

TARTU NÄIDISOVHOOSI TRAKTORIPARGI RATSIONAALSE STRUKTUURI PLANEERIMISE MAJANDUSMATEMAATILINE MUDEL

V. Tamm

Rahvamajandusharude ökonomika kateeder

Tartu näidissovhoosi traktoripargi ratsionaalse struktuuri planeerimisel tuleb lähtuda pingeliste perioodide vajadustest. Orienteerivate pingeliste perioodide täpsustamisel traktoripargi koormusegraafikute abil selgus, et vaatluse alla on otstarbekas võtta kuus pingelist dekaadi.

Pingeline dekaad	Dekaadi šiffer
20. apr. — 30. apr.	1
1. mai — 10. mai	2
20. juuni — 30. juuni	3
10. juuli — 20. juuli	4
31. aug. — 10. sept.	5
30. sept. — 10. okt.	6

Majandusmatemaatilise mudeli koostamiseks on vaja leida traktorite esialgsed tüübid. Need tüübid peavad rahuldama otsekulude minimiseerimise tingimust, s.t. et iga tehnoloogilise operatsiooni teostamiseks peab eisalgsete tüüpide hulgas olema vähemalt üks traktor minimaalsete otsekuludega ühe töödeldava hektari kohta.

Et vältida küllaltki tülikat otsekulude arvutamist ja võrdlemist erinevate traktorite lõikes, kasutame ära otsekulude ja vahetusnormide suuruse vahel valitseva seose. Seose iseloomustamiseks toome tabelis 1 mõningad tehnoloogilised operatsioonid.

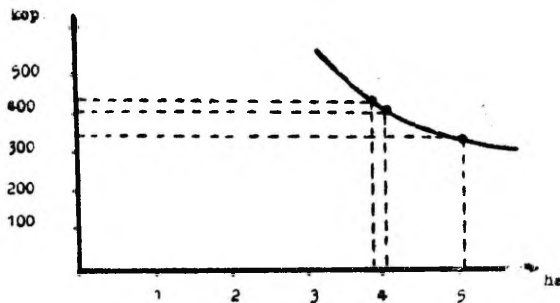
Ühe töödeldud hektari kohta tulevate otsekulude (kop.)
ja vahetusnormide suuruste (ha) vaheline seos

Tehnoloogiline operatsioon	Võimalikku kasutamist leidvate traktorite margid koos vastavate otsekuludega ning vahetusnormidega		
Haljasväetise sisseküünd	DT-75 või T-74	DT-54 A	DT-54
	II-5-35	KC-4-35	II-5-35
	340,0	401,4	424,0
	5,1	4,2	3,9
Heina riisumine	RS-09	DT-20	—
	E-451	TT-6	
	61,5	67,3	
	20,0	17,0	
Äestamine	DT-20	RS-09	DT-14
	B3H-4	B-391	B3H-4
	72,4	72,6	72,7
	14,0	13,2	12,2
Rullimine	MT3 tüübid	DT-14	DT-20
	3KBT-1,4	3KK-6	3KBT-1,4
	90,4	93,0	103,2
	14,6	12,2	10,8

Tabelist nähtub, et iga tehnoloogilise operatsiooni puhul on minimaalsete otsekuludega traktoriagregaadi vahetusnorm maksimaalne. Näiteks haljasväetise sissekünnil on minimaalsete otse-

kuludega traktoriagregaadiks DT-75 või T-74 ning haakesead
 II-5-35 (340,0 kop. hektari kohta). Vahetusnorm on antud juhul
 teiste traktoritüüpidega võrreldes kõige suurem (5,1 hektarit).

Kujutame nüüd seose graafiliselt.



Joonis 1.

Vahetusnormi ja ühele hektarile tulevate otsekulude vaheline sõltuvus haljasa-
 väetise sissekündmisel erinevate traktoritega.

On ilmne, et sõltuvus on pöördvõrdeline. Seega võime esialg-
 sete traktoritüüpide leidmisel otsekulude minimeerimise võtte
 asemel kasutada vahetusnormide maksimeerimise võtet.

Tartu nädissovhoosi tingimustes saime 1970. a. tootmisüles-
 annetest lähtudes esialgseid traktoritüüpe viis:

Esialgsed traktoritüübid	Tähistus
MT3 tüübid	x
T-74 või DT-75	y
RS-09 või T-16	z
DT-20	v
DT-54 või DT-55	q

Pingeliste dekaadide jooksul tuleb Tartu nädissovhoosis teos-
 tada 67 tehnoloogilist operatsiooni 11 kultuuri juures.

Iga tehnoloogilise operatsiooni jaoks on mudelis üks võrrand (vt. tabel 2). Võrrandi üldkuju on

$$k_i x_i + l_i y_i + m_i z_i + n_i v_i + p_i q_i = b_i,$$

$$\begin{aligned} \text{kus } x_i &\geq 0 \\ y_i &\geq 0 \\ z_i &\geq 0 \\ v_i &\geq 0 \\ q_i &\geq 0 \end{aligned}$$

$$i = (1, 2, 3, \dots, 67).$$

x_i, y_i, z_i, v_i , ja q_i — vastava tehnoloogilise operatsiooni teostamiseks vajalik traktorite arv;

k_i, l_i, m_i, n_i , ja p_i — vastavad vahetusnormid hektarites korutatuna tööde teostamiseks lubatud ajaga päevades;

b_i — tehnoloogilise operatsiooni maht hektarites (vabaliige).

Sihifunktsioon, mis on formuleeritud traktoripargi ratsionaalse struktuuri planeerimise majandusmatemaatilise mudeli järgi, tagab pargi sellise koosseisu, kus koormus jaotub pingelistel dekaadidel kogu pargile võimalikult ühtlaselt. Sisuliselt tähendab see, et dekaadide lõikes leitakse iga traktoritüübi maksimaalne vajalik arv nii, et nende summa on minimaalne.

Sellise lähenemisviisi puhul me ei sea eesmärgiks teostada iga tehnoloogiline operatsioon just selle traktoriga, mille puhul otsekulud on tingimata minimaalsed, vaid lubame traktoripargi efektiivsema kasutamise huvides teatud otsekulude suurenemist igal dekaadil vabade traktorite rakendamisega töödele, kus otsekulud pole minimaalsed, aga mis on vajalikud traktoripargi suuruse minimiseerimise huvides.

Järgnevalt toome ära mudeli tabel 2 kujul. Tehnoloogiliste operatsioonide ja kultuuride sõnaline loetelu jääb ruumi kokkuhoiu mõttes toomata. Mudelis on sõnaline informatsioon toodud šifritest koosnevate karakteristikute näol. Näiteks kolmanda võrrandi karakteristik on 031012. Karakteristiku kaks esimest kohta näitavad võrrandi järjekorranumbrit. Kolmas koht on pingelise dekaadi šiffer (antud juhul 1. pingeline dekaad). Neljas ja viies koht on kultuuri šiffer (antud juhul 1., s. o. talirukis). Karakteristiku viimane koht on tehnoloogilise operatsiooni šiffer (antud juhul tähendab operatsiooni šiffer 2 lämmastikväetiste külvi).

Karakteristikute abil on meil lihtne peale mudeli lahendamist minna vastavaid loetelusid kasutades konkreetsete sõnaliste tähenduste juurde tagasi.

Traktoripargi optimaalse struktuuri leidmise majandusmatemaatiline mudel
Tartu nädissovhoosis

Siidrid				Vahetusnormid hektarites korrutatuna tööde teostamiseks lubatud päevade arvuga					Tööde mahud hektarites (vabaliik- med)
võr- rand	peri- ood	kul- tuur		X_i	Y_i	Z_i	V_i	Q_i	
1	2	3	3	5	6	7	8	9	10
01	1	01	1	250 · 10	240 · 10	100 · 10	115 · 10	220 · 10	250
02	1	01	2	21 · 10	0	9,5 · 10	10,4 · 10	0	250
03	1	02	1	74 · 10	73 · 10	29 · 10	33 · 10	63 · 10	1500
04	1	02	2	21 · 10	0	9,5 · 10	10,4 · 10	0	1500
05	1	04	1	26 · 10	25 · 10	9,3 · 10	12 · 10	22 · 10	125
06	1	04	2	21 · 10	0	9,5 · 10	10,4 · 10	0	125
07	1		3	15,5 · 10	9,6 · 10	0	0	7,5 · 10	125
08	1	05	1	26 · 10	25 · 10	9,3 · 10	12 · 10	22 · 10	185
09	1	05	2	21 · 10	0	9,5 · 10	10,4 · 10	0	185
10	1	06	1	65 · 10	60 · 10	25 · 10	29 · 10	55 · 10	600
11	1	06	2	21 · 10	0	9,5 · 10	10,4 · 10	0	600
12	1	06	3	0	0	13,2 · 10	14,0 · 10	0	600
13	1	07	1	43 · 10	40 · 10	17 · 10	17,5 · 10	36 · 10	300
14	1	07	2	21 · 10	0	9,5 · 10	10,4 · 10	0	300
15	1	08	1	74 · 10	73 · 10	29 · 10	33 · 10	63 · 10	140
16	1	08	2	21 · 10	0	9,5 · 10	10,4 · 10	0	140
				16 $\sum_{i=1} X_i$	16 $\sum_{i=1} Y_i$	16 $\sum_{i=1} Z_i$	16 $\sum_{i=1} V_i$	16 $\sum_{i=1} Q_i$	

Tabel 2 (järg)

1	2	3	3	5	6	7	8	9	10
17	2	01	3	14,6 · 10	22 · 10	0	0	18,2 · 10	250
18	2	02	3	14,6 · 10	22 · 10	0	0	18,2 · 10	1500
19	2	02	3	87 · 10	83 · 10	35 · 10	40 · 10	77 · 10	1500
20	2	02	4	20,8 · 10	26,9 · 10	0	5,6 · 10	20,4 · 10	1500
21	2	02	5	20,8 · 10	0	13,2 · 10	10,8 · 10	0	1500
22	2	03	1	0	0	4 · 10	0	0	185
23	2	03	2	52 · 10	48 · 10	20 · 10	23 · 10	44 · 10	185
24	2	03	3	21 · 10	0	9,5 · 10	10,4 · 10	0	185
25	2	03	4	15,5 · 10	9,6 · 10	0	0	7,5 · 10	185
26	2	03	5	14,6 · 10	22 · 10	0	0	18,2 · 10	92,5
27	2	03	6	0	8,7 · 10	0	0	8,0 · 10	92,5
28	2	04	4	14,6 · 10	22 · 10	0	0	18,2 · 10	125
29	2	04	5	0	0	6,3 · 10	6,3 · 10	0	125
30	2	05	4	20 · 10	28 · 10	0	0	22,0 · 10	370
31	2	08	3	14,6 · 10	0	0	0	18,2 · 10	70
32	2	08	4	87 · 10	82 · 10	35 · 10	40 · 10	77 · 10	140
33	2	08	5	20,8 · 10	26,9 · 10	0	5,6 · 10	20,4 · 10	140
34	2	08	6	14,6 · 10	0	13,2 · 10	10,8 · 10	0	140
				34 $\sum_{i=17} x_i$	34 $\sum_{i=17} y_i$	34 $\sum_{i=17} z_i$	34 $\sum_{i=47} v_i$	34 $\sum_{i=17} q_i$	

Tabel 2 (järg)

1	2	3	2	5	6	7	8	9	10
35	3	06	1	65 · 10	60 · 10	25 · 10	29 · 10	55 · 10	600
36	3	06	2	0	0	8,6 · 10	9,6 · 10	0	600
37	3	05	1	260 · 10	243 · 10	101 · 10	116 · 10	222 · 10	185
38	3	05	2	0	0	6,2 · 10	6,2 · 10	0	185
39	3	09	1	0	0	6,7 · 10	6,7 · 10	0	710
40	3	11	1	5 · 10	5 · 10	0	0	0	100
41	3	11	2	1,3 · 10	1,0 · 10	0	0	0	100
42	3	11	3	0	10 · 10	0	0	0	100
43	3	10	1	0	0	6,7 · 10	6,7 · 10	0	77
44	3	10	2	1,3 · 10	1,0 · 10	0	0	0	77
45	3	08	1	0	0	7 · 10	7 · 10	0	47
46	3	07	1	0	0	7 · 10	7 · 10	0	300
				46 $\sum_{i=35} x_i$	46 $\sum_{i=35} y_i$	46 $\sum_{i=35} z_i$	46 $\sum_{i=35} v_i$	46 $\sum_{i=35} q_i$	
47	4	01	1	0	30 · 10	0	0	0	90
48	4	01	2	5,3 · 10	0	0	0	0	90
49	4	09	4	2,5 · 10	3 · 10	1,1 · 10	1,2 · 10	0	710
50	4	07	4	2,5 · 10	3 · 10	1,1 · 10	1,2 · 10	0	300
				50 $\sum_{i=47} x_i$	50 $\sum_{i=47} y_i$	50 $\sum_{i=47} z_i$	50 $\sum_{i=47} v_i$	50 $\sum_{i=47} q_i$	

Tabel 2 (järg)

1	2	3	2	5	6	7	8	9	10
51	5	02	1	9 · 10	0	5 · 10	0	0	1500
52	5	02	2	0	0	0	10 · 10	0	1500
53	5	02	3	15 · 10	0	0	0	0	1500
54	5	05	1	3,2 · 10	3,2 · 10	0	0	3,2 · 10	185
55	5	05	2	0,8 · 10	0,7 · 10	0,4 · 10	0	0	185
56	5	05	3	0	10 · 10	0	0	10 · 10	185
57	5	07	1	0	6,2 · 10	0	0	0	25
				57 $\sum x_i$ i=51	57 $\sum y_i$ i=51	57 $\sum z_i$ i=51	57 $\sum v_i$ i=51	57 $\sum q_i$ i=51	
58	6	01	2	3,5 · 10	6,2 · 10	0	0	5,0 · 10	50
59	6	02	5	3,5 · 10	6,2 · 10	0	0	0	750
60	6	03	4	6 · 10	0	0	0	0	185
61	6	03	6	3,5 · 10	6,2 · 10	0	0	0	185
62	6	04	1	2,8 · 10	0	0	2,8 · 10	0	62,5
63	6	04	2	0	0	0,21 · 10	0,25 · 10	0	62,5
64	6	04	3	43 · 10	0	0	0	0	62,5
65	6	04	4	40 · 10	0	0	0	0	62,5
66	6	04	6	3,5 · 10	6,2 · 10	0	0	5,0 · 10	62,5
67	6	08	1	3,5 · 10	6,2 · 10	0	0	5,0 · 10	140
				67 $\sum x_i$ i=58	67 $\sum y_i$ i=58	67 $\sum z_i$ i=58	67 $\sum v_i$ i=58	67 $\sum q_i$ i=58	

kus $x_i \geq 0$; $y_i \geq 0$; $z_i \geq 0$; $v_i \geq 0$; $q_i \geq 0$.

Traktorite vajadused igal dekaadil on toodud mudelis vahe-
summadena.

Tähistame sama tüüpi traktorite vahesummad vastavalt
 X_j, Y_j, Z_j, V_j ja Q_j ,

kus $j = (1, 2, \dots, 6)$.

Sihifunktsioonil on siis järgmine kuju:

leida $\max X_j + \max Y_j + \max Z_j + \max V_j + \max Q_j = \min$.

Mudeli lahenduskäik on toodud tabeli 3 kujul. Tabeli veer-
udes on erinevate traktorimarkide vajadused tehnoloogiliste
operatsioonide lõikes. Näiteks MT3 veerus 448-1,7. Siin 448 näi-
tab, et tegemist on 4. dekaadi ja 48-nda võrrandiga. 1,7 näitab
operatsiooni teostamiseks vajalikke MT3 tüüpi traktorite arvu.

Valime mudelis kõigepealt need võrrandid (tehnoloogilised
operatsioonid), kus on võimalik kasutada ainult ühte traktori-
tüüpi. Leiame nende operatsioonide teostamiseks vajalikud traktori-
torite arvud järgmise tehtega, näit. 48. võrrandis:

$$x_{43} = \frac{90}{5,3 \cdot 10} = 1,7 \text{ tk.}$$

Tulemused kanname vastavatesse veergudesse tabelis 3 ja
teeme esimese vahekokkuvõtte traktorite vajaliku arvu kohta
pargis. Selleks leiame iga traktoritüübi jaoks kõige pingelisema
dekaadi vajaduse. Näiteks MT3 veerus kuuluvad võrrandid 60,
64 ja 65 6-ndasse dekaadi. Kuuenda dekaadi vajalik traktorite
arv, mida tuleb vahekokkuvõtte tegemisel arvestada, on seega
 $3+2,7+0,16 = 5,86$ tk. Viienda dekaadi vajadus MT3 järele on
aga antud juhul suurem — 10 tk. Esimese vahekokkuvõtte järgi
on MT3 tüüpi traktorite vajalik arv pargis 10, traktorite 7-74
või DT-75 vajalik arv 2,25, RS-09 või T-16 vajalik arv 4,6, DT-20
vajalik arv 15 ning DT-54 või DT-55 vajalik arv 0.

Nüüd võtame vaatluse alla need võrrandid, kus on võimalik
kasutada kahte traktoritüüpi. Esimeses vahekokkuvõttes toodud
traktoreid vaatleme olemasoleva pargina. Vaatleme võrrandit
36. Antud tehnoloogilist operatsiooni on võimalik teostada RS-09
või T-16 ning DT-20 tüüpi traktoritega. Eelistame seda, mille
vahetusnorm on suurem (DT-20):

$$v_{36} = \frac{600}{9,6 \cdot 10} \approx 6,2 \text{ tk.}$$

Antud vajaduse saame rahuldada olemasolevast pargist, kus
traktorite DT-20 arv on juba I vahekokkuvõttes 15 tk. Ka
38-ndas võrrandis võime vajadused rahuldada täielikult DT-20
arvelt:

$$v_{38} = \frac{185}{6,2 \cdot 10} \approx 3 \text{ tk.}$$

Võrrandis 39 tuleb aga lisa võtta RS-09 või T-16 arvelt, kuna kolmandal dekaadil vabaks jäänud 5,8 traktorit DT-20 ei kindlusta antud operatsiooni tähtajalist täitmist. Puudujäägi katavad 4,8 RS-09 või T-16. Tulemused kanname tabelisse 3 ja teeme teise vahekokkuvõtte. Leiame jällegi kõige pingelisemate dekaadide vajadused. Siinjuures arvestame vajadusi tabeli algusest alates. MT3 veerus on kõige pingelisem 5. dekaad. Vajadus 5. dekaadis on $10 + 13,7 = 23,7$ tk. Vajalikud arvud pargis on seega: MT3 tüübid — 23,7 tk., T-74 või DT-75 — 15 tk., RS-09 või T-16 — 12 tk., DT-20 — 15 tk. ja DT-54 või DT-55 — 0 tk. Tabeli edasisel täitmisel arvestame nüüd teist vahekokkuvõtet olemasoleva pargina jne.

Üldreeglina kasutame operatsiooni teostamisel alati kõigepealt ära olemasolevad suurima vahetusnormiga traktorid, seejärel olemasolevad suuruselt järgmise vahetusnormiga traktorid jne. Kui kõik antud operatsiooni teostamiseks sobivad traktorid on ära kasutatud ja töö maht pole siiski täidetud, siis suurendame vajalikul määral antud operatsiooni seisukohalt suurima vahetusnormiga traktorite arvu pargis.

Ülesanne on lahendatud, kui oleme leidnud traktorite vajalikud arvud ka nende operatsioonide teostamiseks, kus on viis kasutamiseks sobivat traktoritüüpi. Viimane vahekokkuvõte ongi traktoripargi optimaalne struktuur. Kui pingeliste dekaadide transporditööd teha kõik traktorite abil, siis oleks pargi optimaalne struktuur Tartu näidissovhoosi tootmisprofiili ja looduslikke tingimusi arvestades järgmine: MT3 tüübid — 31 tk., T-54 või DT-75 — 20 tk., RS-09 või T-16 — 12 tk., DT-20 — 15 tk. ja DT-54 või DT-55 — 0 tk.

Tabel 3

**Traktoripargi optimaalse struktuuri leidmise
ülesande lahenduskäik**

MT3 tüübid	T-74 või DT-75	RS-09 või T-16	DT-20	DT-54 või DT-55
1	2	3	4	5
448-1,7	342-1	222-4,6	552-15	
553-10	447-0,3			
660-3	557-0,4			
664-2,7	556-1,85			
665-0,16				
1 10	2,25	4,6	15	

Tabel 3 (järg)

1	2	3	4	5
341-7,7	227-1	339-4,8	112-4,3	
344-0,6	659-12	343-1,2	229-2	
551-13,7	661-3	345-0,7	336-6,2	
340-2		551-5,3	338-2	
662-2,2		663-12	339-5,8	
		346-4	663-15	
II 23,7	15	12	15	
102-1,2	217-1,1	555-6,7		
104-7,1	218-7			
106-0,6	226-0,4			
	228-0,6			
107-0,8	230-1,3			
109-0,9	231-0,3			
111-2,9	554-3			
114-1,4	555-14,6			
116-0,7				
221-10,2				
224-0,9				
225-1,2				
234-1				
555-7				
658-0,5				
667-4				
III 30,7	19,85	12	15	
449-10,4	220-5,5			
450-12	233-0,5			
	449-15			
IV 30,7	19,85	12	15	
101-0,1				
103-2				
105-0,5				
108-0,7				
110-1				
113-0,7				
115-0,2				
219-1,7				
223-3,5				
232-0,16				
335-0,9				
337-0,1				
V 30,7	19,85	12	15	

Kokku seega $31 + 20 + 12 + 15 + 0 = 78$ traktorit. Meie poolt toodud lahendamisi eeliseks on see, et nii võime saada auto- maatselt ka traktorite kasutamise plaani (dispetšeriplaani) pingelisel dekaadidel. Peale olemasoleva autopargi mõju ning farmide teenindamisest tulenevate pidevate vajaduste mõju arvestamist on Tartu nädissovhoosi traktoripargi ratsionaalne struktuur 1970. a. tootmisülesannetest lähtudes järgmine (vt. tabel 4.).

Tabel 4

Olemasolev ja 1970. a. tootmisülesannetest lähtudes arvatud traktoripark Tartu nädissovhoosis

Traktori mark	Olemasolev (tk.)	Arvatud (tk.)
MT3 tüübid	32	21+4
DT-75 või 7-74	21	20
RS-09 või T-16	23	12+8
DT-20	13	15
DT-54 või DT-55	2	—
Kokku:	91	80

Antud meetodi nõrgaks küljeks on see, et pole arvestatud võimalikke vihmaperioode pingeliste dekaadide ajal. Praegu ei ole majandil muud võimalust, kui teostada vihma tõttu õigel ajal teostamata jäänud tööd agrotehnilistest tähtaegadest hiljem. Seda lubab asjaolu, et pingelistele dekaadidele järgnevad alati vähempingelised perioodid, mis võimaldavad teatud hilinemise tasa teha.

Teine, otstarbekam viis vihmaperioodide kahjuliku mõju vältimiseks on ratsionaalse reservi loomine mõningate traktorite osas nii, et reservi pideval rakendamisel vastaval pingelisel dekaadil oodatav kõrvalekalle agrotehnilisest tähtajast oleks minimaalne.

**ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ
ПЛАНИРОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА
ТРАКТОРНОГО ПАРКА ТАРТУСКОГО ПОКАЗАТЕЛЬНОГО
СОВХОЗА**

В. Тамм

Резюме

В данной статье приведен расчет потребности хозяйства в тракторах на примере Тартуского показательного совхоза исходя из производственных задач на 1970 год. Особое внима-

ние обращается на повышение экономической эффективности использования тракторного парка.

Для расчета рациональной структуры тракторного парка Тартуского показательного совхоза необходимо определить напряженные периоды и все технологические операции, проводимые с тракторами в разрезе отдельных видов продукции.

В зависимости от характерной длины гона (выше 400 м), от характерного наклона рельефа (до 3°) и от группы почв (11) необходимо определить предварительные марки тракторов для проведения каждой операции способом максимизации сменных норм выработки.

При построении модели целесообразно опираться на следующую связь:

$$k_i x_i + l_i y_i + m_i z_i + n_i v_i + p_i q_i = b_i,$$

где $x_i \geq 0$
 $y_i \geq 0$
 $z_i \geq 0$
 $v_i \geq 0$
 $q_i \geq 0$

$i = (1, 2, 3, \dots, 67)$

x_i, y_i, z_i, v_i и q_i — необходимое число тракторов для проведения технологической операции;

k_i, l_i, m_i, n_i и p_i — сменные нормы выработки в гектарах, умноженные на продолжительность агротехнических сроков в днях;

b_i — объем операции в гектарах.

Целевая функция должна обеспечить такое решение задачи, чтобы все операции всех напряженных периодов были сделаны в сроки с минимальным общим количеством тракторов. Такая целевая функция обеспечит равномерное распределение нагрузки между различными тракторами в напряженные периоды.