

ANALIZA RUCHU KULISTEGO ZA POMOCĄ FILMUCZĘŚĆ I. POZORACJA RUCHU

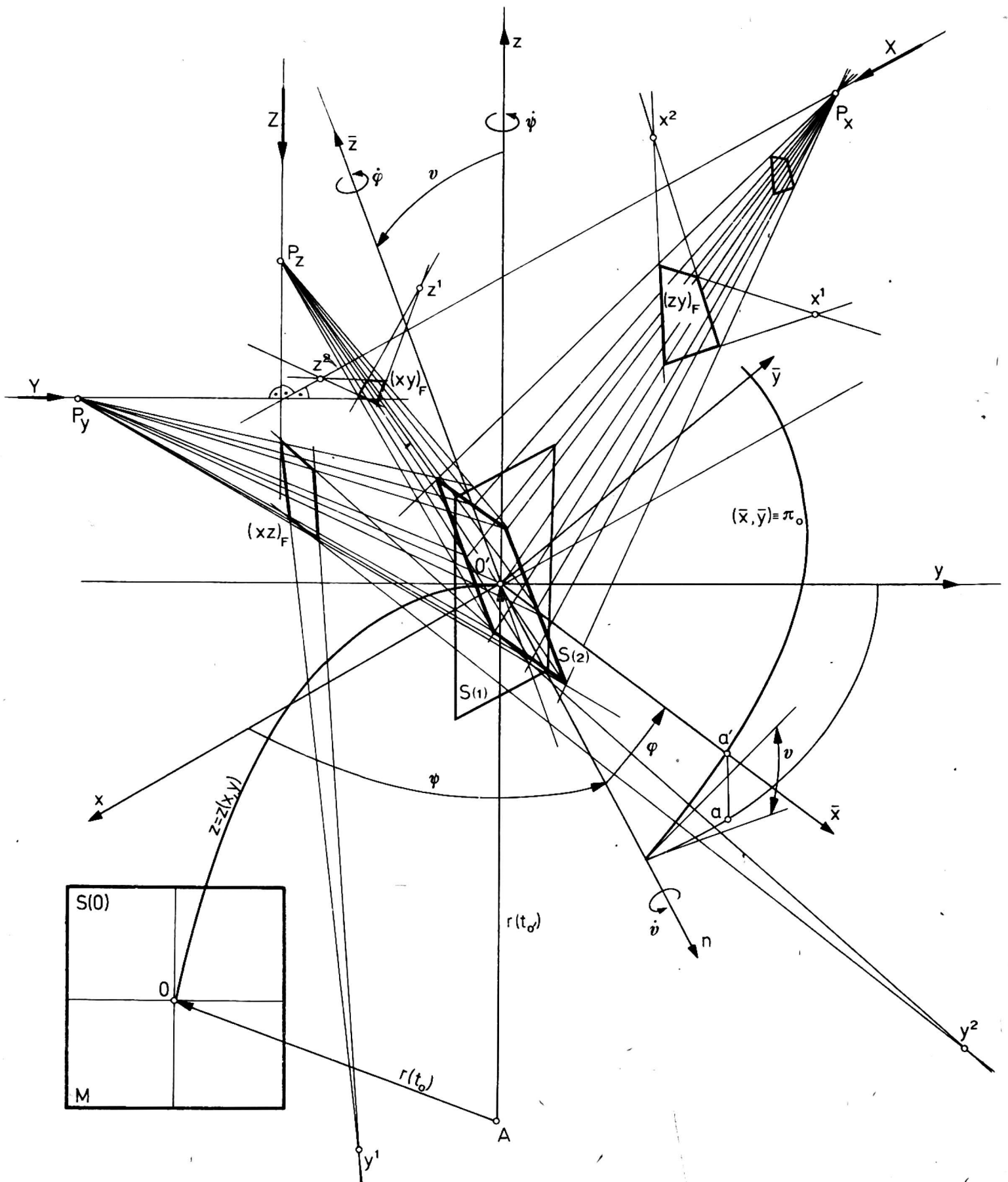
Andrzej Marciniak, Andrzej Fijołek, Andrzej Machnikowski

Instytut Mechanizacji Rolnictwa, Akademia Rolnicza w Lublinie

Przykłady ruchu kulistego są dość powszechne w mechanice procesów roboczych maszyn rolniczych. Kamera filmowa jest w zasadzie jedynym dostępnym obecnie instrumentem umożliwiającym rejestrację tego złożonego ruchu. Ruch kulisty charakteryzuje się występowaniem kątów Eulera (ϑ , Ψ , φ - rys. 1), których wielkości są losowo zmienne, a czasy trwania poszczególnych faz mogą być bardzo zróżnicowane dzięki zmienności $\frac{d\vartheta}{dt}$, $\frac{d\Psi}{dt}$ i $\frac{d\varphi}{dt}$. Prześledzenie nawet tych najkrócej istniejących fragmentów ruchu jest ważne, gdyż właśnie w czasie ich trwania mogą zajść szczególnie istotne zmiany ilościowe i jakościowe. Prześledzenie na przykład: ruchu ziarniaka w momencie, gdy następuje rozerwanie więzi między nim a osadką kłosową bądź kłoskową, ruchu falowego roślin, na które oddziałuje jednocześnie nóż i nagarniacz, zachowania się masy słomiastej w układach szczelinowych (przenośnik ślimakowy, bęben młócący), na którą w różnych przekrojach podłużnych i poprzecznych działa zmienny skrętnik, jest w istocie zapoznaniem się z ruchem ogólnym, którego składową jest ruch kulisty. Ma to podstawowe znaczenie w modelowaniu procesu roboczego, czynności zasadniczej przy projektowaniu konstrukcji (Marciniak [3]).

Filmowanie ruchu kulistego, a następnie analiza zarejestrowanego obrazu jest bardzo złożona. Celem ułatwienia pracy można zastosować metodę pozoracji ruchu rzeczywistego. Ruch pozorowany (rys. 1) musi być podobny w sensie geometrycznym do ruchu rzeczywistego. Model obserwowanego elementu rzeczywistego jest usytuowany w położeniu $S(o)$ wyznaczonym przez promień $r(t)$. Powierz-

chnia \mathcal{S} jest powierzchnią odniesienia, spełniającą warunek podobieństwa geometrycznego z analizowanym elementem rzeczywistym. Ruch



Rys. 1. Schemat pozoracji ruchu

postępowy wyznacza promień $r(t)$, którego współrzędne są rejestrowane. W trakcie tego ruchu powierzchnia \mathcal{S} wykonuje ruch kulisty o-

pisany kątami; obrotu φ , precesji ϑ i nutacji ϑ ; wielkości te są również rejestrowane. Płaszczyzna (x, y) tak jak i inne zmienia swoje położenie, co jest szczegółowo zaznaczone na rysunku 1. Oś \bar{x} leży na płaszczyźnie (\bar{x}, \bar{y}) , a odcinek $a\alpha$ oznacza punkt rzutu osi \bar{x} na płaszczyznę (x, y) . Powierzchnia S jest filmowana z trzech punktów P_x , P_y i P_z . Osie optyczne skierowane są wzdłuż prostych X, Y, Z . Na płaszczyźnie klatki taśmy filmowej przechodzącej aktualnie przez oś optyczną jest zarejestrowany rzut powierzchni $S(2)$. Są to obrazy: $(xy)_F$, $(xz)_F$, $(zy)_F$ uzyskane z uwzględnieniem prawideł perspektywy. Punkty (x^1, x^2) , (y^1, y^2) , (z^1, z^2) dla przejrzystości rysunku są zaznaczone jedynie symbolicznie. Obrazy utworzone na jednej osi, tak jak to wynika z rysunku 1, są do siebie podobne (np. na osi X). Obrazy $(\cdot)_F$ leżą na powierzchniach, które tworzą prostopadłościan (rys. 2).

Konstrukcja urządzenia musi - jak zaznaczono wyżej - zapewniać znajomość (przy niezmiennym wzajemnym usytuowaniu punktów P i punktu A) zmienności położenia powierzchni S . Następnie znając regułę przekształceń geometrycznych T rzutów powierzchni na płaszczyzny prostopadłościanu uzyskuje się relacje:

$$(zy)_F = T_x(s), \quad (xy)_F = T_z(s), \quad (xz)_F = T_y(s), \quad (1)$$

$$T = T(T_x, T_y, T_z). \quad (2)$$

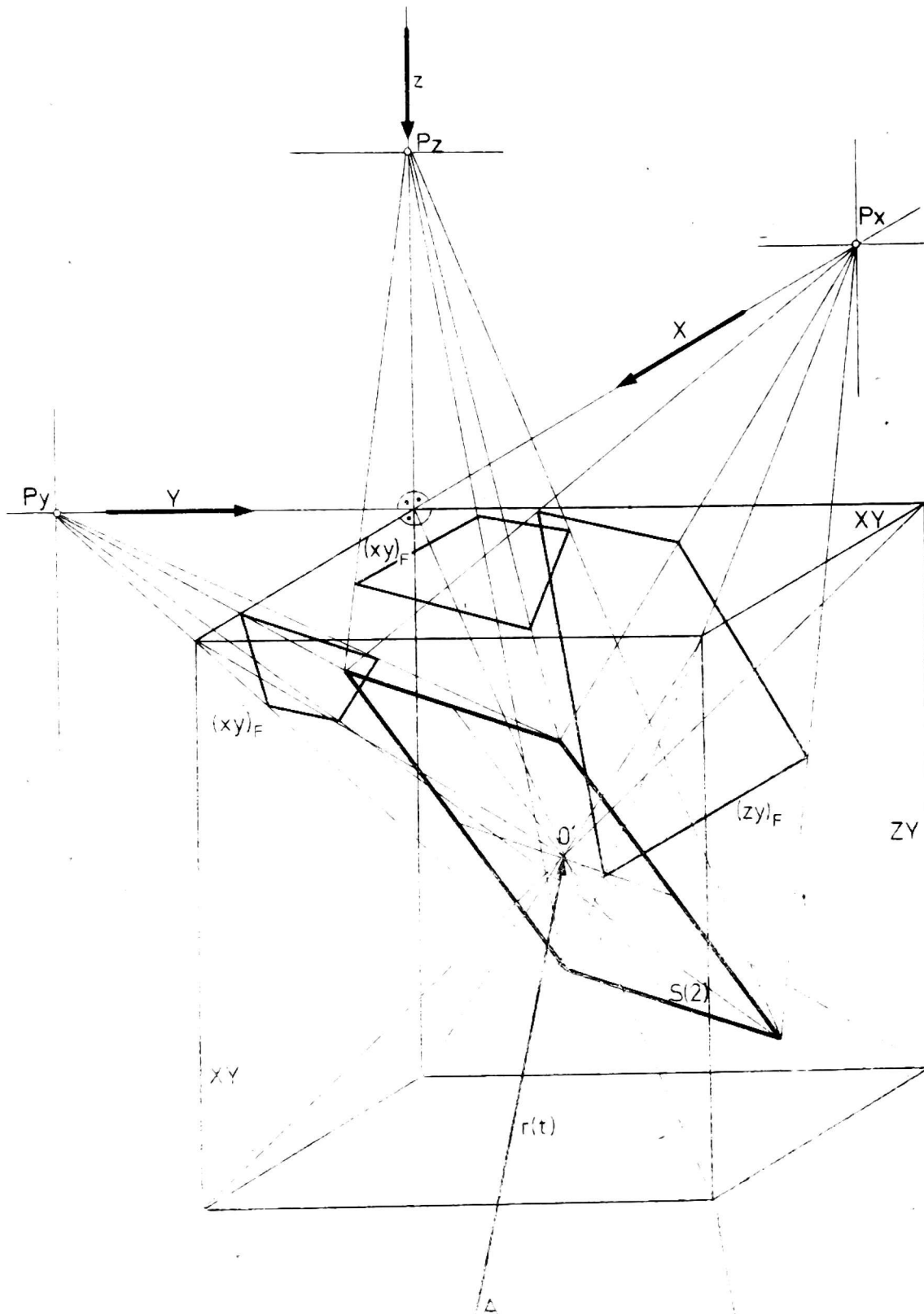
Wyrażenia T mają charakter tensorów, których postać będzie prosta, jeżeli S będzie płaszczyzną lub linią. Jeżeli S będzie powierzchnią wyższego stopnia, to wówczas należy traktować ją jako zbiór linii $\{C\}$ i analizować następnie rzuty tych linii na płaszczyzny prostopadłościanu obrazów. Należy tutaj postępować następująco (rys. 3).

Jeżeli linia C jest zadana w przestrzeni przez parametryczny układ równań $x = x(t)$, $y = y(t)$, $z = z(t)$ (rozpatrujemy przypadek, gdy linia C nie jest linią płaską tylko skośną), to linia ta określa zbiór punktów spełniających dwa związki:

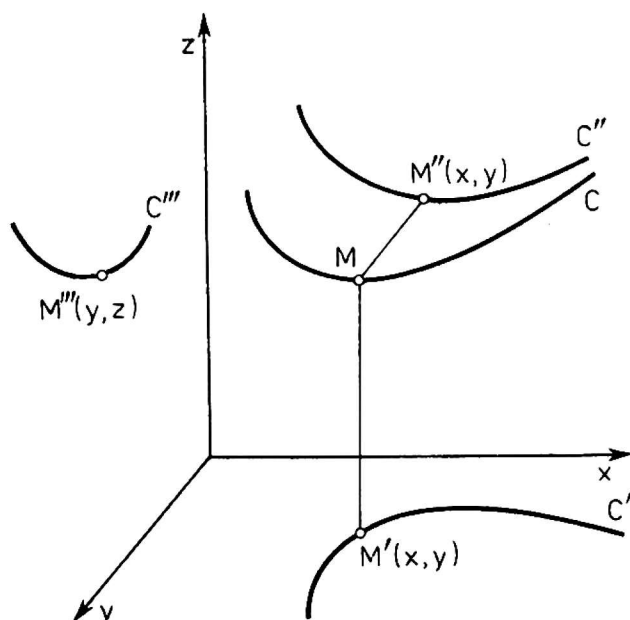
$$\varphi_1(x, y, z) = 0, \quad \varphi_2(x, y, z) = 0 \quad (3)$$

będące równaniami powierzchni φ_1 i φ_2 . Rugując z tego związku kolejno każdą ze zmiennych otrzymuje się równania

$$C' = C'(x, y) = 0 \quad C'' = C''(x, z) = 0 \quad C''' = C'''(y, z) = 0 \quad (4)$$



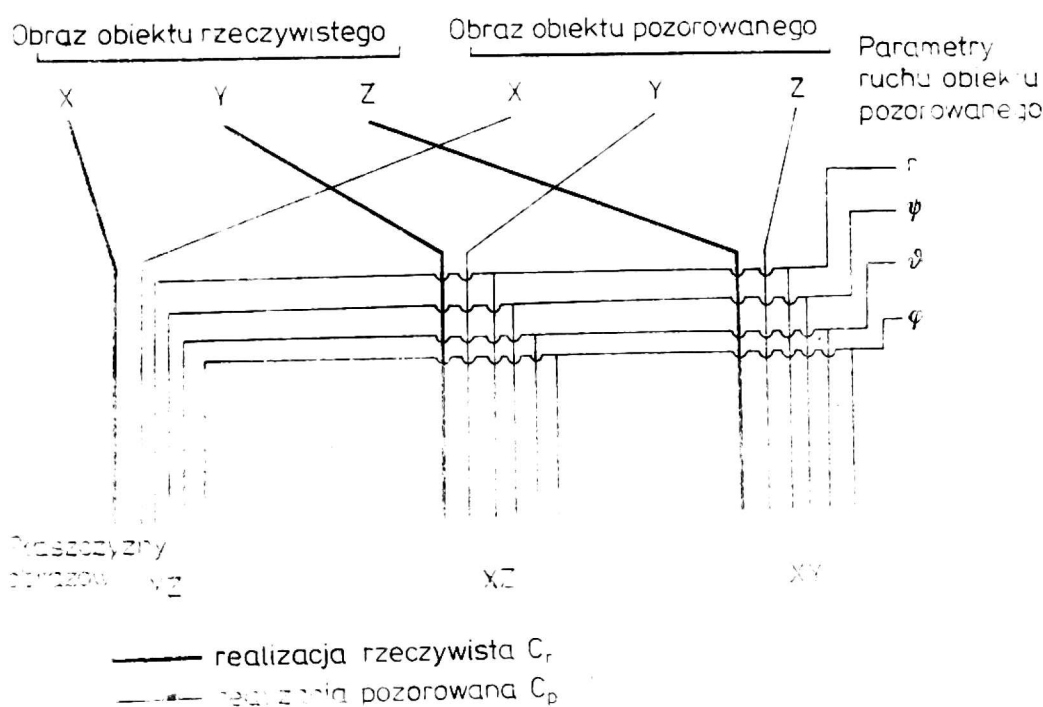
Rys. 2. Prostopadłościan obrazów



Rys. 3. Rzuty linii C na płaszczyzny prostopadłościanu obrazów

będące rzutami ukośnymi, uwzględniającymi perspektywę linii na płaszczyzny prostopadłościanu obrazów. Budowa tensora przekształcenia T w przypadku ogólnym (rozumianym jako taki, który uwzględnia podstawowe przypadki występujące w teorii procesów roboczych) może być bardzo złożona. Zagadnienie to jest przedmiotem oddzielnego opracowania, nie wiążącego się bezpośrednio z problematyką filmu naukowego.

Analiza badanego ruchu przebiegać będzie według schematu przedstawionego na rysunku 4.



Rys. 4. Schemat analizy obrazu filmowego

Porównując obraz rzeczywisty i pozorowany przy bieżącym śledzeniu zmienności parametrów ruchu można stworzyć model zbieżny z rzeczywistym obrazem. Realizacje C_r i C_p powinny być na siebie nałożone, co ułatwiłoby weryfikację zgodności ruchu pozorowanego z ruchem rzeczywistym. Istnieją tutaj jednak liczne trudności wynikające z przypadkowości ruchu, które można usuwać w oparciu o teorię prawdopodobieństwa geometrycznego (Kendall [1]) i teorię stochastycznych ruchów kulistych (Mardia [2]).

Tok postępowania powinien być następujący. Po obejrzeniu filmu rejestrującego ruch rzeczywisty należy dokonać wyboru modelu S oraz ustalić zakres parametrów ruchu, a następnie sfilmować sam ruch pozorowany. Do analizy porównawczej należy zmontować we właściwej kolejności odpowiednie fragmenty ruchu pozorowanego, odpowiadające ruchowi rzeczywistemu. Sprawdzianem trafności doboru modelu pozorowanego jest wyliczona miara korelacyjna pomiędzy obydwoimi obrazami: rzeczywistym i pozorowanym.

LITERATURA

1. Kendall M., Moran P.: Geometriczeskije wierojatnosti. Nauka 1972.
2. Mardia K. V.: Statistics of directional data. Academic Press 1972.
3. Marciniak A.: Prędkość przesuwu taśmy filmowej w ruchu kulistym. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. (praca oddana do druku w 1981 r.)

Анджей Марциняк, Анджей Фиёлэк, Анджей Махниковски

АНАЛИЗ СФЕРИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИЛЬМА.

Ч. 1. СИМУЛЯЦИЯ ДВИЖЕНИЯ

Р е з ю м е

С целью геометрического анализа сферического движения как явления встречаемого довольно часто в механике рабочих процессов сельскохозяйственных машин, представлена схема симулирования этого движения, а на ее основании предложено построение т. наз. параллелепипеда картин. Симулирующая движение модель составлена из площади отнесения движущейся вдоль изменчивого радиуса $\bar{r}(t)$, являясь одновременно способной передвигаться сферически. В качестве площади отне-

сения была предварительно предложена плоскость, а затем предложена процедура при построении параллелепипеда картин для площадей высших степеней. Сферическое и поступательное движение описано функциями $\bar{r}(t)$, $\vartheta(t)$, $\varphi(t)$ и $\Psi(t)$, которые регистрируются. Анализ проводится путем сравнения фильмовых картин с проекциями элемента симулирующего действительное тело, бросаемое на параллелепипедную площадь картин.

Andrzej Marciniak, Andrzej Fijołek
Andrzej Machnikowski

ANALYSIS OF SPHERICAL MOVEMENT BY MEANS OF FILM.
PART. I. MOVEMENT SIMULATION

S u m m a r y

† For the purpose of geometrical analysis of the spherical movement as the phenomenon encountered quite often in the mechanics of working processes of farm implement, the scheme of simulation of the movement is presented and on this basis the construction of the so-called cuboid of pictures is proposed. The movement-simulating model consists of the reference area moving along the variable radius of $\bar{r}(t)$, and being simultaneously able to move spherically. As the reference area the plane was proposed preliminarily and then the procedure at construction of the cuboid of pictures for areas of higher degrees was indicated. The spherical and progressive movement is described by the functions: $\bar{r}(t)$, $\vartheta(t)$, $\varphi(t)$ and $\Psi(t)$, which are registered. The analysis consists in the comparison of film picture with projections of the element simulating a real body on the area of the cuboid of pictures.