

Sterowanie napędem zespołu chwytно-pozycjonującego w automacie skaryfikującym nasiona dębu

Tadeusiewicz R., Klocek J., Piłat A., Jabłoński M., Tylek P., Walczyk J., Adamczyk F., Szaroleta M.

Wstęp

Dęby to wspaniałe drzewa, których jednak stale ubywa na skutek różnych procesów: wycinane w celu pozyskania cennego drewna, tracone w wyniku wiatrolomów czy pożarów, niszczone przez czynniki klimatyczne lub gradacje owadów itp. Jest oczywiste, że tracone stare drzewa trzeba zastępować przez odnawianie lasów, które może być naturalne lub sztuczne. Tam, gdzie to jest możliwe, korzystniejsze jest odnawianie naturalne. Jednak w przypadku dębów jest ono niewystraszające. Drzewa te produkują nowe nasiona (żołędzie) nie każdego roku (w warunkach polskich co 5 do 7 lat), a nasiona te, często nawet zaraz po zebraniu, mają wewnątrz zmiany mumifikacyjne i inne formy zepsucia, wykluczające możliwość kiełkowania. Co więcej, nawet te żołędzie, które były zdrowe w momencie zbierania, ulegają szybko porażeniu patogenicznymi grzybami *Ciboria batschiana*, co powoduje, że wiele z nich, mimo prawidłowego siewu – nie wschodzi i nie dostarcza potrzebnych sadzonek. W dodatku żołędzie przed siewem wymagają stałego utrzymywania ich naturalnej wilgotności, a tym samym nie można ich zamrażać celem długoterminowego przechowywania.

Wymienione okoliczności, dokładniej opisane w pracy [1], sprawiają, że od lat poszukiwane są sposoby selekcyjonowania przed siewem tych żołędzi, które są zdrowe, wykiełkują i dostarczą potrzebnych sadzonek, z równoczesną eliminacją tych nasion, które z różnych względów źle roją. Podejmowane próby oparcia tej selekcji na właściwościach mechanicznych żołędzi (rozmiary, proporcje, masa itp.) nie dały rezultatu, ponieważ nie znaleziono żadnej cechy geometrycznej albo biofizycznej całego żołędzia korelującej z jego zdrowotnością i zdolnością do kiełkowania.

W tej sytuacji leśnicy wykonują przed siewem nasion dębu ich skaryfikację, to znaczy obcinają (ręcznie, sekatorem) górny fragment żołędzia, zaglądają do środka w celu wzrokowej oceny jego zdrowotności – i kierują oceniony żołędź do siewu w szkółkach kontenerowych lub do śmietnika. Praca ta jest jednak bardzo uciążliwa fizycznie i psychicznie, a ponadto musi być wykonana w krótkim czasie dla bardzo wielu żołędzi (w latach obfitego plonowania nasion dębów trzeba wymienionym zabiegom poddać kilka milionów żołędzi miesięcznie), więc dość naturalny był pomysł, żeby opisany proces zautomatyzować.

Automat opisany w niniejszej pracy powstał w ramach projektu zatytułowanego „Funkcjonalny model automatu z systemem wizyjnym do skaryfikacji oraz oceny żywotności

Streszczenie: W artykule opisano strukturę i zasadę działania układu sterowania i napędu dla zespołu chwytно-pozycjonującego, będącego częścią automatu przeznaczonego do skaryfikacji i oceny zdrowotności żołędzi. Urządzenie to, zaprojektowane wspólnie przez specjalistów z Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie oraz inżynierów z AGH z Krakowa, PIMR z Poznania i zbudowane przez pracowników dwóch firm: OPTISTER z Krakowa i PROMAR z Poznania, ma za zadanie zwiększyć liczbę uzyskiwanych sadzonek dębów poprzez eliminację nasion nierokujących nadziei na to, że z nich wyrosną potrzebne sadzonki. Opis celu i zasady działania automatu był przedmiotem innych prac, cytowanych w wykazie literatury, natomiast w niniejszej pracy opisano wspomniany wyżej szczegółowy fragment rozważanej konstrukcji, a mianowicie układ sterowania i napędu dla zespołu chwytно-pozycjonującego. Prezentowane rozwiązanie zawiera interesujące nowatorskie rozwiązania konstrukcyjne, może więc zainteresować czytelników zajmujących się budową urządzeń chwytно-pozycjonujących o podobnym lub innym przeznaczeniu.

Abstract: In paper the new gripping-positioning unit drive control in an automaton scarifying oak seeds is described and discussed. Such automaton was designed by specialists from Agricultural University in Krakow with engineers from AGH University of Science and Technology in Krakow and PIMR in Poznan. Discussed in presented paper part of scarifying automaton (the gripping-positioning unit with drivers and automatic control) was built in two factories: OPTISTER from Krakow and PROMAR from Poznan. Whole automaton is dedicated for increasing number of oak seeds by means of eliminating form sowing process acorns which are damaged in any form. This automatic selection can be very effective and fast, in contrast to manual processing performed up to day. The whole description of design and construction of considered automaton was given in previous publications by authors, listed in bibliography.

żołędzi na podstawie automatycznego rozpoznawania topografii zmian mumifikacyjnych”. Badania finansowane były z grantu

reklama

PBS3/A8/34/2015 przyznanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach Programu PBS i realizowane były przez konsorcjum, w skład którego wchodziły następujące instytucje:

- Wydział Leśny Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie (pełniący rolę Lidera Konsorcjum);
- Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie;
- Katedra Automatyki i Inżynierii Biomedycznej AGH im. S. Staszica w Krakowie;
- Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych w Poznaniu;
- Przedsiębiorstwo Wielobranżowe „PROMAR” w Poznaniu.

Opisane w tym artykule układy automatyki i cyfrowe sterowniki wykonała firma OPTISTER z Krakowa. Badania finansowane były z grantu PBS3/A8/34/2015 przyznanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach Programu PBS.

Ogólna struktura automatu

Struktura zbudowanego i poddawanego badaniom automatu opisana była w wielu pracach, między innymi w artykułach [2] i [3], a także w opisach patentowych [4] i [5]. Jednak w większości dotychczasowych publikacji w centrum uwagi autorów były dwa komputerowe systemy wizyjne, stanowiące elementy kontrolno-pomiarowe rozważanego automatu (patrz rys. 1).

Zostały one opisane między innymi w pracach [6] i [7]. W tym artykule natomiast opisano, jak zostały zaprojektowane i wykonane układy sterowania oraz elementy napędowe rozważanego automatu. Przy tworzeniu tego projektu i opisywanej konstrukcji zastosowana została metodyka opisana w pracach [8], [9] i [10].

Działanie rozważanego automatu można opisać następująco: nasiono podawane wibracyjnie przez podajnik trafia na przenośnik, gdzie jest skanowane przez pierwszy system wizyjny w celu uzyskania informacji o jego długości i orientacji. W przypadku niewłaściwej orientacji żołądza (gdy byłby on skaryfikowany od niewłaściwej strony) – żołądz jest obracany przez orientator. Ta część prototypu automatu pokazana jest na rysunku 2.

Gdy nasiono zostanie stosownie zorientowane, jest pozycjonowane (z uwzględnieniem wyniku automatycznego pomiaru jego długości) i pochwytywane. Ta część automatu uwidoczniiona jest w dolnej części rysunku 3.

Następnie nasiono poddawane jest procesowi skaryfikacji przez wirujące noże osłonięte pomarańczowymi osłonami (jako elementy potencjalnie niebezpieczne dla personelu obsługującego automat) oraz kierowane jest do automatycznej oceny zdrowotności przez kolejny system wizyjny. Na podstawie uzyskanego wyniku oceny jest poddawane sortowaniu – trafia albo

do pojemnika żołądzy przeznaczonych do wysiewu albo do pojemnika żołądzy przeznaczonych do wyrzucenia. Widok całego prototypu automatu przedstawia rysunek 4. Duże naczynie po prawej stronie to wibracyjny podajnik nasion.

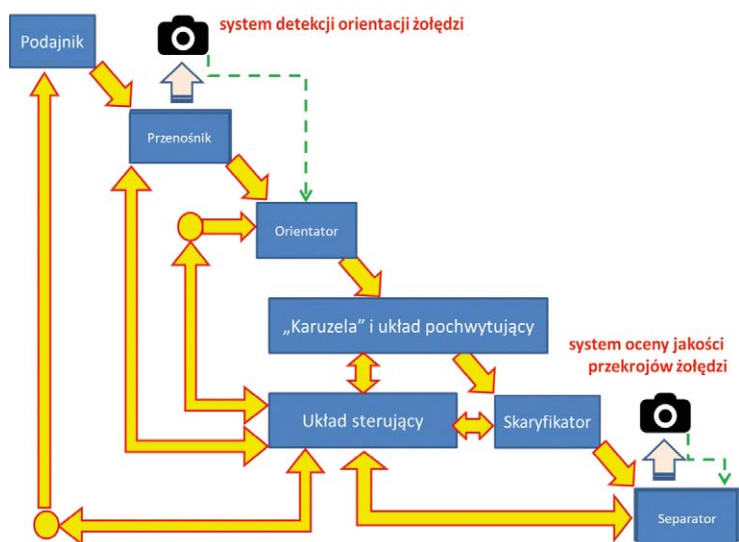
Praca automatu

Praca automatu jest wykonywana cyklicznie. Głównym podzespołem automatu jest tzw. „karuzela”, czyli ramię obrotowe, na którym umieszczony jest zespół pochwytyjący (rys. 5). Przeciwwaga została stosownie dobrana, aby równoważyć ciężar zespołu pochwytyjącego, którego elementem wykonawczym jest chwytak elektromagnetyczny. Ponieważ wymaga on zasilania, a ruch obrotowy jest wykonywany w pełnym zakresie, zastosowano pierścienie ślizgowe w celu przekazania sterowania do siłownika elektromagnetycznego. Sterowanie położeniem karuzeli może się odbywać w łańcuchu otwartym automatyki ze względu na zastosowanie silnika krokowego. Jednakże ze względu na precyzję pozycjonowania oraz możliwości wystąpienia sytuacji awaryjnych, w których ingerencja ze strony obsługi będzie nieodzowna i może zakończyć się dowolnym zlokalizowaniem ramienia, zastosowano na wale silnika enkoder o rozdzielczości 0,35°. Sygnał z enkodera zastosowano do zrealizowania sprzężenia zwrotnego dla regulatora pozycjonującego ramię „karuzeli”.

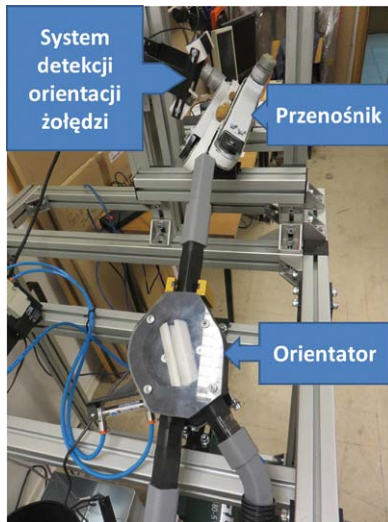
W pracy automatu można wyróżnić kilka pozycji, w których ramię musi być zatrzymane.

W ruchu obrotowym można wyróżnić 6 stanów, w których musi się znaleźć ramię karuzeli (rys. 6). W stanie P ramię jest zatrzymywane, gdyż w tym miejscu nasiono jest podawane do układu pozycjonująco-chwytnego. Przez punkt S ramię przemieszcza się z największą możliwą prędkością, gdyż tamże dokonywana jest skaryfikacja. Kolejno ramię jest zatrzymywane nad punktem D, gdzie dokonywana jest detekcja zmian mumi-fikacyjnych. Kolejno ramię przemieszcza się nad zbiornikami odbiorczymi Z1, Z2, Z3 (nad którymi może być zatrzymane) i zwalniane jest nasiono, realizując tym samym algorytm sortowania.

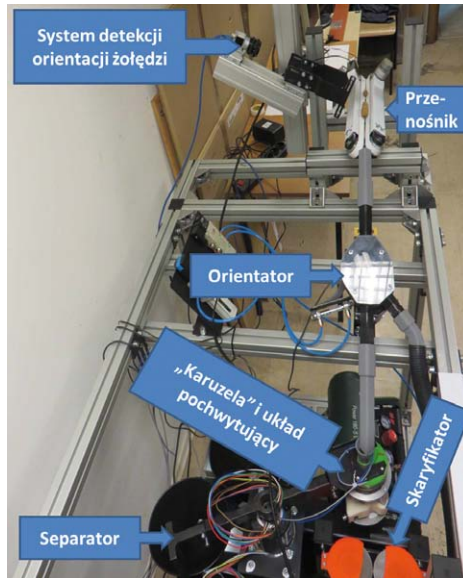
Zespołem napędowym i pozostałymi elementami wykonawczymi automatyki



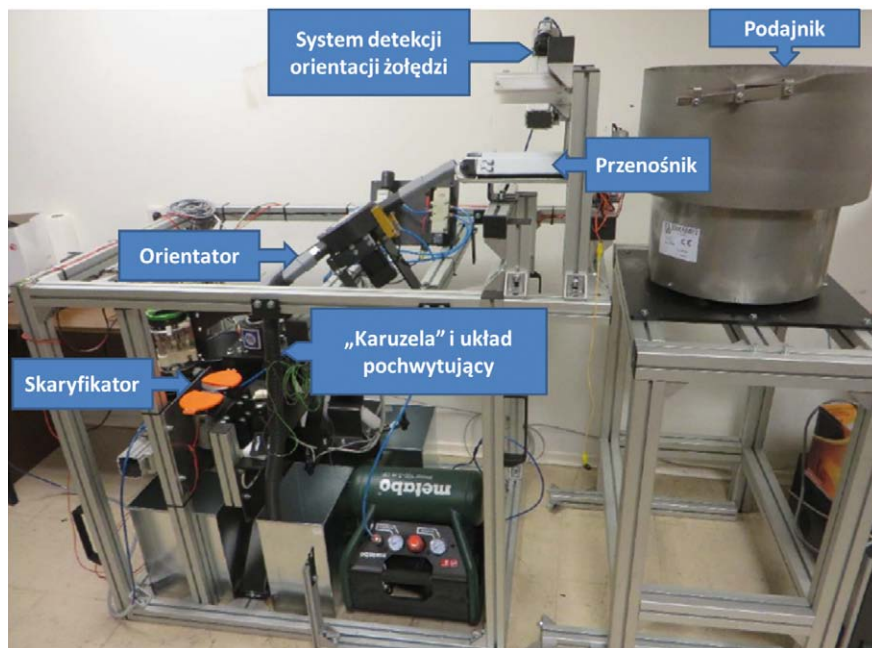
Rys. 1. Ogólny schemat omawianego automatu



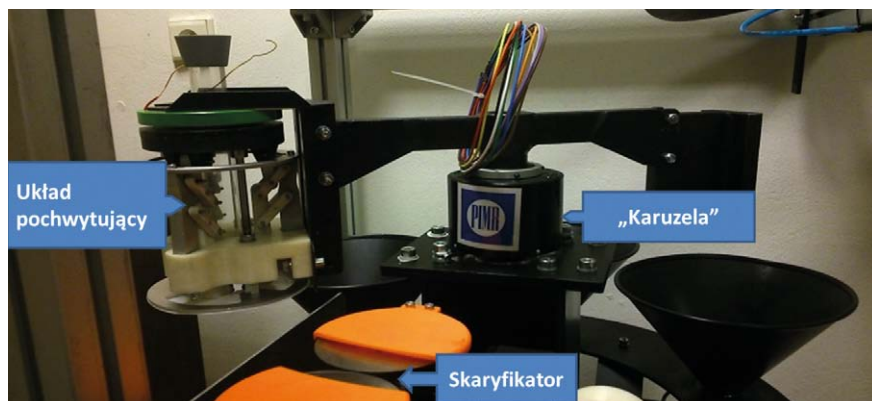
Rys. 2. Pierwsza część struktury prototypu opisywanego automatu



Rys. 3. Widok prototypu automatu w części obejmującej także „karuzelę” i skaryfikator



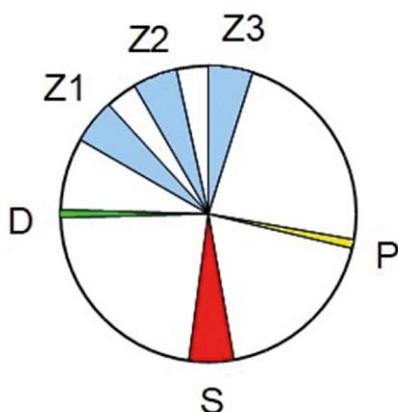
Rys. 4. Widok całości prototypu automatu



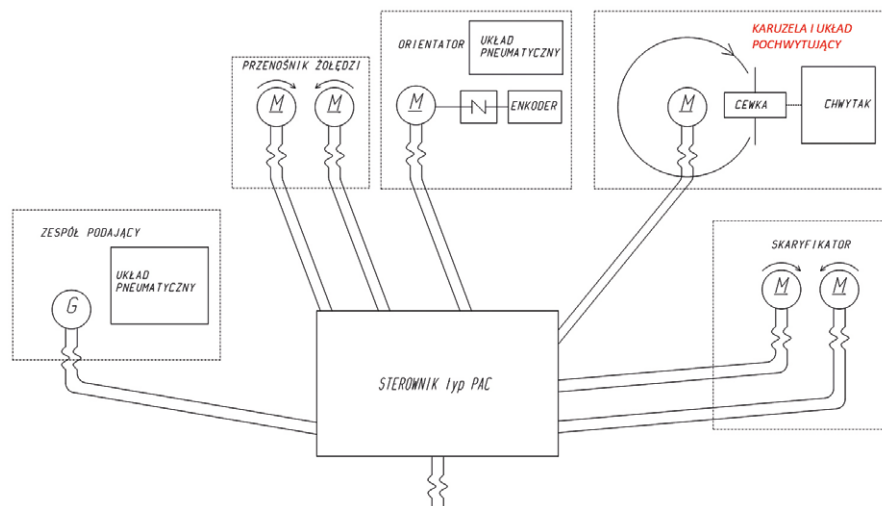
Rys. 5. Fotografia „karuzeli” jako elementu stanowiska badawczego z innej perspektywy

reklama

reklama



Rys. 6. Strefy pozycjonowania ramienia



Rys. 7. Ogólny schemat układu sterowania

steruje sterownik PAC (ang. *Programmable Automation Controller*), który jest przemysłowym sterownikiem automatyki i umożliwia realizację różnych zadań pomiarowych i sterowania (rys. 7).

Modułowa konstrukcja sterownika PAC pozwala na stosowanie go do różnych zastosowań. W tym przypadku jego konfiguracja obejmuje moduły: wejść/wyjść analogowych, przetwarzania A/C, wejść/wyjść cyfrowych, komunikacji i przetwarzania sygnałów, mocy (wyjścia PWM), zasilania. W celu realizacji sterowania położeniem karuzeli wykorzystano wejścia cyfrowe z funkcjonalnością pomiaru sygnałów z enkoderów oraz moduł mocy, do bezpośredniego sterowania silnikiem krokowym. Moduł komunikacyjno-obliczeniowy przetwarza sygnały otrzymywane z nadrzędnego komputera sterującego, które zmieniają fazę pracy automatu: start/stop, podają długość nasiona, podają wynik oceny żywotności. Wbudowany w sterownik automat realizuje cykl pracy, sterując odpowiednio silnikiem krokowym. Widok zbudowanego i wykorzystanego sterownika przedstawia rysunek 8.

Sterowanie napędem karuzeli jest realizowane poprzez równoległe wykonywanie zadań pomiarowych i sterujących. Modułowa architektura sterownika sprawia, że zadania są przypisane do poszczególnych modułów. Sterowanie jest realizowane w czasie rzeczywistym na platformie sterownika i jest

gwarantowane przez zegary sprzętowe generujące stosowne przerwania do obsługi zdarzeń. Moduł wejść/wyjść cyfrowych, do którego podłączony jest enkoder, zawiera własny procesor, który rejestruje zbocza generowane przez enkoder, oraz ma zrealizowaną procedurę antyhazardową, gwarantującą eliminację zakłóceń. Wartość przemieszczenia kąтового jest zapisywana w rejestrach modułu.

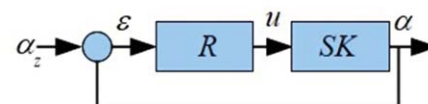
Moduł mocy zasilający silnik jest wyposażony w procesor generujący impulsy sterujące bezpośrednio silnikiem krokowym. Moduł ten realizuje sterowanie w łańcuchu otwartym automatyki, po otrzymaniu polecenia o wykonaniu określonej liczby kroków z głównego modułu komunikacyjno-obliczeniowego. Można zauważyć, że procesy obsługi enkodera i generowania impulsów sterujących wykonywane są niezależnie, równoległe i z wykorzystaniem odrębnych mikrokontrolerów. Nad jakością sterowania i prawidłowym pozycjonowaniem czuwa regulator proporcjonalny, wbudowany w moduł komunikacyjno-obliczeniowy. Pętla regulacji jest wykonywana według schematu przedstawionego na rysunku 9 z zastrzeżeniem, że sterowanie jest wyłącznie dodatnie, tzn. karuzela nie może zmienić kierunku obrotu.

Pętla regulacji w module komunikacyjno-obliczeniowym jest wykonywana permanentnie i gwarantuje korektę

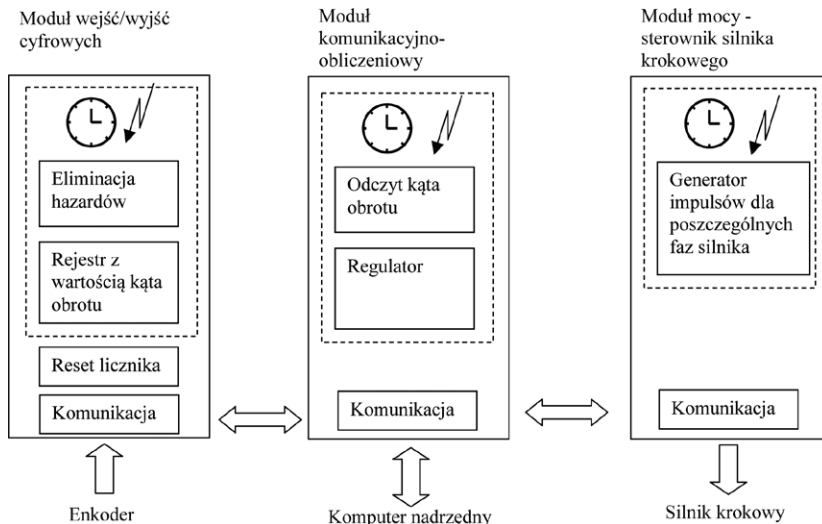
sterowania np. wskutek zgubienia kroku (np. w wyniku wystąpienia nadmiernego obciążenia), manualnego przestawienia ramienia, precyzyjne pozycjonowanie w punktach pochwyty (P) i detekcji (D), zabezpiecza ramię przed zmianą kierunku ruchu (zwłaszcza w fazie skaryfikacji (S)) wskutek nadmiernego obciążenia. Start i zatrzymanie silnika



Rys. 8. Przemysłowy sterownik automatyki (PAC) wraz z komputerem przemysłowym



Rys. 9. Schemat układu regulacji



Rys. 10. Schemat zadań poszczególnych modułów automatu

odbywają się w jednym kroku. Silnik porusza się ze stałą prędkością obrotową, a stosownie dobrana częstotliwość sygnału PWM, sterującego uzwojeniami silnika, gwarantuje odpowiedni moment dla ruchu obrotowego, jak i w monecie zatrzymania dla realizacji zadań pochwyty i detekcji. Zestawienie zadań poszczególnych modułów automatu przedstawiono schematycznie na rysunku 10.

Uwagi końcowe

Powyższy opis przedstawia rozważany automat w takim stanie, w jakim znajdował się on w momencie pisania artykułu, to znaczy we wrześniu 2017 roku. Ponieważ jednak budowa automatu ma charakter zadania badawczego – jest możliwe, że kolejne prace wprowadzą do jego struktury różne zmiany i modyfikacje. Niemniej ogólny schemat i zasada działania pozostaną niezmiennie.

Literatura

- [1] TYLEK P., JABŁOŃSKI M., PIŁAT A., ADAMCZYK F., WALCZYK J., TADEUSIEWICZ R., SZCZEPANIAK J.: *A robot model for mechanical acorn scarification*. Reforestation challenges – 2nd International Scientific Conference, 2016.
- [2] TYLEK P., WALCZYK J., TADEUSIEWICZ R., PIŁAT A., JABŁOŃSKI M.: *Określenie funkcjonalności oraz warunków granicznych automatu z systemem*

- wizyjnym do skaryfikacji oraz oceny żywotności żołądki*. W materiałach konferencji naukowej „Biologia i technologia w nasiennictwie drzew i krzewów”, Boguckie Wydawnictwo Naukowe, Poznań 2015.
- [3] ADAMCZYK F., SZCZEPANIAK J., FRĄC-KOWIAK P., TYLEK P., WALCZYK J., JULISZEWSKI T., KIEŁBASA P., JABŁOŃSKI M., PIŁAT A., TADEUSIEWICZ R.: *Model automatycznego urządzenia do skaryfikacji i oceny zmian chorobowych żołądki*. Materiały VIII Międzynarodowej Konferencji Naukowej „Użytkowanie maszyn rolniczych i leśnych – badania naukowe i dydaktyka”, Zakopane 2017.
- [4] TADEUSIEWICZ R., JABŁOŃSKI M., PIŁAT A., MIKRUT Z., TURNAU A., PRZYBYŁO J., KŁOCEK J., WALCZYK J., TYLEK P., JULISZEWSKI T., KIEŁBASA P., SZCZEPANIAK J., ADAMCZYK F., FRĄC-KOWIAK P., WĄCHALSKI G.: *System do automatycznej skaryfikacji i oceny żywotności nasion oraz sposób automatycznej skaryfikacji i oceny żywotności nasion*. Wniosek do Urzędu Patentowego RP nr P-414 969 z mocą od dnia 2015-11-29.
- [5] TADEUSIEWICZ R., JABŁOŃSKI M., MIKRUT Z., PRZYBYŁO J., PIŁAT A., TURNAU A., KŁOCEK J., WALCZYK J., TYLEK P., JULISZEWSKI T., KIEŁBASA P., SZCZEPANIAK J., ADAMCZYK F., FRĄC-KOWIAK P., WĄCHALSKI G.: *A system for automatic scarification and assessment of vitality of seeds and a method for*

- automatic scarification and assessment of vitality of seeds*, Application to the European Patent Office, EP15196982.1, 2015.
- [6] GRABSKA-CHRZASTOWSKA J., KWIECIEŃ J., DROŻDŻ M., BUBLIŃSKI Z., TADEUSIEWICZ R., SZCZEPANIAK J., WALCZYK J., TYLEK P.: *Comparison of selected classification methods in automated oak seed sorting*. „Journal of Research and Application in Agricultural Engineering” 62(1)/2017.
- [7] PAWLIK P., JABŁOŃSKI J., BUBLIŃSKI Z., TADEUSIEWICZ R., JULISZEWSKI T., TYLEK P., ADAMCZYK F.: *Use of Harris detector for determination of orientation of acorns in the process of automated scarification*. „Journal of Research and Application in Agricultural Engineering” 62(1)/2017.
- [8] PIŁAT A., KŁOCEK J.: *Modułowa aparatura do zadań diagnostyki i sterowania*. „PAR Pomiary Automatyka Robotyka” 2/2011.
- [9] PIŁAT A., KŁOCEK J.: *Programmable Analog Hard Real-Time Controller*. „Przegląd Elektrotechniczny” 3a/2013.
- [10] PRZYBYŁO J., JABŁOŃSKI M., POCIECHA D., TADEUSIEWICZ R., PIŁAT A., WALCZYK J., KIEŁBASA P., SZCZEPANIAK J., ADAMCZYK F.: *Application of model-based design in prototyping of algorithms for experimental acorn scarification rig*. „Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering” 62(1)/2017.

- prof. dr hab. inż. Tadeusiewicz Ryszard – AGH w Krakowie;
mgr inż. Kłoczek Jakub – firma OPTISTER;
dr hab. inż. Piłat Adam – AGH w Krakowie;
dr inż. Jabłoński Mirosław – AGH w Krakowie;
dr hab. inż. Tylek Paweł – Uniwersytet Rolniczy w Krakowie;
prof. dr hab. inż. Walczyk Józef – Uniwersytet Rolniczy w Krakowie;
dr hab. inż., prof. nadzw. Adamczyk Florian – Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych w Poznaniu;
mgr inż. Szaroleta Michał – Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych w Poznaniu