

DOBÓR TECHNOLOGII A KOSZTY W PROCESIE PRODUKCJI PODZESPOŁU PRZEKŁADNI ŚLIMAKOWEJ ROZRZUTNIKA OBORNIKA

Streszczenie

W niniejszej pracy przedstawiono stosowane w praktyce zakładów produkcyjnych technologie wytwarzania celowo dobranego podzespołu przekładni ślimakowej, które w znacznym stopniu determinują koszty produkcji wyrobu złożonego. Takie postępowanie ma na celu ukazanie jak istotny wpływ na koszty produkcji wyrobu złożonego wywierają poszczególne - wchodzące w jego skład - podzespoły.

Słowa kluczowe: przekładnia ślimakowa, koło przekładni, ślimacznicza, technologia wytwarzania, koszty produkcji

Wprowadzenie

Warunki gospodarki rynkowej i dokonujące się zmiany w systemie społecznym i gospodarczym kraju spowodowały przeobrażenia na rynku maszyn rolniczych. Informacje, pracownicy, materiały, produkty, kapitał przemieszczają się po całym świecie w coraz większych ilościach i z coraz większą szybkością. Globalna wzmożona konkurencja może zagrozić krajowym producentom, jeżeli nie będą dostatecznie szybko dostosowywać się do rynku, nie będą produkować tanio produktów charakteryzujących się wysoką jakością.

Jak zauważa Górski [5] jesteśmy świadkami przełomu cywilizacyjnego, który charakteryzuje się transformacją dotychczasowego społeczeństwa przemysłowego do społeczeństwa informacyjnego, stawiającego w centrum swoich zainteresowań rozwój cywilizacji wiedzy, w wyniku czego - w związku z nienotowanym dotąd rozwojem nauki oraz postępowaniem organizacyjno-technicznym - tworzymy coraz większe zasoby wiedzy usystematyzowanej, coraz więcej jej potrzebujemy i wykorzystujemy. Tymczasem z drugiej strony, wiedza którą potrzebujemy - będąca podstawowym elementem strategii każdej dobrze zarządzanej organizacji - jest coraz mniej dostępna, gdyż zazwyczaj dotyczy rozwiązań innowacyjnych, a te jak wiemy - w wyniku obowiązujących praw własności intelektualnej - są chronione przed wykorzystaniem przez nieuprawnionych. Brak lub niedostępność tej wiedzy powoduje, że wszelkie decyzje mogą być podejmowane w warunkach niepewności i ryzyka, a nieraz dezinformacji i pełnej ignorancji, zwłaszcza gdy podejmujący decyzję nie zna niezbędnych faktów i danych oraz aktualnego stanu, etapów i wyników rozwoju danego zagadnienia w ujęciu globalnym i nie orientuje się nawet w możliwościach własnego racjonalnego działania w tym względzie.

W kontekście powyższego autorzy niniejszej pracy postulują, że istotnym aspektem zarządzania produkcją i sprzedażą nie tylko w ujęciu finansowym, ale również procesowym - na poziomie operacyjnym jest wiedza implikująca efektywność implementacji. W literaturze przedmiotu można znaleźć liczne publikacje przedstawiające coraz bardziej złożone i skomplikowane metody oceny efektywności, co dodatkowo utrudnia analizę tego zagadnienia. Trudności skutkują niejednoznacznością oceny nie tylko opłacalności planowanych inwestycji, ale również efektywności bieżących implementacji. Kadra zarządzająca musi zatem wykorzystywać coraz bardziej skomplikowane narzędzia analityczne wspomagane narzędziami

informatycznymi zarządzania, aby określać skuteczność procesów zachodzących w przedsiębiorstwie bądź w całym logistycznym łańcuchu dostaw.

Wobec powyższego przedsiębiorstwo wytwórcze, działające w sektorze mechanizacji rolnictwa, w każdym przypadku musi prowadzić rzetelny rachunek kosztów oparty na rzeczywistych, a nie katalogowych normach pracochłonności, stosowanych technologiach i wynikającego z nich zużycia surowców. Tylko w taki sposób, przystępując do negocjacji, potrafi oszacować minimalny poziom ceny zapewniający opłacalność, chyba że świadomie obniża ją w celu wejścia na nowy rynek lub nawiązania współpracy z nowym partnerem.

Jako że górny poziom cen na części, podzespoły i gotowe maszyny rolnicze uwarunkowany jest zazwyczaj intensywnością i liczebnością konkurencji w sektorze, przewaga nad konkurentami może wynikać nie tylko z wysokiej jakości produkowanych maszyn, zastosowanych nowoczesnych materiałów i technologii produkcji, nietypowych rozwiązań konstrukcyjnych czy wykończeniowych, ale także z aspektów nie dających się w prosty sposób skwantyfikować, jak trwałe związki z innymi partnerami - reprezentantami sektora poza granicami kraju.

Problem główny, przedmiot i podmiot badań

Główny problem przed, którym stanął wytwórca dotyczył zbyt wysokich kosztów produkcji koła ślimakowego (rys. 1) - podzespołu składającego się na wyrób gotowy w postaci przekładni ślimakowej (rys. 2) wykorzystywanej do przeniesienia napędu taśmy zgrzeblowej w rozrzutniku obornika Fortschritt T-088. Maszyna spełnia wszystkie wymagania norm zharmonizowanych z Dyrektywą Maszynową, tzn. jest bezpieczna, co potwierdzono w toku badań realizowanych w Laboratorium Badawczym Maszyn Rolniczych PIMR.

W związku z zaistniałą sytuacją problemową, jedynym rozsądnym rozwiązaniem było dążenie do zminimalizowania kosztów produkcji podzespołu do poziomu, który w istotny sposób determinował dochodowość w ramach implementacji przekładni.

Na rzecz realizacji celu niniejszego opracowania posłużono się szczególnym rodzajem badania jakościowego, a mianowicie studium przypadku. W związku z tym poddane badaniu przedsiębiorstwo należało świadomie dobrać, kierując się przy tym możliwością uzyskania szczególnego wglądu w jego funkcjonowanie.



Źródło: www.zpcz.pl / Source: www.zpcz.pl

Rys. 1. Koło ślimaka (ślimacznicza) - produkt poddany szczegółowej analizie w kontekście kosztów

Fig. 1. Worm wheel - the product subjected to a thorough analysis in terms of costs



Źródło: www.zpcz.pl / Source: www.zpcz.pl

Rys. 2. Przekładnia ślimakowa - produkt poddany analizie

Fig. 2. Worm drive - the analyzed product

W kontekście powyższego przystępując do realizacji celu postawionego w niniejszym opracowaniu wykorzystano metodę badań jakościowych, która w założeniu miała pozwolić na zauważenie zmiennych i problemów, które zostaną poddane dalszym badaniom. Do analizy wybrano jedno z polskich przedsiębiorstw wytwórczych działające na rynku związanym z mechanizacją rolnictwa.

Zakład, w którym prowadzono badania to dynamicznie rozwijające się krajowe przedsiębiorstwo mające swoją główną siedzibę we Wrześni (województwo wielkopolskie). Jest to przedsiębiorstwo zatrudniające 51 pracowników (w tym 44 pracowników bezpośrednio produkcyjnych), którego proces produkcyjny nakreślony jest na wytwarzanie części zamiennych, podzespołów oraz gotowych maszyn implikowanych dla rolnictwa.

W ramach obserwacji realizowanych przy współudziale właściciela firmy, głównego technologa oraz kierownika produkcji, autorzy niniejszych badań, uzyskali kluczowe - z punktu widzenia przyjętych założeń - informacje.

Przekładnia ślimakowa napędu przenośnika - uwagi wstępne

Przekładnia ślimakowa, o której mowa w niniejszej pracy, stanowi element przeniesienia napędu taśmy zgrzeblowej stosowanej w rozrzutniku obornika Fortschritt T-088. Przekładnia ślimakowa, jest mechanizmem napędowym o wchrowatych osiach. Kąt między osiami wynosi na ogół 90°. Podstawowymi elementami przekładni ślimakowej są ślimak (rys. 3) i koło ślimakowe, zwane także ślimacznicą (rys. 1). Ślimak z wyglądu podobny jest do śruby o gwincie trapezowym i skoku będącym wymiarną częścią liczby n (skok modułowy). Koło ślimakowe natomiast jest kołem walcowym śrubowym o specjalnie ukształtowanym wieńcu. Rozpoznanie przekładni ślimakowych jest spowodowane ich

ważnymi zaletami, jak:

- a) duża powierzchnia przyporu zębów przy ich styku liniowym,
- b) możliwość uzyskania dużych przełożeń,
- c) równomierność przeniesienia ruchu i cichobieżność,
- d) możliwość uzyskania przekładni samohamownej (wiąże się to jednak ze znacznym spadkiem sprawności).

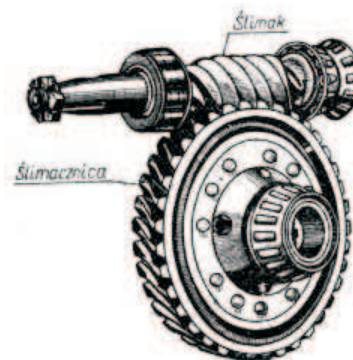


Źródło: www.zpcz.pl / Source: www.zpcz.pl

Rys. 3. Ślimak - podzespół przekładni ślimakowej

Fig. 3. Conveyor screw - the worm drive component

Zasada działania takiej przekładni opiera się na współpracy naciętego ślimaka zazębianego z kołem ślimakowym (rys. 4). Ruch obrotowy ślimaka przypominającego kształtem gwint powoduje ruch obrotowy ślimaczniczy, do której mocowana jest piasta przekładni i dalej mechanizm przenoszący napęd.



Źródło: materiały wewnętrzne firmy Fortschritt
Source: internal materials of the Fortschritt company

Rys. 4. Zasada współpracy naciętego ślimaka zazębianego z kołem ślimakowym

Fig. 4. The principle of cooperation of the slitted conveyor screw meshed with the worm wheel

Do podstawowych wad przekładni ślimakowych należą mała sprawność oraz konieczność stosowania do wykonania ślimacznic drogiej materiałów odpornych na zatarcie. Ogranicza to stosowanie przekładni ślimakowych do napędów o krótkotrwałej pracy.

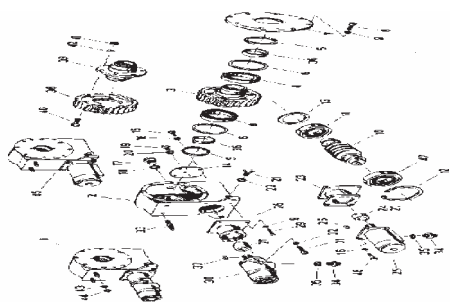
Konstruując przekładnię ślimakową należy zwrócić uwagę na:

- a) znaczne obciążenie osiowe ślimaka i ślimaczniczy,
- b) konieczność intensywnego chłodzenia korpusu przekładni. Mała sprawność przekładni powoduje znaczne nagrzanie się korpusu [6].

Na tym etapie badań przyjęto, że im wyższe są koszty produkcji danego podzespołu składającego się na gotową przekładnię ślimakową, tym większe możliwości ich minimalizowania. Zakładając bowiem, że istnieje możliwość ograniczenia kosztów produkcji danego podzespołu przekładni o 10%, to najbardziej zasadne jest ich zmniejszanie w stosunku do podzespołu, który w znacznym stopniu determinuje koszty produkcji wyrobu złożonego.

W kontekście powyższego dokonano wnikliwej analizy procesu produkcyjnego każdego z 17 podzespołów składającego się na wyrób gotowy; w tym celu każdorazowo przebadano dokumentację technologiczną oraz uczestniczono (obserwacja uczestnicząca) w każdej z wykonywanych operacji technologicznych niezbędnych do jego wytworzenia.

Jako, że koniecznym było uzyskanie informacji dotyczących cen zakupu poszczególnych surowców wykorzystywanych w procesie wytwórczym każdego z podzespołów, stąd dokonano szczegółowej analizy dokumentów będących przedmiotem obrotu pomiędzy wytwórcą i jego dostawcą.



Źródło: materiały wewnętrzne firmy Fortschritt
Source: internal materials of the Fortschritt company

Rys. 5. Przekładnia ślimakowa z silnikiem hydraulicznym - rysunek konstrukcyjny (wersja rozszerzona)

Fig. 5. Fig. 5. Worm drive with hydraulic motor - structural drawing (extended version)

Wnikliwa analiza rysunku złożeniowego (rys. 5) przekładni ślimakowej wykazała, że na wyrób gotowy składa się 17 pozycji. Niemniej jednak tylko w przypadku dwóch podzespołów, udział kosztów ich wytworzenia w relacji do kosztów całkowitych produkcji przekładni stanowi ponad 10%. Są to korpus przekładni (P-1 - udział 10,38%) oraz ślimacznicą (P-3 - udział 69,28%). W kontekście powyższego, biorąc pod rozwagę wcześniej prowadzone analizy, kluczowym działaniem nakreślono obniżenie kosztów w stosunku do koła ślimakowego (ślimaczniczy). W związku z tym celem było określenie możliwości sposobu ich zminimalizowania, pamiętając jednocześnie o parametrach jakościowych.

W stronę nowej technologii wytwarzania - analiza rozwiązania w kontekście kosztów produkcji podzespołu

Prowadzone przez autorów badań obserwacje wykazały, że do wykonywania jakichkolwiek podzespołów przeniesienia napędu maszyn, najczęściej wykorzystywane są dwie metody. Pierwszą z nich jest obróbka skrawaniem, gdzie kształt półfabrykatu uzyskuje się poprzez wykrawanie go z bryły (technologia dotychczas stosowana przez wytwórcę w przypadku produkcji koła ślimaka). Natomiast drugą metodą jest odlewanie elementów, które następnie poddawane są obróbce wykańczającej. Każda z tych metod posiada swoje wady i zalety natomiast wybór bardziej ekonomicznej metody zależy od czynników charakteryzujących dany detal.

Wszelkie analizy prowadzone przez badaczy dały przekonanie o konieczności zmiany sposobu doboru surowca w procesie produkcji koła, zwłaszcza, że przykładem zastosowania metody odlewania jako alternatywy dla wykrawania z bryły mogą być elementy napędu stosowane w pojazdach mechanicznych przystosowanych do dużych obciążeń, w tym właśnie elementy przekładni. W analizowanym przypadku surowiec stanowił brąz w gatunku B101. Duże zainteresowanie brązami wywodzi się z ich dobrych własności wytrzymałościowych. Charakteryzują się łatwością w obróbce, wysoką odpornością na ścieranie oraz temperaturę. Znalazły szerokie zastosowanie na silnie obciążone części maszyn, elementy podlegające korozji w środowisku wodnym, ścieraniu i podwyższonemu ciśnieniu, wały, śruby, elementy urządzeń hydraulicznych, gniazda zaworów, koła zębate, elementy przekładni ślimakowych, łożyska, panewki, ślizgi, w armaturze przemysłowej.

Do tej pory ślimacznicą (koło ślimaka) wytwarzana była poprzez wytaczanie w kolejnych operacjach z pełnego walca. Technologia ta pozwalała na otrzymywanie elementów dobrej jakości, bez ukrytych wad materiałowych, jednak mankamentem było tutaj, w przeliczeniu na jeden element, uzyskiwanie dużej ilości odpadów w postaci wiórów skrawanego materiału oraz znaczne zużycie noży i oprzyrządowania tokarek. Duża ilość skrawanego materiału wynika bezpośrednio z gabarytów wytwarzanych w ten sposób elementów.

Stosując alternatywną technologię odlewania, elementy te można wykonać jako półfabrykaty, które po usunięciu stosunkowo niewielkich naddatków technologicznych mogą uzyskać ten sam kształt jak w przypadku wytaczania ich z pełnej bryły [2, 3]. Każdy nowy wyrób znajdujący się w obrocie handlowym, musi być bezpieczny dla użytkownika, zgodnie z wymaganiami dyrektywy maszynowej [1]. Producent wystawia tzw. Deklarację WE, w której deklaruje, że jego produkt jest bezpieczny dla użytkowników.

W kontekście powyższego, w porozumieniu z pozostałymi osobami biorącymi udział w badaniu, zdecydowano, o wyborze rozwiązania według wariantu drugiego.

Podstawą do opracowania technologii odlewania danego detalu jest jego kształt, czyli gabaryty i stopień skomplikowania oraz materiał, z którego ma być wykonany. W analizowanym przypadku materiał stanowić będzie brąz.

W pierwszej kolejności na podstawie dostarczonej dokumentacji niezbędne było wykonanie komputerowego modelu 3D, uwzględniające niezbędne naddatki technologiczne oraz pochylenia. Następnie dobrano do nich układy wlewowe i zasilające, które gwarantują uzyskanie dobrego odlewu. Tak przygotowana dokumentacja posłużyła do opracowania technologii wykonania formy odlewniczej.

Prace prowadzono przy współudziale jednej z odlewni metali kolorowych. Odlewnia, o której mowa zlokalizowana jest w miejscowości Drawski Młyn. Świadczy kompleksowe usługi przygotowania modelu, odlania, obróbki i organizacji dostawy odlewów. Przedsiębiorstwo specjalizuje się w produkcji odlewów dla: przemysłu okrętowego, taboru kolejowego, armatury, górnictwa oraz przemysłu energetycznego. Działa na rynku Polskim oraz zagranicznym. Produkowane przez odlewnię wyroby są dostarczane m. in. do krajów Unii Europejskiej, Rosji, Ukrainy czy krajów bałkańskich. Wspólne działania miały na celu oszacowanie kosztu uzyskania odlewów przeznaczonych do dalszej obróbki. Do wykonania odlewu ślimaczniczy wybrano technologię formy piaskowej, którą można podzielić na następujące etapy: a) opracowanie trójwymiarowej technologii odlewniczej przy zastosowaniu wspomaganie komputerowego (edytory graficzne, symulacje komputerowe), b) opracowanie modeli wirtualnych i dokumentacji oprzyrządowania odlewniczego, c) wykonanie modeli odlewniczych (płyta modelowa lub klasyczny model odlewniczy), d) wykonanie form na podstawie modeli odlewniczych, e) wytop dobranego stopu odlewniczego, f) zalewanie form, g) studzenie i wybicie form odlewniczych, h) oczyszczenie odlewów, i) odcięcie układów wlewowych i zasilających [4].

Powyzsze działania stanowiły podstawę dalszych analiz, a mianowicie pozwoliły na precyzyjne ustalenie kosztu wykonania modelu odlewniczego, co w perspektywie będzie miało olbrzymie przełożenie jeżeli chodzi o dochodowość danej implementacji.

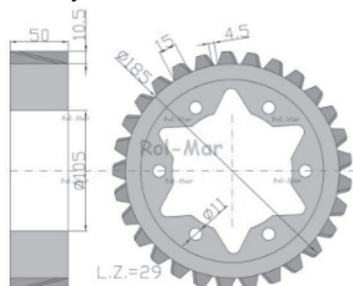
W ramach realizowanych działań ustalono, że koszt produkcji modelu odlewniczego kształtuje się na poziomie 5200,00 zł.

W celu określenia w jakim stopniu zmiana technologii wytwarzania wpłynęła na całkowite koszty produkcji

przekładni, za zasadne uznano przeprowadzenie analizy procesu produkcji ślimacznicy w ramach przedstawionych wariantów:

- Wariant I - obróbka skrawaniem, gdzie kształt półfabrykatu uzyskuje się poprzez wykrawanie go z bryły.
- Wariant II - odlewanie elementów, które następnie poddawane są obróbce wykańczającej.

W kontekście powyższego ustalono szczegółowe parametry koła ślimacznicy (rys. 6), co w zamierzeniu autorów pozwoliło na przedstawienie wskazanych wariantów produkcji w wymiarze kosztowym.



Źródło: materiały wewnętrzne firmy Fortschritt
Source: internal materials of the Fortschritt company

Rys. 6. Wymiary ślimacznicy implikujące zapotrzebowanie materiałowe

Fig. 6. Dimensions of the worm wheel implying the material demand

Biorąc pod uwagę wszelkie parametry dotyczące surowca wykorzystywanego w procesie produkcji koła ślimacznicy, ustalono, że w ramach wariantu pierwszego, do jego wytworzenia niezbędny jest wałek brązu w gatunku B101, o średnicy 210 mm i długości 55 mm. W ramach obliczeń przeprowadzonych za pomocą kalkulatora mas (rys. 5) ustalono wagę surowca przypadająca na jedną sztukę, a mianowicie 16,8 kg. W kontekście powyższego obliczono, że na wytworzenie jednej sztuki koła niezbędny jest zakup surowca w kwocie 756,00 zł. Biorąc pod uwagę koszty pracy, ostatecznie ustalono, że wytworzenie koła w ramach pierwszego wariantu zamyka się w kwocie 794,60 zł.

W dalszej części przystąpiono do analizy kosztów produkcji podzespołu wytworzonego przy wykorzystaniu technologii produkcji właściwej dla wariantu II. Ze względu na skomplikowany proces produkcji odlewu poddanego w dalszej fazie obróbce wykańczającej (konieczność wytworzenia specjalnego modelu do jego produkcji, w porozumieniu z właścicielem firmy i kreowaną przez niego polityką zarządzania, ustalono, że minimalna ilość, którą przedsiębiorstwo powinno zaimplementować wynosi 300 sztuk (oszacowano na podstawie dokumentów sprzedaży wygenerowanych za pomocą programu Sage Symfonia typu „Handel i Magazyn”. Wskazana ilość to roczne zapotrzebowanie przypadające na rok 2014).

W kontekście powyższego ustalono, że koszty produkcji odlewu zostaną każdorazowo podwyższone o kwotę 17,50 zł.

W wyniku wprowadzonej w ramach danej technologii wytwarzania zmiany, wytwórca uzyskał znaczną oszczędność (386,70 zł), gdyż koszty produkcji koła ślimacznicy w ramach wariantu drugiego oscylują na poziomie 407,90 zł. W kontekście powyższego koszty produkcji wyrobu gotowego w postaci przekładni przenośnika, przy wykorzystaniu podzespołu wytworzonego w ramach wariantu drugiego, zamykają się kwotą 760,25 w stosunku do kwoty 1146,95 zł, przy wykorzystaniu podzespołu wytworzonego w ramach wariantu pierwszego.

Uwagi końcowe

Jako, że w wielu przypadkach wytwórca ogranicza środki na normalizację nie ma osoby, która odpowiadałaby za aktualizację bazy normalizacyjnej. Grozi to tym, że maszyny i ich podzespoły przebadane tylko przez producenta będą trafiały na rynek nie w pełni bezpieczne. Innym niebezpieczeństwem jest korzystanie w procesie certyfikacyjnym z usług powstałych w ostatnim czasie prywatnych firm, nie mających doświadczonej kadry ani odpowiednich narzędzi badawczych, ani akredytacji Polskiego Centrum Akredytacji. Firmy te oferują niską cenę swych usług i tym kuszą niedoświadczonych producentów. Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych w Poznaniu, który aktywnie działa w ramach Komitetu Technicznego Nr 16 dot. „Ciągników i Maszyn Rolniczych i Leśnych”, oferuje współpracę zakładom branży maszyn rolniczych w pełnym zakresie normalizacyjnym oraz badawczym, na zgodność z wymaganiami Dyrektyw i Norm zharmonizowanych [1].

W kontekście powyższego należy pamiętać, że każdorazowa zmiana technologii wytwarzania danego podzespołu, także i ta przedstawiona w niniejszej pracy, obciążuje producenta do sprawdzenia jego zgodności pod kątem bezpieczeństwa użytkowania.

Bibliografia

- [1] Bręczewski J.: Niezgodności konstrukcyjne w świetle wyników badań certyfikacyjnych maszyn rolniczych. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna, 2013, 5.
- [2] Bubicz M.: Raport: Szybkie prototypowanie. Cz. I - przegląd dostępnych rozwiązań. Maszyny, materiały, zastosowania. Projektowanie i Konstrukcję Inżynierskie, 2008, 6(09).
- [3] Chua C.K., Leong K.F., Lim C.S.: Rapid Prototyping. Principles and Applications. World Scientific, Singapore, 2004.
- [4] Gil A., Kowalski P., Wańczyk K.: Próba obniżenia energochłonności produkcji podzespołów przekładni planetarnej w oparciu o technologię odlewania z wykorzystaniem metod szybkiego prototypowania. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2012, Vol. 57(1).
- [5] Górski A.: Ochrona własności intelektualnej - atrybut innowacyjności i zawłaszczania wiedzy. Cz. 2. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna, 2015, 2.
- [6] Olsza M.: Projektowanie i dobieranie zespołów maszyn. Instytut Technologii Eksploatacji - Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2005.

THE CHOICE OF TECHNOLOGY AND THE COSTS IN MANUFACTURING PROCESS OF THE WORM DRIVE COMPONENT OF THE MANURE SPREADER

Summary

In this paper, the applied in the practice of production plants manufacturing technologies of the intentionally selected component of the worm drive, which significantly determine the manufacturing costs of the complex product, were presented. This proceedings is aimed at demonstrating a significant impact of individual included in the composition components on manufacturing costs of the complex product.

Key words: worm drive, worm drive wheels, worm wheel, manufacturing technology, manufacturing costs