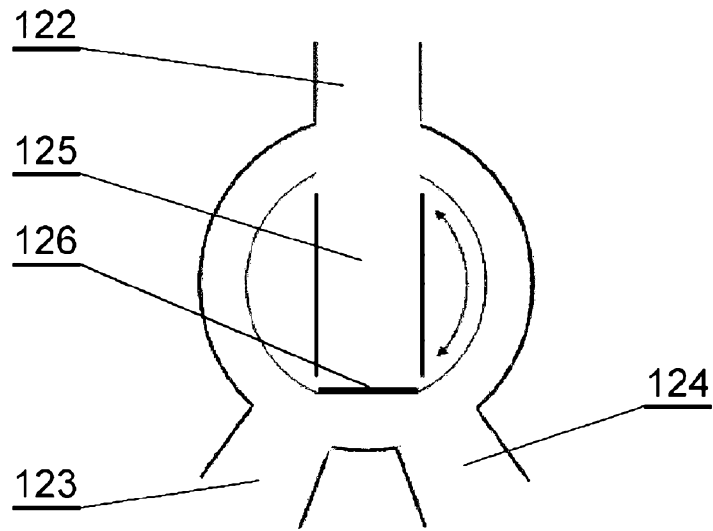
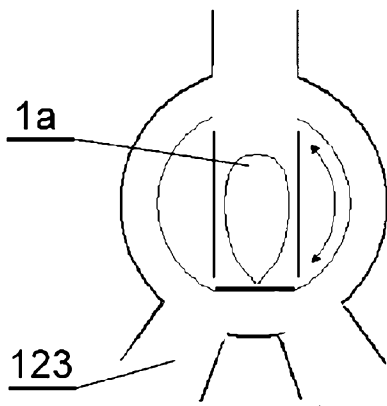


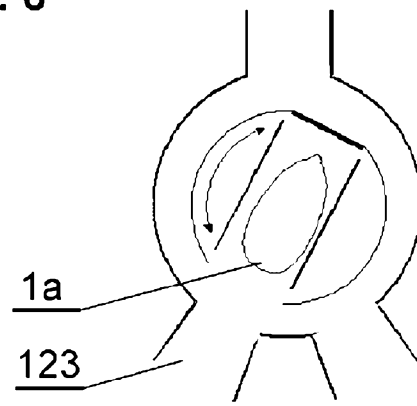
Fig. 5



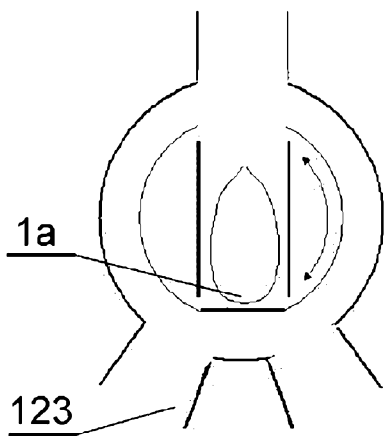
**Fig. 6**



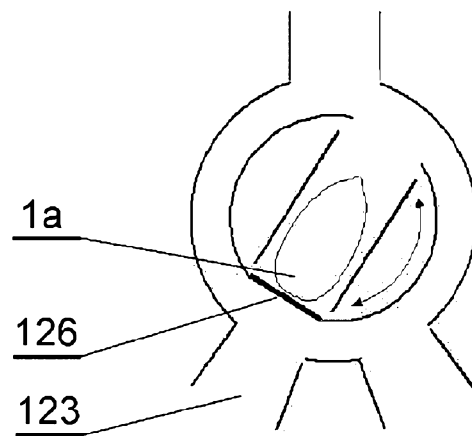
**Fig. 7a**



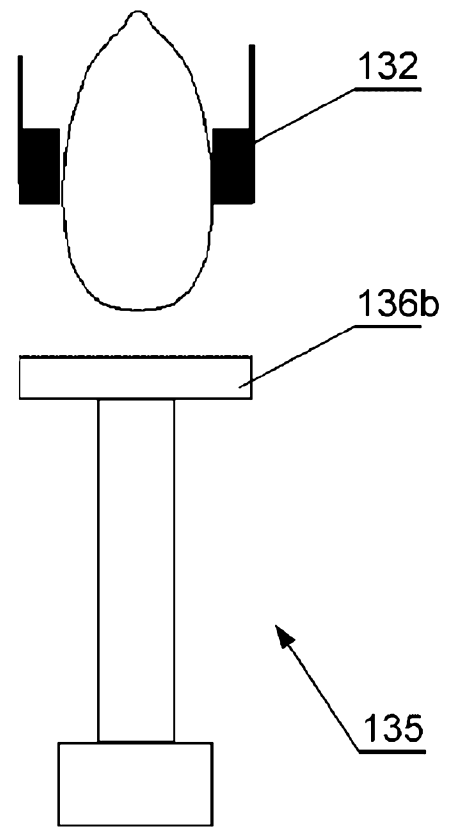
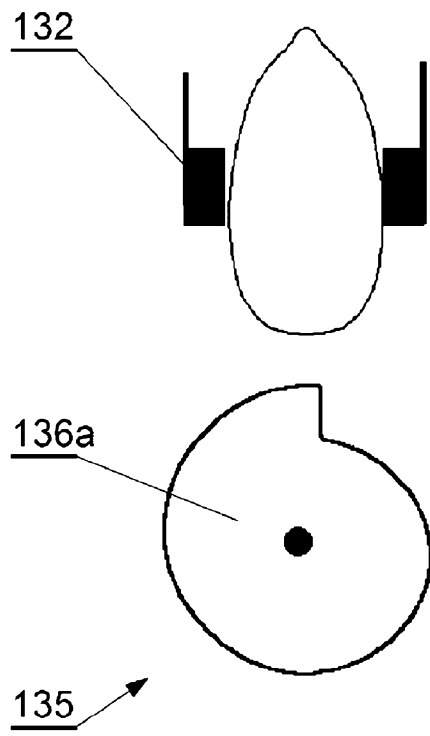
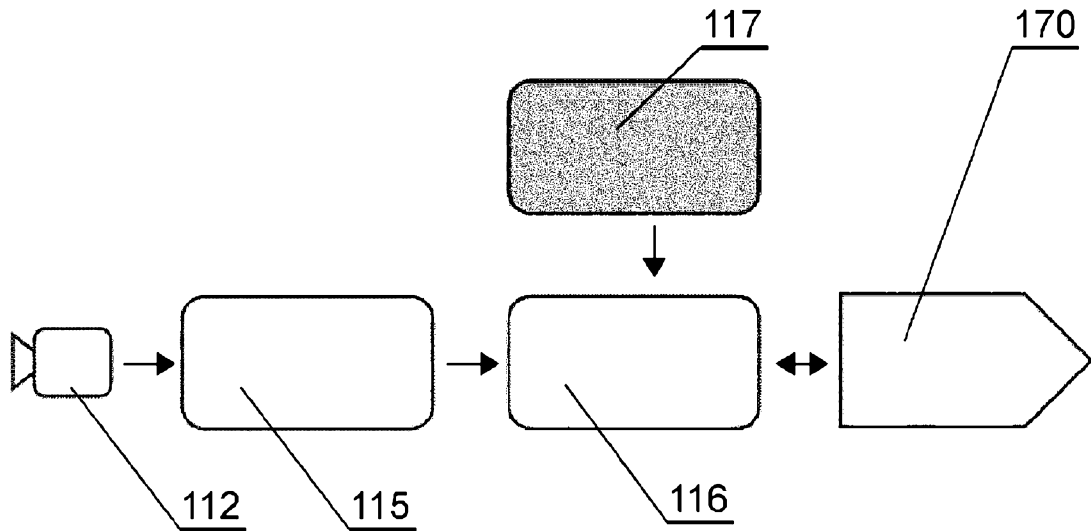
**Fig. 7b**



**Fig. 8a**



**Fig. 8b**



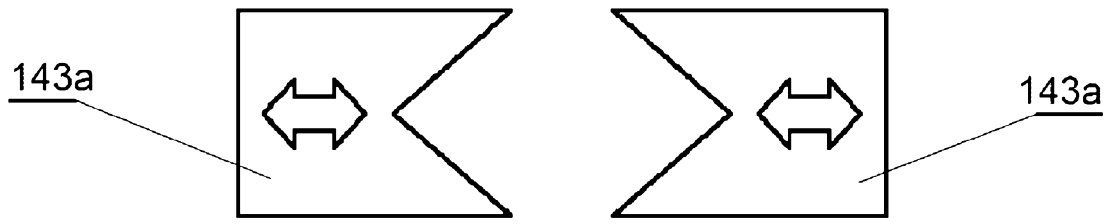


Fig. 11a

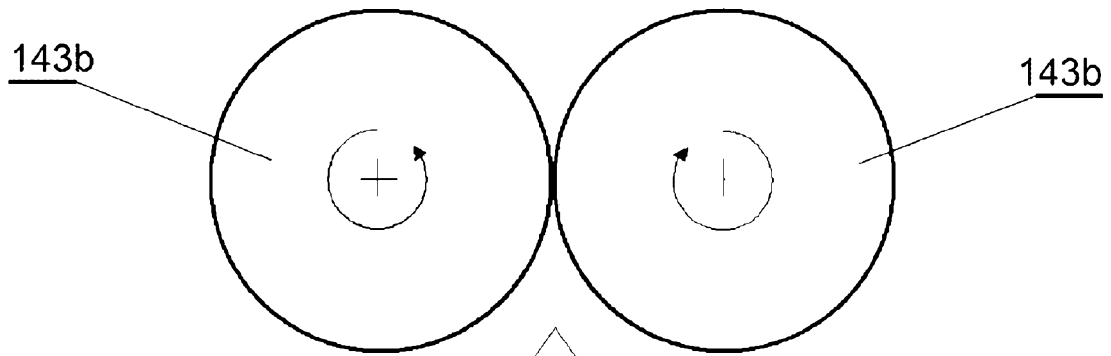


Fig. 11b

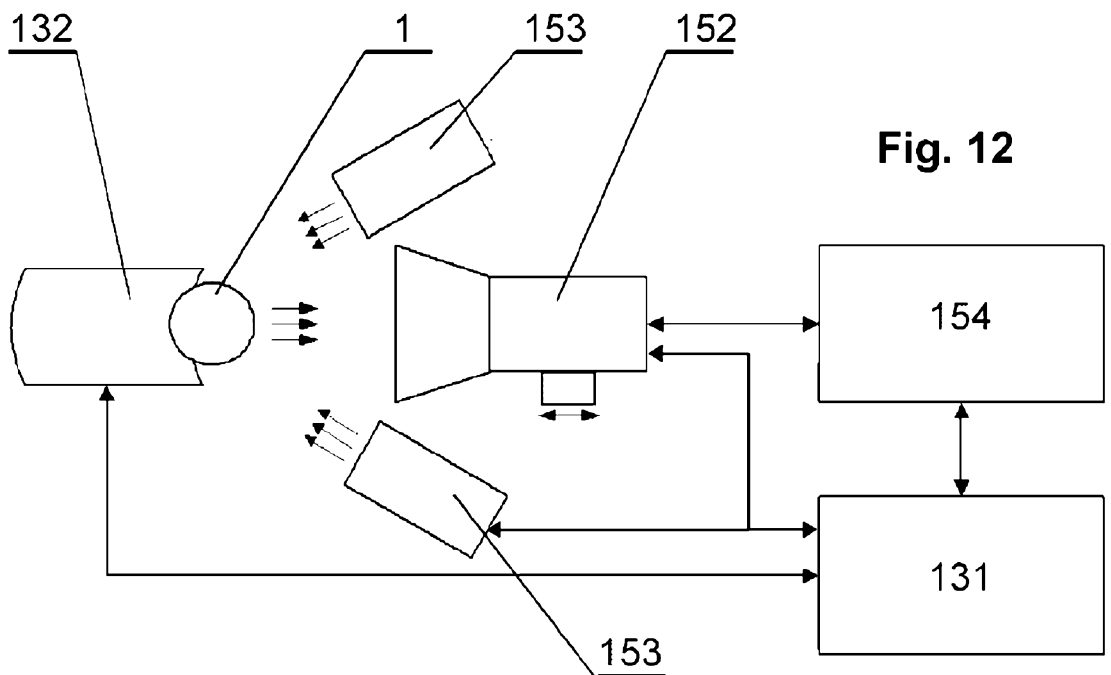


Fig. 12

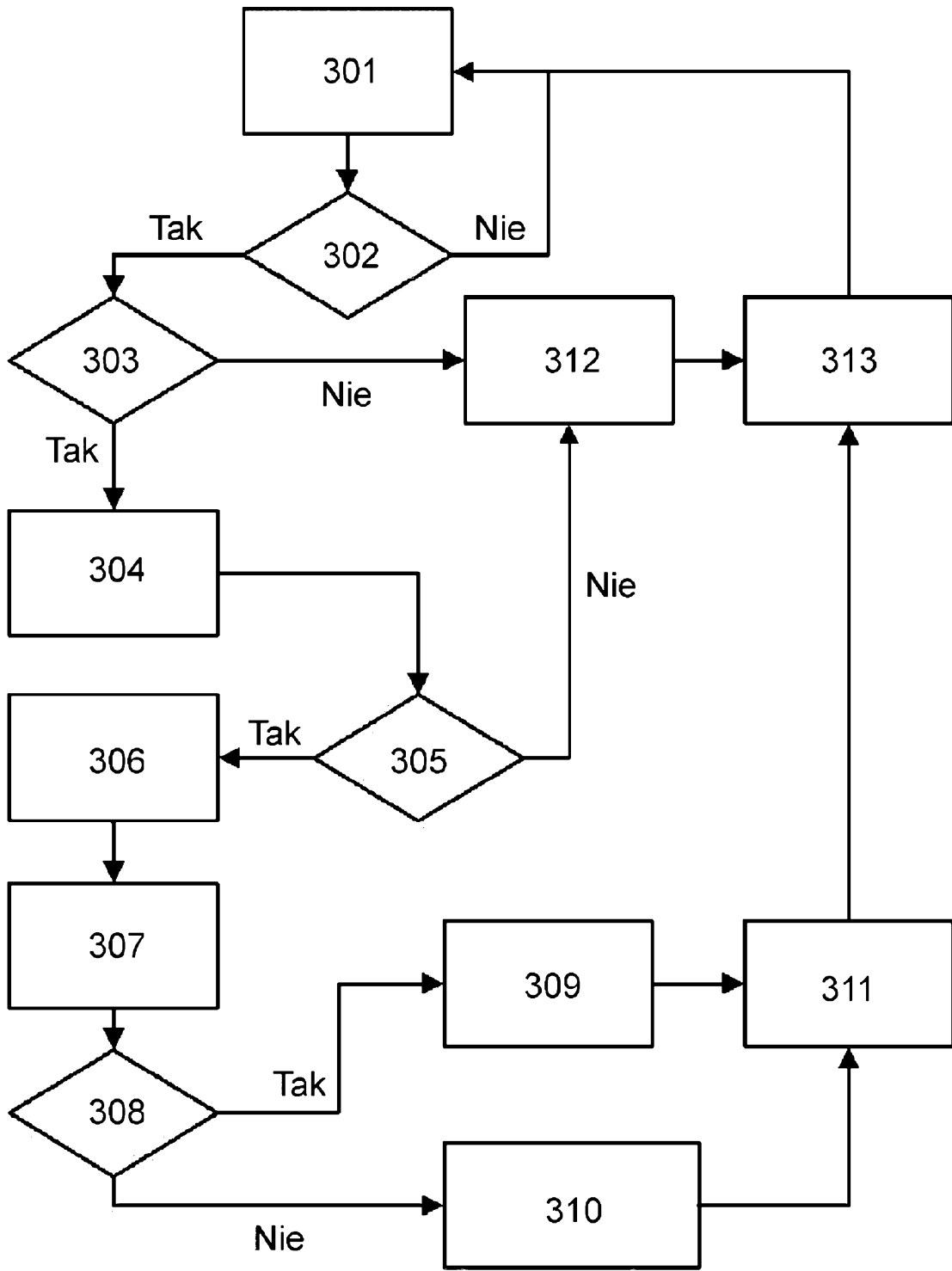
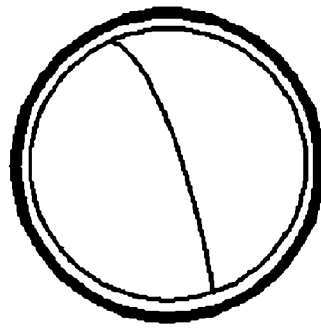
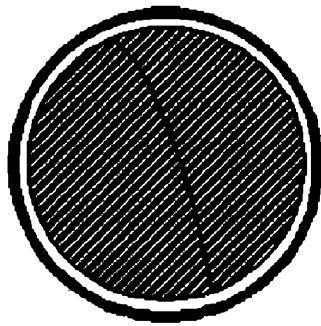


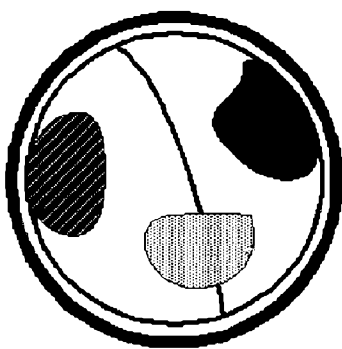
Fig. 13



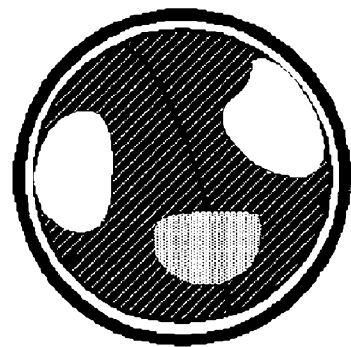
**Fig. 14a**



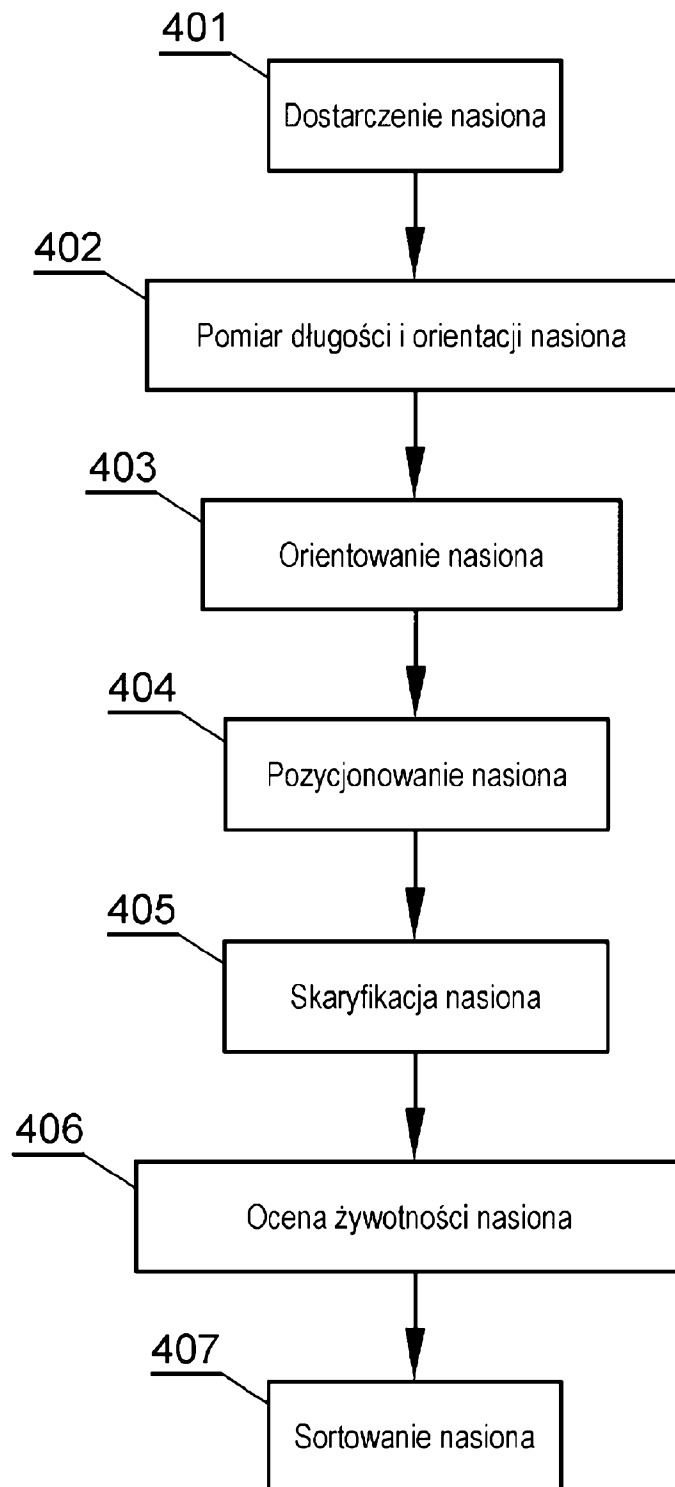
**Fig. 14b**



**Fig. 14c**



**Fig. 14d**

**Fig. 15**

