

JERZY WOLSZCZAN
Politechnika Szczecińska

TRANSPORT WEWNĘTRZNY W GOSPODARSTWIE WIELKOROLNYM

„Gospodarstwo rolne można by z powodzeniem nazwać przedsiębiorstwem transportowym” piszą R. Manteuffel, H. Romanowski i T. Rychlik¹. Podobnego zdania jest S. Schmidt². O transporcie wspomina każdy autor książki z zakresu organizacji przedsiębiorstw rolnych, jednak prac źródłowych na ten temat u nas prawie nie ma. Znacznie więcej opracowań z zakresu transportu rolniczego ukazało się w Czechosłowacji (Šedivy, Kožišek, Vraná i.in.). Kilka książek i wiele pryczyneków w prasie rolniczej ukazało się w obu republikach niemieckich.

Duży udział transportu w kosztach produkcji rolnej wynika z jej przestrzennego charakteru, co powoduje, że przewozy absorbują od 30 do 50% pracy siły pociągowej, szczególnie, że wiele ładunków trzeba przewozić kilkakrotnie. Według badań Wydziału Inżynieryjno-Ekonomicznego Transportu Samochodowego Politechniki Szczecińskiej współczynnik przewozowości w PGR wynosi średnio 1,30. Oznacza to, że prawie $\frac{1}{3}$ masy przewozi się dwukrotnie. Nie oznacza to bynajmniej złej gospodarki, gdyż kilkakrotne przewozy są w wielu przypadkach nie do uniknięcia (np. ziemniaki z pola do kopca i z kopca do paszarni, zboże z pola do sterty, ze sterty do spichrza, ze spichrza do elewatora itp.). Niemniej współczynnik przewozowości można obniżyć przewożąc niektóre ładunki bezpośrednio z pola do punktu zbytu. Jest to regułą przy burakach cukrowych, ale może być również stosowane przy ziemniakach, zbożu zbieranym kombajnem itp. D. Hartmann³ podaje, że w NRF stosowane są do przewozu zbóż od kombajnu pojemniki o objętości 8—11 m³ i nośności 5 ton, umieszczane na samochodach o specjalnym nadwoziu i urządzeniu samowyładowczym. W tym przypadku trzeba jednak obliczyć, czy to się opłaci. Jeżeli zboże na pniu nie jest dostatecznie suche, a urządzenie czyszczące kombajnu działa niezbyt sprawnie, wówczas strata na skutek obniżenia klasy zboża może być większa niż oszczędność na transporcie.

Przewozy w gospodarstwie rolnym dzieli się zazwyczaj na:

- 1) wewnętrzne — w obrębie gospodarstwa
 - a) polowe
 - b) podwórzowe
 - c) ewentualnie międzyfermowe

¹ Zarys organizacji socjalistycznych przedsiębiorstw rolnych. PWN 1956.

² Metodyka technicznego normowania pracy w rolnictwie. PWRiL 1959.

³ Der Behälterverkehr in der Landwirtschaft. „Landtechnik” Nr 20/1954.

- 2) zewnętrzne — poza gospodarstwem
 a) z gospodarstwa (zbyt produktów)
 b) do gospodarstwa (przywóz środków produkcji i materiałów budowlanych).

M. Madeyski nazywa przewozy polowe i podwórzowe technologicznymi, ponieważ na początku lub końcu procesu przewozu następuje nie składowanie, lecz jakiś proces technologiczny (siew, młócka, skarmianie itp.). S. Schmidt dzieli przewozy według rodzaju drogi, po której odbywa się przewóz (rola, ściernisko, droga gruntowa, droga twarda).

Oprócz przewozów ładunków w gospodarstwie rolnym występuje również przewóz narzędzi i maszyn rolniczych z ośrodka do miejsca pracy (pole) i z powrotem. W tym przypadku na drodze między gospodarstwem a polem ciągnik spełnia rolę środka przewozowego, a dopiero na polu, z chwilą uruchomienia zagregatowanego z nim narzędzia, staje się maszyną rolniczą. Tego rodzaju przewozy oraz dowóz ludzi do pracy nazywane są „dojazdami”.

Poza gospodarstwem występują także przewozy produktów rolnych, które można by nazwać społecznymi, ponieważ koszt ich nie obciąża gospodarstwa. Rozmiar tego rodzaju przewozów zależy od rozmiaru podaży poszczególnych produktów rolnych w zapleczu rynku zbytu, lokalizacji przemysłu przetwórczego, organizacji skupu, zaopatrzenia i bodźców działających na rzecz prawidłowej organizacji przewozów.

Rozmiar przewozów zewnętrznych gospodarstwa zależy od struktury i poziomu produkcji danego gospodarstwa oraz jego odległości od rynku zbytu i źródeł zaopatrzenia.

Rozmiar przewozów wewnętrznych zależy od wielkości gospodarstwa, odległości pól, konfiguracji rozłogu, układu sieci dróg wewnętrznych, struktury i poziomu produkcji. Przewozy podwórzowe dają się w dużym stopniu zastąpić urządzeniami przenośnikowymi (kolejki paszowe, nawozowe, dmuchawy itp.).

W niniejszym artykule omówimy przewozy wewnętrzne w gospodarstwie wielkorolnym na podstawie materiałów zebranych w PGR i spółdzielniach produkcyjnych województwa szczecińskiego oraz literatury z tego zakresu.

* *
*

L. Zalcman¹ podaje, że przewozy w gospodarstwie rolnym w przeliczeniu na 1 ha wynoszą zależnie od kierunku produkcji:

kierunek zbożowy	3,5— 4,5 t
mleczno-mięsny	6,5— 7,5 t
lniarski	6,5— 8,0 t
hodowlany (trzoda)	8,5— 9,5 t
buraczany	12,0—15,0 t

Według naszych badań w PGR liczby te są nieco większe, nawet przy niskich plonach wynoszących dla zbóż 11—13 q, a dla okopowych 105—154 q.

¹ Organizacja socjalistycznych przedsiębiorstw rolnych. PWRiL 1951.

Tabela 1

Masa przewozowa w zależności od udziału okopowych

PGR	% użytków zielo- nych	% okopo- wych	Plon okopo- wych q/ha	Masa przewo- zowa netto ton/ha*	Współ- czynnik przewo- zowości	Masa przewo- zowa brutto ton/ha*	Praca przewo- zowa tkm/ha
Zesp. Gryfice	15,9	13,0	120	8,5	1,40	11,9	96,5
Zesp. Witnica	7,0	15,3	125	9,7	1,31	12,6	108,0
Gosp. Dalno	8,2	18,5	134	9,9	1,31	12,9	54,0
Gosp. Mokrzyczka	52,0	20,5	105	9,0	1,49	13,4	31,5
Gosp. Czarnocin	96,2	20,5	154	14,5	1,15	16,7	159,0

* bez materiałów budowlanych.

Wielkość masy przewozowej na 1 ha wykazuje wyraźną korelację z udziałem okopowych w strukturze zasiewów i wysokością plonów okopowych. Największą masę przewozową wykazało co prawda gospodarstwo Czarnocin, będące gospodarstwem łąkarskim, posiadającym suszarnię pasz. Zwózka z łąk niedosuszonej lub świeżej trawy powoduje duże zużycie pracy sprzężajnej. Czarnocin posiadał też najniższy współczynnik przewozowości. Pomimo, że tę samą masę przewozi się dwukrotnie, to jednak po raz drugi w postaci wielokrotnie lżejszej z magazynu na stację kolejową.

Struktura przewozów w badanych zespołach i gospodarstwach wykazuje zgodność z wskaźnikami przytaczanymi przez R. Manteuffla oraz przez B. Šedivego. Masa przewożona wewnątrz gospodarstwa stanowi średnio około 70%, a przewożona na zewnątrz — około 30%. Struktura pracy przewozowej kształtuje się natomiast odwrotnie ze względu na większe odległości przy transporcie zewnętrznym.

Tabela 2

Struktura masy i pracy przewozowej

PGR	Rok	Masa przewozowa (ton)*				Praca przewozowa (tkm)			
		Wewn.	%	Zewn.	%	Wewn.	%	Zewn.	%
Zesp. Gryfice	1956	47 673	68	22 285	32	131 811	23	432 163	77
Zesp. Witnica	1955	74 800	69	33 322	31	187 550	22	644 600	78
Gosp. Dalno	1957	5 114	58	3 490	42	8 261	23	27 370	77
Gosp. Mokrzyczka	1957	4 697	79	1 233	21	4 575	36	8 200	64
Gosp. Czarnocin	1957	20 024	84	4 056	16	91 785	40	137 048	60

* bez materiałów budowlanych.

Podamy tu podział prac stosowany przez Thünera dla obliczenia kosztu odległości, którym posłużyliśmy się w naszych badaniach. Dzielił on prace w rolnictwie na zależne od powierzchni i zależne od wielkości zbioru, a poza tym na klasy:

1) prace zależne od odległości;

2) prace wymagające dwukrotnego dojścia do pól w ciągu dnia (przerwa obiadowa) i przerywane przez deszcz, co powoduje ewentualnie jeszcze jedno dojście (np. żniwa);

3) jak w klasie 2, ale nie przerywane przez deszcz (np. bronowanie, redlenie, siew, roboty melioracyjne itp.);

4) roboty podwórzowe.

Na przykład wywóz obornika (praca zależna od powierzchni) składa się z prac klasy 1 (przewóz), klasy 3 (roztrzaskanie na polu) i klasy 4 (naładunek w podwórz).

W majątku Thüvena, o średniej odległości pól 309 metrów, na koszty prac zależnych od powierzchni, zaliczonych w całości do klasy 3, przypadło 568,3 talarów, z tego 10% stanowiły koszty odległości. Na koszty prac zależnych od wielkości zbioru przypadło 500 talarów, z tego koszty odległości stanowiły 176 talarów (35,2%).

W miarę wzrostu odległości wewnętrznych koszty transportu i dojazdów rosną, zmniejszając rentę różniczkową.

Ponieważ zaprzęg konny porusza się z szybkością około 5 km/godz., a ciągnik po drodze gruntowej około 10 km/godz., więc mechanizacja siły pociągowej zmniejsza dwukrotnie czas potrzebny na przewozy i dojazdy. Koszty przewozów i dojazdów zmniejszają się jednak w mniejszym stopniu, gdyż przy przewozach wewnętrznych, z wyjątkiem obornika, ziarna siewnego, okopowych i zielonek, nie wykorzystuje się na ogół pełnej mocy ciągnika. Z tej samej przyczyny koszty dojazdów obniżają się mniej niż dwukrotnie, pomimo że ilość dojazdów do pól maleje dzięki większej szerokości roboczej narzędzi traktorowych i większej ich wydajności dziennej niż narzędzi konnych.

Tabela 3

Zapotrzebowanie roboczogodzin ciągnika Ursus przy transporcie na 1 ha zależnie od odległości pola*

Odległość m	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000
Łąka	1,0	2,0	2,8	3,5	4,2	4,8	5,3	5,7
Zboża	2,0	3,2	4,7	6,0	7,1	8,1	8,9	9,6
Strączkowe	2,2	3,5	5,1	6,4	7,5	8,5	9,3	9,8
Oleiste	2,3	4,2	6,2	8,0	9,6	11,0	11,9	12,4
Zielonki	5,0	8,5	11,6	14,0	16,2	17,9	19,0	19,9
Ziemniaki	7,0	12,0	16,0	19,5	22,4	25,0	27,0	28,0
Buraki	8,0	14,8	20,8	25,9	29,9	33,6	36,7	39,2

* Opracowane na podstawie pomiarów chronometrażowych w PGR Dalno pow. Łobez w 1958 r. dla odległości 500, 1000 i 1500 m.

Podobne zestawienie do tabeli 3 zamieszcza W. Ruckmann¹ w swojej dysertacji doktorskiej dla odległości od 500—4000 m. Pomiedzy podanym przez nas zestawieniem a danymi Ruckmanna różnice są nieduże przy małych odległościach (500—750 m) z wyjątkiem oleistych (Ruck-

¹ Werner Ruckmann, Der Einfluss von Schlagentfernungsform und -größe auf den Arbeitsbedarf für die landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Giessen 1952, maszynopis 88 str.

mann podaje dla rzepaku przy odległościach 500 m 13,5 godzin). Przy większych jednak odległościach różnice rosną. U Ruckmanna wzrost zapotrzebowania na siłę pociągową jest niemal dokładnie wprost proporcjonalny do odległości. Częstotliwość dojazdów do pól obliczona została przez nas na podstawie zestawienia pełnego asortymentu prac polowych¹, oraz podanej wyżej thunenowskiej klasyfikacji prac. Malejący charakter przyrostów liczby roboczogodzin wynika stąd, że czas rozbiegu i czas hamowania ciągnika mają charakter stały, natomiast czas jazdy przy pełnej szybkości zależy od odległości pola.

Jak widać z tabeli 3 najbardziej transportochłonnymi są rośliny okopowe i zielonki, a stąd wniosek, że wzrost udziału tych roślin w strukturze zasiewów musi powodować wzrost kosztów transportu w gospodarstwie.

Koszty transportu rosną ze wzrostem odległości. Istnieje taka odległość, przy której koszty transportu sprowadzają rentę różniczkową do zera. Od tego punktu koszty transportu zmniejszają zysk, a nawet mogą spowodować stratę.

Przy wzroście udziału okopowych w strukturze zasiewów rosną zazwyczaj plony i poprawia się ogólna opłacalność gospodarstwa, renta rośnie również, lecz nie w tym stopniu co produkcja, ponieważ wzrost kosztów transportu powoduje spadek ceny loco podwórze. Wyniki naszych obliczeń podaliśmy w tabeli 4, która została opracowana dla przypadku, gdy wzrost średniej odległości pól wynika z pogarszania się konfiguracji rozłogu, natomiast wielkość gospodarstwa pozostaje bez zmian. Sprawa przedstawia się inaczej, jeżeli wzrost średniej odległości pól powodowany jest wzrostem obszaru gospodarstwa, przy niezmięnionej konfiguracji rozłogu. Średnia odległość pól nie rośnie bowiem proporcjonalnie do wzrostu powierzchni. Jeżeli dwa gospodarstwa mają idealny kształt kół z ośrodkiem położonym w centrum, przy czym większe gospodarstwo posiada promień większy n razy, wówczas stosunek powierzchni tych gospodarstw wynosi

$$\frac{\pi n^2 r^2}{\pi r^2} = n^2$$

Jeżeli promień koła wzrasta n razy, to jego powierzchnia wzrasta n^2 razy. Jeżeli powierzchnia wzrasta n razy, wówczas promień (a również średnia odległość pól) wzrośnie \sqrt{n} razy. Ponieważ zaś masa przewozowa wzrasta proporcjonalnie do wzrostu powierzchni, więc praca przewozowa mierzona w tonokilometrach wzrasta $n\sqrt{n}$ razy.

Identyczny wynik otrzymał J. Kozišek dla pól o kształcie kwadratowym². F. Bogusławski i J. Żurowski³ mylnie natomiast twierdzą, że jeżeli powierzchnia gospodarstwa wzrośnie ze 100 na 500 ha, to nakłady

¹ R. Manteuffel i in. — Tablice do obliczania zapotrzebowania siły roboczej i pociągowej w PGR. PWRiL 1956.

² J. Kozišek: K otázce zemědělské dopravy. Zemědělská ekonomika nr 2—3/1958, str. 143—180.

³ Wpływ konfiguracji rozłogu na transport wewnętrzny i nakład pracy w przedsiębiorstwie rolnym — prace Głównego Instytutu Pracy, Zeszyt 8, PWT, Warszawa 1952, str. 19.

pracy wzrosną 2,22 razy ($=\sqrt{5}$). W tym stosunku wzrosnie bowiem tylko średnia odległość pól, zaś praca przewozowa wzrosnie $5 \times 2,22 = 11,10$ razy. Autorzy mieli być może na myśli średnią odległość przewozu 1 tony, która rzeczywiście wzrosnie w tym wypadku 2,22 razy.

Zależność pomiędzy n , \sqrt{n} i $n\sqrt{n}$ (którą można znaleźć w tablicach matematycznych) przedstawia się następująco:

n	\sqrt{n}	$n\sqrt{n}$
1	1,000	1,000
2	1,414	2,828
3	1,732	5,196
4	2,000	8,000
5	2,236	11,180
6	2,449	14,694
7	2,646	18,522
8	2,828	22,624
9	3,000	27,000
10	3,162	31,620

Tabela 4

Współzależność struktury zasiewów, odległości pól, kosztów transportu wewnętrznego i renty różniczkowej

% okopowych:	10		15		20		25	
	renta zł/ha	koszt trans- portu zł/ha	renta zł/ha	koszt trans- portu zł/ha	renta zł/ha	koszt trans- portu zł/ha	renta zł/ha	koszt trans- portu zł/ha
0	823	0	922	0	1000	0	1062	0
250	658	165	702	202	790	210	850	212
500	521	302	548	374	607	393	632	430
750	395	428	418	504	431	569	432	630
1000	287	536	285	637	275	725	250	812
1250	197	626	176	746	146	854	64	998
1330	—	—	—	—	—	—	0	1062
1500	118	705	88	834	32	968	—	—
1560	—	—	—	—	0	1000	—	—
1750	56	767	0	922	—	—	—	—
2000	0	823	—	—	—	—	—	—

Przy równomiernym wzroście średniej odległości pól od ośrodka co 250 m, tak jak podano w tabeli 3, powierzchnia gospodarstwa wzrasta w postępie geometrycznym. Jeżeli liczby zawarte w tabeli 3 pomnożymy przez powierzchnię gospodarstw, otrzymujemy rentę różniczkową i koszty transportu w wielkościach absolutnych dla każdego gospodarstwa (tab. 5).

Z tabeli 4 i 5 wynika, że im bardziej intensywna jest produkcja (większy udział okopowych), tym mniejsze musi być gospodarstwo. Graniczna

Tabela 5

Współzależność struktury zasiewów, powierzchni gospodarstwa, odległości pól, kosztów transportu wewnętrznego i renty różniczkowej

n	% okopowych		10		15		20		25	
	powierzchnia gospodarstw (πr^2) ha	odległość pól 2/3 r m	renta tys. zł	koszty transportu tys. zł	renta tys. zł	koszty transportu tys. zł	renta tys. zł	koszty transportu tys. zł	renta tys. zł	koszty transportu tys. zł
1	44	250	29	7	32	9	35	9	37	9
4	176	500	92	53	96	66	107	69	111	76
9	396	750	156	169	166	200	170	225	171	249
16	704	1000	202	377	201	448	194	510	176	572
25	1100	1250	217	689	194	821	161	939	70	1098
28	1250	1330	.	.	.	.	.	—	0	1327
36	1584	1500	187	1117	14	132	51	1533	—	—
39	1719	1560	.	.	.	.	0	1719	—	—
49	2156	1750	96	1654	0	1988	—	—	—	—
64	2816	2000	0	2318	—	—	—	—	—	—

wielkość gospodarstwa pod względem występowania renty różniczkowej wynosi w naszym przykładzie: przy 10% okopowych — 2816 ha, przy 15% okopowych — 2156 ha, przy 20% okopowych — 1719 ha, przy 25% okopowych — 1250 ha.

Największa masa renty różniczkowej w przytoczonym przykładzie przypadła: przy 10% okopowych w gospodarstwach o wielkości około 1100 ha, przy 15% (i wyższym) okopowych w gospodarstwach o wielkości około 700 ha. Wielkości te stanowią optymalne wielkości modelowych gospodarstw (przy założeniu identycznych innych warunków).

Niesłuszny byłby jednak wniosek, że intensyfikacja produkcji roślinnej wymaga stałego zmniejszania się gospodarstw. Jakkolwiek znany jest fakt, że im mniejsze jest gospodarstwo, tym większa produkcja globalna przypada na hektar, to jednak gospodarstwa małe produkują drogo na skutek mniejszej wydajności pracy, niemożności sfinansowania mechanizacji pracy, niepełnego wykorzystania zasobów pracy itp.

Wydaje się, że optimum wielkości gospodarstwa o danej strukturze produkcji znajduje się w tym miejscu, w którym krzywa (rosnącej ze wzrostem wielkości gospodarstwa) wydajności pracy przecina się z krzywą malejącej (wobec wzrostu kosztów transportu) renty różniczkowej. Optimum tak obliczone jest aktualne oczywiście tylko dla konkretnych warunków. Postęp techniczny powoduje wzrost wydajności pracy i obniżanie się kosztów transportu, co przyczynia się do wzrostu optymalnej dla danego kierunku wielkości gospodarstwa. Ponieważ jednak wielkość gospodarstw jest w praktyce parametrem stałym, czynniki te wymagają intensyfikacji produkcji przy niezmiennych wielkości gospodarstw państwowych, zaś w spółdzielniach produkcyjnych mogą być bodźcem sprzyjającym przyjmowaniu nowych członków i włączaniu ich gruntów do pól spółdzielczych.

Problemem optymalnej wielkości przedsiębiorstw rolnych wiążącym się dość ściśle z zagadnieniem transportu zajmowali się w Polsce St. Moszczeński, w ZSRR A. Czajanow, w Niemczech A. Thaer, Aereboe, H. Niehaus, A. Lösch i wielu innych. Zależność pomiędzy wielkością a kierunkiem gospodarstwa rolnego stwierdził również Thünen, który pisał, że o ile w pierwszym kręgu jednostka powierzchni może wyżywić 30 rodzin, to w ostatnim tylko 3 rodziny, co oznacza, że w ostatnim najmniej intensywnym kręgu trzeba na 1 rodzinę 10 razy więcej ziemi niż w pierwszym.

Liczby obliczone przez nas odnoszą się do konkretnego gospodarstwa i dla ustalenia rozmiaru renty różniczkowej w innym gospodarstwie należałoby cały rachunek wykonać od nowa.

Oddzielny problem stanowi sposób obliczania średniej odległości pól. Najprostszym jest sposób graficzny, polegający na zmierzeniu na mapie długości drogi dojazdowej i odległości od drogi do środka pola, co w sumie daje tzw. odległość fizyczną. Koszt transportu zależy jednak również od częstotliwości dojazdów na poszczególne pola. Okopowe i zielonki dają większą masę przewozową z hektara a w związku z tym wymagają większej częstotliwości dojazdów niż zboża. Częstotliwość dojazdów nie jest jednak wprost proporcjonalna do masy, gdyż przy zwózce zbóż wykorzystuje się maksymalnie tylko ładowność środków przewozowych, natomiast nie wykorzystuje się ich nośności i mocy. Częstotliwość dojazdów do pól zajętych przez rośliny okopowe zwiększa bardzo transportochłonny obornik.

Tabela 6

Masa przewozowa w q i częstotliwość dojazdów przy zbożach i burakach cukrowych

Wyszczególnienie	Zboża	Buraki cukrowe
Nasiona	1,60	0,25
Nawozy mineralne	5,00	6,00
Obornik	—	300,00
Plon główny	20,00	350,00
Słoma, liście	40,00	150,00
Razem	66,60	806,25
Niewykorzystanie nośności	20,00	—
Razem	86,60	806,25
Ilość jazd ładownych (po 2,5 t)	3,5	32,3

Całkowity przebieg środków przewozowych jest w podanym przykładzie przy burakach 9 razy większy niż przy zbożu. Wielkość pracy przewozowej w tonokilometrach obliczamy jako iloczyn odległości pól i wielkości masy przewozowej podzielonej przez ładowność środka przewozowego.

Próbie ustalenia metody obliczania średniej odległości pól podjął Seidl¹, ale popełnił przy tym błąd polegający na zastąpieniu sumy pierwiastków kwadratowych składających się na arytmetyczny szereg wy-

¹ Oekonomische Neuigkeiten nr. 4 1929.

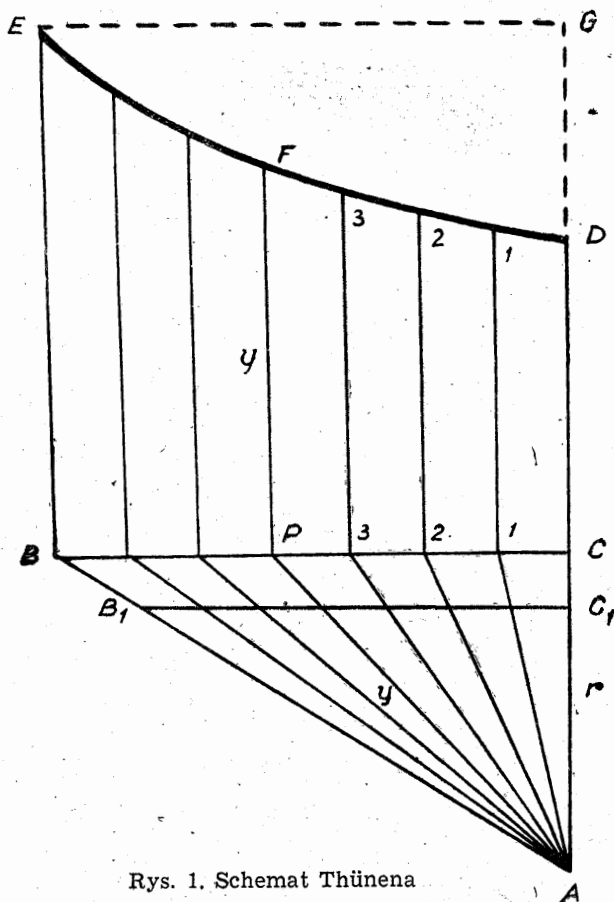
razów $\sqrt{a^2 + y^2}$ (przy rosnącym y), pierwiastkiem sumy wyrazów podpierwiastkowych. W wydaniu z 1842 r. Thünen zamieścił dodatek, w którym podał wzór na średnią odległość pola o kształcie trójkąta prostokątnego:

$$\bar{L} = \frac{1}{3} \sqrt{r^2 + x^2} + \frac{r^2}{3x} \cdot \ln \frac{x + \sqrt{r^2 + x^2}}{r}$$

gdzie r jest podstawą trójkąta a x wysokością trójkąta. Wykazał on, że wzór Seidla $\bar{L} = \frac{2}{3} \sqrt{r^2 + \frac{x^2}{3}}$ jest niedokładny i to tym bardziej im większa jest różnica pomiędzy długością przyprostokątnych ramion trójkąta.

W załączniku do wydania pracy Thünera z 1863 r. znajdujemy obszerniejsze opracowanie średniej odległości pola oraz sumy odległości (całkowitego przebiegu).

Thünen posługuje się tu również polem modelowym o kształcie trójkąta prostokątnego ACB .



Rys. 1. Schemat Thünera

Jeżeli z punktu A rozwozi się obornik na pole ACB po drogach rozchodzących się promieniście z punktu A , to suma odległości od punktu A do boku BC równa się sumie odległości od punktu A do wszystkich punktów położonych na boku BC . Odcinki te wykreślił Thünen w postaci równoległych 1—1', 2—2', 3—3', ... PF otrzymując czworobok $BCDE$ o boku ED stanowiącym odcinek hyperboli. W przypadku nieskończonej ilości punktów 1, 2, 3...n, powierzchnia czworoboku $BCDE$ stanowić będzie szukaną sumę odległości. Jeżeli oznaczymy odcinek $AC = CD = r$, $AP = PF = y$, a zmienną niezależną $CP = x$, to zgodnie z prawem Pitagorasa $y = \sqrt{r^2 + x^2}$, a stąd $y(dx) = \sqrt{r^2 + x^2} dx$, zaś suma odległości czyli powierzchnia czworoboku $BCDE$

$$\Sigma L = \int_0^r \sqrt{r^2 + x^2} dx = \frac{x}{2} \sqrt{r^2 + x^2} + \frac{r^2}{2} \ln \frac{x \sqrt{r^2 + x^2}}{r}$$

W ten sposób oblicza się sumę odległości od punktu A do boku CB . Jeżeli następny rząd obornika wywozimy na odcinek C_1B_1 , wówczas otrzymujemy nowy trójkąt AC_1B_1 , którego powierzchnię można obliczyć w identyczny sposób. Postępując tak dalej otrzymamy szereg coraz mniejszych trójkątów, które nałożone na siebie utworzą piramidę. Objętość tej piramidy stanowi sumę odległości wszystkich punktów trójkąta ACB od punktu A . Średnią odległość otrzymamy dzieląc tę sumę przez powierzchnię trójkąta.

W. Scholler¹ kontynuując pracę Thünera, przeprowadził obliczenie średniej odległości i sumy odległości dla trójkąta, dla kwadratu oraz różnych wieloboków i podał zestawienie wzorów dla praktycznego użytku. Np. dla trójkąta prostokątnego Scholler podaje: Suma odległości:

$$\Sigma L = \frac{a}{b} (b \sqrt{b^2 + a^2} + a^2 \ln) \frac{b + \sqrt{b^2 + a^2}}{a}$$

$$\text{Średnia odległość: } \bar{L} = \frac{1}{3} \frac{1}{b} \left(b \sqrt{b^2 + a^2} + a^2 \ln \frac{b + \sqrt{b^2 + a^2}}{a} \right)$$

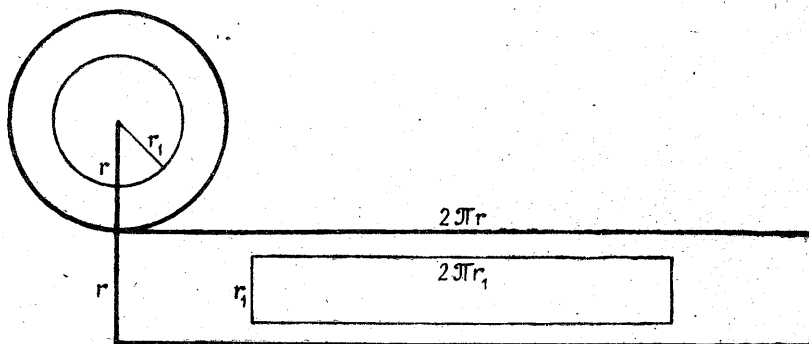
gdzie a i b są przyprostokątnymi bokami trójkąta, zaś punkt wyjściowy P leży w szczycie kąta utworzonego przez bok a i przeciwprostokątną.

Ciekawe obliczenie dla koła wykonał na seminarium w Rostoku w 1907 r. H. Wenckstern². Jeżeli przeprowadzimy drogę od środka koła do dowolnego punktu położonego na obwodzie i jeżeli następnie obwód koła, który składa się z nieskończonej ilości takich punktów rozwiniemy w odcinek o długości $2\pi r$, wówczas drogi r poprowadzone równoległe do do siebie, a prostopadle do każdego punktu odcinka, utworzą powierzchnię

¹ W. Scholler. Die Mittlere Entfernung eines Punktes von einer Fläche, Berlin 1949, s. 79.

² Streszczenie obliczenia Wencksterna przytaczamy, ponieważ praca ta nie jest publikowana. Znajduje się ona w Archiwum Thünera w Rostoku. Są to dwie strony maszynopisu oraz załącznik z roku 1949 (?), w którym autor uzupełnia swą pracę z 1907 r. koncepcją zastosowania średniej odległości w kole jako podstawy obliczania współczynnika ukształtowania rozłogu. Metodą H. Wencksterna posłużył się Scholler w cytowanej książce.

prostokąta o boku dłuższym $2\pi r$ i krótszym $= r$ (rys.3). Powierzchnia tego prostokąta wynosi $2\pi r^2$ i stanowi sumę wszystkich odległości od środka koła do jego obwodu. Jeżeli promień r podzielimy na nieskończoną ilość odcinków i zatoczmy nieskończoną ilość coraz mniejszych kół, a następ-



Rys. 2.

nie wykreślimy nieskończoną ilość wspomnianych wyżej prostokątów i ułożymy je na sobie, otrzymamy ostrosłup o wysokości $= r$, którego objętość $= \frac{1}{3} r \cdot 2\pi r^2 = \frac{2\pi \cdot r^3}{3}$ stanowi sumę odległości wszystkich punktów powierzchni koła od jego środka. Średnią odległość otrzymujemy z podzielenia objętości przez powierzchnię koła.

$$L = \frac{2\pi r^3}{3\pi r^2} = \frac{2}{3} r$$

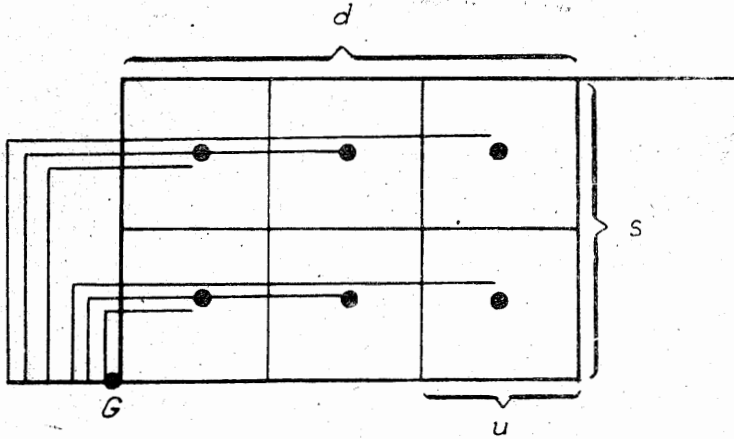
Wzorem tym posłużono się przy opracowaniu tabeli 5.

Zasługą Thünera jest postawienie problemu średniej odległości pól i zapoczątkowanie jej obliczania. Niemniej metoda Thünera i jej wyniki budzą pewne zastrzeżenia. Po pierwsze, przyjęty przez Thünera promienisty układ dróg w stosunku do punktu wyjściowego P rzadko spotyka się w praktyce. Zazwyczaj wóz jedzie po drodze wzdłuż jednego z boków pola, następnie skręca na pole pod kątem prostym dla ułożenia w rząd kupek obornika. Podobnie porusza się ciągnik z roztrzaskaczem, aby jak najkrótszą drogę odbywać po miękkim gruncie na polu, oraz aby korzystać z kolein zrobionych podczas pierwszej jazdy polem. Po drugie, metoda Thünera wymaga zastosowania rachunku całkowitego, a w wynikowych wzorach zawiera logarytmy, co praktykom rolnikom nastęczałoby zbyt wiele trudności. Z tych względów bardziej praktyczna wydaje się metoda zastosowana przez J. Kozłiska, który przyjął do obliczeń pole o kształcie kwadratu lub prostokąta oraz jazdę po drodze i po polu według przedstawionego schematu (wykres 2).

W rogu pola znajduje się punkt G (ośrodek, pryzma, kopiec, sterta), z którego lub do którego wozi się ładunek na polu. Kozłiskę zakłada pole o szerokości s i długości d , podzielone na tyle kwadratowych poletek o boku u , ile trzeba wykonać jazd ładownych pojazdem o ładowności q .

Żeby rozwiązać cały ładunek Q znajdujący się w punkcie G , ilość poletek (= ilość jazd ładownych) musi wynosić: $n = \frac{Q}{q}$

Jeżeli pojazd jedzie drogą przebiegającą wzdłuż szerokości pola a następnie w połowie szerokości każdego z poletek skręca i jedzie przez pole



Rys. 3. Schemat Kozłiska

do środka każdego z poletek znajdujących się w danym ich rzędzie, gdzie zostaje złożony ładunek, wówczas pierwszy przebieg po drodze wynosi $\frac{u}{2}$, zaś ostatni $(S - \frac{u}{2})$, ponieważ pojazd nie dojeżdża do końca drogi s . Suma przebiegów ładownych po drodze stanowi szereg arytmetyczny:

$$\frac{u}{2} + \frac{3u}{2} + \frac{5u}{2} + \dots + \left(S - \frac{u}{2}\right) = \frac{s}{2} \cdot \frac{s}{u} \cdot \frac{d}{u} = \frac{s^2 d}{2u^2}$$

Podobnie przebieg po polu stanowi szereg: $\frac{u}{2} + \frac{3u}{2} + \frac{5u}{2} + \dots + (d - \frac{u}{2}) = \frac{d}{2} \cdot \frac{d}{u} \cdot \frac{s}{u} = \frac{d^2 s}{2u^2}$

$$\text{Całkowity przebieg} = \frac{s^2 d}{2u^2} + \frac{d^2 s}{2u^2} = \frac{ds}{u^2} \left(\frac{s}{2} + \frac{d}{2} \right)$$

Ponieważ u^2 stanowi powierzchnię jednego poletka, do którego środka dostarcza się ładunek q , zaś $d \cdot s$ jest powierzchnią całego pola, na które wywozi się masę Q , więc stosunek $\frac{ds}{u^2} = \frac{Q}{q}$ równa się ilości jazd ładownych.

Podstawiając $\frac{Q}{q}$ do poprzedniego wzoru otrzymujemy, że całkowity przebieg jazd ładownych $(K_t) = \frac{Q}{q} \left(\frac{s}{2} + \frac{d}{2} \right)$, a stąd średnia odległość

$$= \bar{L} = \left(\frac{s}{2} + \frac{d}{2} \right).$$

Jeżeli pole jest kwadratem o boku równym d , to wzór ten uprości się

$$\text{jeszcze bardziej: } \frac{Q}{q} \left(\frac{d}{2} + \frac{d}{2} \right) = \frac{Q}{q} \cdot d, \text{ a stąd: } \bar{L} = d.$$

Praca przewozowa wyrażona w tonokilometrach jest taka sama, gdy cały ładunek Q zwieziemy na środek pola, czy też rozwieziemy go równomiernie po całej powierzchni. Średnia odległość równa się przy prostokacie połowie sumy boków, a przy kwadracie długości boku.

J. Kozišek rozpatruje różne warianty pól prostokątnych o rozmaitym stosunku szerokości do długości, o punkcie G położonym nie w rogu, lecz na jednym z boków oraz wewnątrz prostokąta. Dla trójkąta prostokątnego, jeżeli punkt G leży przy ostrym kącie:

$$K_t = \frac{Q}{q} \left(\frac{d}{3} + \frac{2s}{3} \right), \quad \bar{L} = \left(\frac{d}{3} + \frac{2s}{3} \right).$$

Jeżeli punkt G leży w wierzchołku kąta prostego:

$$K_t = \frac{Q}{q} \left(\frac{d}{3} + \frac{s}{3} \right), \quad \bar{L} = \left(\frac{d}{3} + \frac{s}{3} \right)$$

gdzie d jest wysokością trójkąta, zaś s jego przeciwprostokątną.

* * *

Ustalenie średniej odległości pól niezbędne jest do obliczenia współczynnika konfiguracji rozłogu. Najmniejszą średnią odległość wszystkich punktów powierzchni od środka figury posiada koło. Im bardziej figura różni się od koła (przy tej samej powierzchni), tym większa jest średnia odległość. Gospodarstwa rolne wyjątkowo tylko posiadają regularny kształt rozłogu. Zazwyczaj rozłóg ma kształt wieloboku, często nieforemne. Zmiany średniej odległości powodują zmiany czasu potrzebnego na dojazdy do pól, dowóz narzędzi, nasion oraz wózków ziemiopłodów.

Współczynnik ukształtowania rozłogu przydatny jest przy analizie porównawczej gospodarstw, pozwalając eliminować „niezawiniony” wzrost kosztów transportu w gospodarstwie o gorszej konfiguracji, przy pracach urządzeniowych, przy wymianie gruntów, przy planowaniu kosztów transportu wewnętrznego itp.

Istnieją trzy metody obliczania współczynnika konfiguracji rozłogu. Pierwsza polega na podzieleniu iloczynu obwodu rozłogu i średniej odległości rzeczywistej przez powierzchnię gospodarstwa. Metoda ta jednak nie jest dokładna, gdyż przy figurach nieregularnych obwód nie zmienia się proporcjonalnie do powierzchni, co powoduje, że gospodarstwo o korzystniejszej konfiguracji może mieć gorszy współczynnik i odwrotnie.

Pozostałe dwie metody polegają na obliczeniu stosunku średniej odległości rzeczywistej do średniej odległości idealnej, czyli odległości dla

tej samej powierzchni o idealnym ukształtowaniu. Różnica pomiędzy tymi metodami polega na tym, że w jednej jako figurę idealną przyjmuje się koło (Wenckstern, Bogusławski i Żurowski), a w drugiej kwadrat jako figurę bardziej zbliżoną do warunków rzeczywistych. Koło jest w tym przypadku figurą nie tyle idealną co abstrakcyjną¹. W obu metodach zakłada się ośrodek położony w środku figury.

Przy niezmienionej powierzchni a zmieniającej się średniej odległości zarówno całkowita praca przewozowa, jak i odległość przewozu 1 tony zmienia się w tym stosunku, w jakim pozostają średnia odległość rzeczywista (L_r) oraz idealna (L_i).

$$U = \frac{L_r}{L_i}$$

Średnia odległość idealna dla powierzchni sprowadzonej do kształtu koła:

$$\bar{L}_i = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{P}{\pi}} = 0,3761 \cdot \sqrt{P},$$

gdzie P oznacza powierzchnię gospodarstwa.

Dla kwadratu przy promienistym² rozchodzeniu się pól średnia odległość wynosi:

$$\bar{L}_i = \frac{1}{6} a \left[\sqrt{2} + \ln(1 + \sqrt{2}) \right] = 0,3826 a = 0,3826 \cdot \sqrt{P}$$

gdzie a jest bokiem kwadratu.

Dla kwadratu z drogami idącymi wzdłuż pól i od środka boku do środka każdego pola³ średnia odległość wynosi:

$$\bar{L}_i = \frac{a}{2} = \frac{\sqrt{P}}{2} = 0,5 \cdot \sqrt{P}.$$

Wydaje się, że należy stosować jedną z tych trzech metod zależnie od konkretnych warunków.

Na wielkość i koszt transportu wewnętrznego w gospodarstwie rolnym wpływa wielkość masy przewozowej w większym stopniu niż odległość przewozu. Jak wykazaliśmy poprzednio, decydującym czynnikiem jest transport okopowych. Ponieważ stanowisko okopowych w płodozmianie zmienia się co roku, praca przewozowa, jaką trzeba w gospodarstwie wykonać, maleje lub rośnie zależnie od położenia pól okopowych w stosunku do ośrodka. Bogusławski i Żurowski wprowadzają pojęcie „średniej wagowej”, tj. średniej odległości przewozu jednej tony, która ma tę zależność zobrazować. Ponieważ wielkość masy przewozowej z każdego pola nie jest jednakowa, a również niejednakowe są odległości poszczególnych pól średnią odległość przewozu 1 tony trzeba obliczyć jako średnią ważoną:

$$L_a = \frac{L_1 Q_1 + L_2 Q_2 + \dots + L_n \cdot Q_n}{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n} = \frac{P}{\Sigma Q}$$

¹ St. Moszczeński. Nowy sposób ujmowania kształtu rozłogu ziemi — Bibl. Puławska, Warszawa 1927.

² Według W. Schollera

³ Według J. Kosińska

P — oznacza pracę przewozową w tonokilometrach, Q masę przewozową w tonach, L średnią odległość pól, a oznaczenia cyfrowe przy symbolach odpowiadają numeracji pól.

Obliczenie takie może być pomocne przy organizacji gospodarstwa, można bowiem obliczyć, czy na przykład opłaci się bardziej odległy, lecz żyzniejszy kompleks glebowy zagospodarować intensywnie, czy też koszty transportu pochłoną w tym wypadku rentę itp.

Na zakończenie podamy parę przykładów zmiany wielkości transportu wewnętrznego zależnie od zmiany obszaru gospodarstwa. Jeżeli zmieni się wielkość gospodarstwa na skutek np. nowego podziału gruntów między dwoma sąsiadującymi PGR, przekazania części gruntów pod zalesienie czy sprzedaż, wówczas wielkość pracy przewozowej zmieni się, jak to udowodniliśmy poprzednio, w stosunku $n\sqrt{n}$, gdzie n jest stosunkiem nowej powierzchni (p_1) do starej (p_0).

$$n\sqrt{n} = \frac{P_1}{p_0} \sqrt{\frac{P_1}{p_0}}$$

Jeśli na przykład gospodarstwo o powierzchni 400 ha zmniejszono na 324 ha (przy niezmienionym kształcie rozłogu), to praca przewozowa zmieni się w stosunku:

$$\frac{324}{400} \cdot \sqrt{\frac{324}{400}} = 0,81 \cdot \frac{18}{20} = 0,73$$

Powierzchnia zmniejszyła się o 24%, a praca przewozowa o 27%. Jeżeli inne gospodarstwo o powierzchni 400 ha powiększono o 225 ha przez przejście gruntów od sąsiedniego gospodarstwa, to praca przewozowa zmieni się w stosunku:

$$\frac{625}{400} \cdot \sqrt{\frac{625}{400}} = 1,5625 \cdot \frac{25}{20} = 1,953$$

Powierzchnia wzrosła w tym wypadku o 56%, a praca przewozowa o 95,3%.

Jeżeli jednak współczynnik konfiguracji rozłogu również się zmieni, to trzeba przeprowadzić dodatkową korektę. Załóżmy, że w przykładzie 2 gospodarstwo przed powiększeniem miało współczynnik $U_0 = 1,40$, a po powiększeniu $U_1 = 1,54$.

$$\frac{U_1}{U_0} = \frac{1,54}{1,40} = 1,10$$

Współczynnik wzrostu pracy przewozowej wyniesie wówczas nie 1,953 lecz 2,148 ($1,953 \times 1,10$).

Sumaryczny wzór na zmianę współczynnika wielkości pracy przewozowej można przedstawić w postaci:

$$K_p = \frac{L Q_1}{L Q_0} \cdot \frac{U_1}{U_0} \cdot \frac{P_1}{p_0} \cdot \sqrt{\frac{p_1}{p_0}}$$

Przy tym obliczeniu obojętne jest, jakiej metody użyto dla obliczenia współczynnika konfiguracji rozłogu, byle tej samej dla rozłogu przed i po zmianie.

ЕЖЫ ВОЛЬЩАН
Политехника в Щецине

ВНУТРЕННИЙ ТРАНСПОРТ В КРУПНЫХ ХОЗЯЙСТВАХ

Резюме

Пространственный характер сельскохозяйственного производства вызывает большие затраты в транспорте, в котором ангажированы 30—50% тягла. Размер внутренних перевозок в хозяйстве зависит от площади хозяйства и последственного расстояния участков, расстановки сети внутренних полей, структуры и уровня производства а также от конфигурации полей.

Самыми транспортёмкими культурами являются зелёные корма и пропашные культуры. Это вызывает — в случае роста удельного веса пропашных культур в структуре посевов — рост затрат на транспорт, которые, при увеличении расстояния полей, могут снизить к нулю дифференциальную ренту. Отсюда вытекает вывод, что больший вес пропашных культур в структуре обсева возможен только в меньших хозяйствах.

Технический прогресс, уменьшая затраты транспорта, является — при данном размере хозяйства — фактором интенсивности производства, а в производственных кооперативах, фактором поощряющим к увеличению площади хозяйств путём принятия новых членов кооператива.

JERZY WOLSZCZAN,
Szczecin Politechnic

INTERNAL TRANSPORT IN LARGE-SIZE FARMHOLDINGS

Summary

Spacious character of agricultural production brings about high costs of transport which in turn involves 30 to 50 per cent of the total draught power. The scope of farm internal haulage depends upon the farm size and subsequent distance of fields location, structure of internal communication route-net, structure and level of production, as also configuration of plain. The most transport-consuming crops are green forage plants and root plants. The growth of the participation of root plants in the sowing structure involves raise of transportation costs and may nullify the land revenue. Hence comes a conclusion that greater participation of root plants in the sowing structure is possible but in smaller farms. Technical progress cuts down the transportation costs and constitutes, by the given farm size, a factor of intensification of production, and in agricultural co-operatives it actuates and encourages enlargement of holdings by enrolling new members.