

KROVIMO DARBŲ MODELIAVIMAS GELEŽINKELIŲ TRANSPORTO TERMINALE

A. Baublys

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

1. Įvadas

Geležinkelių transporto terminale atliekamos tokios technologinės operacijos: krovinių iškrovimas iš vagonų, sandėliavimas, grupavimas, paskirstymas pagal vežimo kryptis, tiesioginis pakrovimas iš kelių transporto priemonių į vagonus arba iš vagonų tiesiog į kelių transporto priemones. Tam reikia turėti atitinkamų įrenginių: krovimo, rūšiavimo, įrenginių kroviniams gabenti terminalo teritorijoje ir kt. Taigi geležinkelių terminalo darbuotojai turi optimaliai suderinti įvairius technologinius krovinių apdorojimo procesus terminale taip, kad būtų kuo mažiau kelių transporto priemonių ir vagonų prastovų.

2. Operatyviojo planavimo modelis terminale

Suformuluosime operatyviojo planavimo uždavinį geležinkelių transporto terminale. Padarysime šias prielaidas: planavimo intervalu visiškai panaudojamas krovimo įrenginių bendras našumas, pakankamas reikiams darbams atlikti. Naudosime žymėjimus:

x_{fij} ir x_{fij}^0 – atitinkamai skaičius tuščių ir pakrautų i tipo vagonų, gabenamų iš krovinių punkto f į paskirties punktą (krovimo frontą), j ($i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$, $f = \overline{1, F}$);

p_{ij} – pakrovimas i tipo vagonų, važiuojančių iš

f į punktą j ;

z_{ik} – k tipo krovimo mašinų skaičius punkte ($k = \overline{1, l}$);

q_{jk} – k tipo krovimo mašinų našumas apdorojant krovinius j ;

u_{ij} – vagonų, važiuojančių į krovimo frontą j , skaičius;

L_j – krovimo fronto j ilgis, matuojamas vagonų skaičiumi;

ω_{hzc} – h tipo automobilių, važiuojančių į krovimo frontą j ir į paskirties punktą z ($z = \overline{1, R}$, $h = \overline{1, H}$), skaičius;

q_{hj} – h tipo automobilio pakrovimas vežant j tipo krovinius į paskirties punktą z .

Jeigu žinoma pakrautų ir tuščių i tipo vagonų, atitinkamai laukiančių iškrovimo ir pakrovimo, x_i^0 ir x_i ; k tipo krovimo įrenginių z_k ir h tipo automobilių Ω_h ; kiek pakrauta ir iškrauta j krovinių, Q_j ; krovinių, atvežamų ir išvežamų kelių transportu į paskirties punktą z , kiekis π_z ; krovimo fronte j laukiančių pakrovimo į vagonus krovinių kiekis; planavimo intervalo trukmė T, t_0 , tai optimalaus planavimo uždavinį bendruoju atveju galima suformuluoti taip:

$$F^* = \min \sum_{j,i,k,h} f(x_{fij}, x_{fij}^0, z_{jk}, u_j, \omega_{hjr}) \times \\ \times r(x_{fij}, x_{fij}^0, z_{ik}, u_j, \omega_{hjr}) \geq 0, \quad (1)$$

$$z_k = \sum_j z_{jk}, \quad (2)$$

$$x_i^0 = \sum_j x_{fij}^0, \quad (3)$$

$$x_i = \sum_{f,j} x_{fij}, \quad (4)$$

$$(T - t_0) \sum_k q_{jk} z_{jk} \geq Q_j^0, \quad (5)$$

$$\sum_{j,i} (x_{fij} + x_{fij}^0) p_{ij} = Q_j^0, \quad (6)$$

$$\sum_{f,i} x_{fij}^0 p_{ij} \leq Q_j, \quad (7)$$

$$(x_i + x_i^0) / u_j \leq L_j, \quad (8)$$

$$\Omega = \sum_{j,r} \omega_{hjr}, \quad (9)$$

$$\pi_r \geq \sum_{jh} \omega_{hjr} p_{jr}. \quad (10)$$

Sąlygos (2)–(4) ir (9) reiškia, kad ištekliai: vagonai, krovimo įrenginiai, automobiliai – panaudojami visiškai; (5) – bendras krovimo įrenginių pajėgumas turi užtikrinti visų Q_j krovinių apdorojimą; (6) – programa Q_j^0 (krovinių kiekis turi atitikti tą, kuri galima pakrauti arba iškrauti per intervalą (t_0, T)); (7)

– rodo galimą tuščių vagonų deficitą; (8) – rodo, kad turi būti suderintas vagonų skaičius su darbų frontu, ir (10) – rodo automobilių tinkamumą darbui.

Uždavinį išskaidysime į atskirus lokalius uždavinius. Skirstant tuščias i tipo transporto priemones po krovimo frontus, jų skirstymo planas x_{ij} turi būti sudarytas taip, kad jį įvykdžius būtų maksimizuojamas pakrauto krovinio kiekis:

$$F_1^* = \max \sum_{ij} x_{ij} p_{ij}.$$

Trūkstant išteklių naudojamos papildomos sąlygos:

$$\left. \begin{array}{l} \sum_j x_{i,j} = x_i, \\ \sum_i x_{ij} p_{ij} \leq Q_j, \\ x_{ij} \geq 0. \end{array} \right\}$$

Jeigu išteklių pakanka, minimizuojamas naudojamų transporto priemonių skaičius:

$$F_1^* = \min \sum_{ij} x_{ij}, \quad (11)$$

tuo tarpu

$$\left. \begin{array}{l} \sum_j x_{ij} \leq x_i, \\ \sum_i x_{ij} p_{ij} = Q_j. \end{array} \right\} \quad (12)$$

Analogiškai paskirstomi atvykę tušti automobiliai, autokrautuvai ir elektriniai krautuvai, vilkikai su priekabomis ir kt. darbui su įvairiais krovniais. Tuo atveju kintamasis x_{ij} pakeičiamas parametru ω_{hjz} . Jeigu kaip optimalumo kriterijus imamos eksploatacinės išlaidos, tai uždavinys (11)–(12) esant išteklių deficitui atrodytų taip:

$$F_1^* = \min_{x_{fij}, j,i,j} \sum x_{fij} (c_{fij} + p_{ij} c_{ij}), \quad (13)$$

$$x_{fij} \geq 0, \quad (14)$$

$$\sum_{f,j} x_{fij} = x_i, \quad (15)$$

$$\sum_{f,i} x_{fij} p_{ij} \leq Q_j, \quad (16)$$

čia c_{fij} – vieno i tipo vagono pertraukimo iš punkto f į punktą j kaina; c_{ij} – vienos tonos j krovinio pervežimo savikaina i tipo vagonu.

Nesant transporto priemonių deficitui sąlygos (15) ir (16) atrodo taip:

$$\sum_{f,j} x_{fij} \leq x_i, \quad (17)$$

$$\sum_{f,i} x_{fij} p_{ij} = Q_j. \quad (18)$$

Skirstant automobilius arba krovimo (išvedžiojimo) priemones išraiškose (13)–(18) kintamasis x_{fij} pakeičiamas parametru ω_{hir} , o p_{ij} – dydžiu p_{hj} . Atitinkamai pasikeičia vienos krovinio tonos vežimo kaina C_{hj} ir vežimo kaina iš iškrovimo punkto į pakrovimo punktą C_{hjr} .

Optimalaus padavimų skaičiaus nustatymo ekonominė prasmė: jiems didėjant trumpėja vagonų krovimo laikas, trumpiau laukiama vežimo, tačiau didėja manevravimo priemonių išlaidos. Taigi optimalus sprendinys randamas priėmus tam tikrą kompromisą ir uždavinys formuluojamas taip:

$$F_2^* = \min_{u_j} \left\{ \sum_j a_j u_j + 1/u_j \left[\sum_{i,f} (x_{fij} + x_{fij}^0) \theta_{ij} + \sum_k 1/z_{jk}^0 q_{jk} \sum_{i,f} (x_{jif} + x_{fij}^0) (x_{fij} + x_{fij}^0) \theta_{ij} c_i \right] \right\},$$

tuo tarpu

$$u_{\min} \leq \frac{x_i + x_i^0}{u_j} \leq L_j,$$

$$u_j \geq 0,$$

čia a_j, b_{ij} – kainų koeficientai; u_{\min} ir L_j – vežimų skaičiaus iš dešinės ir kairės ribojimai.

Pirmasis tikslo funkcijos narys – išlaidos manevravimo darbui; antrasis – prastovų išlaidos, vagonams laukiant; trečiasis reiškia išlaidas vagonams stovint, kol jie pakraunami ir iškraunami. Tuščių arba pakrautų transporto priemonių paskirstymas tarp tarpusavyje pakeičiamų krovinių punktų:

$$F_3^* = \min_{x_{fij}, x_{fij}^0} \left\{ \sum_j 1/u_j \sum_k 1/z_{jk}^0 q_{jk} \sum_{f,i} (x_{fij} + x_{fij}^0) \times \left[(x_{fij} + x_{fij}^0) \theta_i + c_{jk} \right] p_{ij} \right\}, \quad (19)$$

$$x_{fij}, x_{fij}^0 \geq 0, \quad (20)$$

$$\sum_{f,j} (x_{fij} + x_{fij}^0) p_{ij} = Q_j^0, \quad (21)$$

$$x_i = \sum_{f,j} x_{fij}, \quad (22)$$

$$x_i^0 = \sum_{f,j} x_{fij}^0, \quad (23)$$

čia c_i – i vagono vienos valandos prastovos kaina; c_{jk} – vienetinės išlaidos elektros energijai ir darbo užmokesčiui, priskirtos k tipo krovimo mašinų vienos valandos darbui apdorojant krovinius. Tikslų funkcija (10) rodo išlaidas, susijusias su vagonų prastovomis juos iškraunant ir pakraunant (pirmasis narys), išlaidas elektros energijai, degalams ir darbo užmokesčiui (antrasis narys). Krovimo mašinų skaičius z_{jk}^0 kiekviename krovimo punkte žinomas, todėl parametrai x_{fij} ir x_{fij}^0 varijuojami, sąlygų (21) – (23) prasmė ta pati kaip ir ribojimų (3), (4), (6).

Uždavinį (10)–(23) galima suformuluoti ir spręsti optimizavimo kriterijumi imant krovinių operacijų vykdymo trukmę. Tada tikslo funkcija bus:

$$F_3 = \sum_j \frac{1}{u_j} \sum_k \frac{1}{z_{j,k}^0} \sum_{f,i} (x_{fij} + x_{fij}^0) p_{ij}.$$

Jeigu tarp krovinių punktų j skirstomi automobilių srautai ω_{hj} arba kitų mašinų srautai terminalo viduje, tikslo funkcija reikš išlaidas, susijusias su jų prastovomis, ir išlaidas elektros energijai:

$$F_3 = \sum_{h,j,k} \frac{\omega_{hj} p_{hj} (c_{jk} + c_h)}{q_{jk} z_{jk}^0},$$

čia p_{hj} – automobilio h statinis pakrovimas kroviniu j ; c_h – automobilio vienos valandos prastovos kaina.

Visų išnagrinėtų uždavinių tikslo funkcijų ir ribojimų yra vieni ir tie patys valdymo parametrai u_j , x_{fij} , x_{fij}^0 . Todėl viso uždavinių komplekso modelį galima sintezuoti ir jų tikslo funkcija:

$$\begin{aligned} F = & \sum_{f,i,j} \eta(f,i,j) (x_{fij} + x_{fij}^0) (c_{fij} + p_{ij} c_{ji}) + \\ & + \sum_j 1/u_j \left(\sum_k \frac{\eta(j,k)}{q_{jk} z_{jk}^0} \times \right. \\ & \times \left. \sum_{f,i} (x_{fij} + x_{fij}^0) [(x_{fij} + x_{fij}^0) d_i + c_{jk}] p_{ij} \right) + \\ & + \sum_j \left[a_j u_j + 1/u_j \sum_{f,i} b_{ij} (x_{fij} + x_{fij}^0) \right], \end{aligned} \quad (24)$$

o ribojimai yra (2) – (8) pavidalo.

Reiškinyje (24) $\eta(fij)$, $\eta(jk)$ – vienetinės funkcijos, turinčios 0 arba 1 reikšmę. Funkcija $\eta(fij) = 0$ tik tais atvejais, kai sistemoje yra ne mažiau kaip vienas tuščių vagonų susikaupimo punktas – $f \geq 1$, ne mažiau kaip vienas vagonų tipas – $i \geq 1$, ne mažiau kaip vienas krovimo frontas, į kurį paduodami tušti vagonai, – $f \geq 1$. Kai kuriais atvejais $\eta(fij) = 0$. Funkcija $\eta(jk) = 1$ tik tuo atveju, kai krovimo mašinų tipų yra ne mažiau kaip vienas – $k \geq 1$ ir yra ne mažiau kaip vienas krovimo frontas – $i \geq 1$. Kitais atvejais $\eta(jk) = 0$.

Tikslo funkcija (24) labai supaprastėja, jeigu esant mažam laiko intervalui (t_0, T) pavyzdžiui, 7 valandoms, galima imti $u_j = 1$ ir neįvertinti pakeičiamų tuščių vagonų perstatymo nuo F iškrovimo fronto prie pakrovimo fronto. Esant prielaidai $f = 1$, $c_{fij} = 0$. Tada:

$$\begin{aligned} F = & \sum_{i,j} \eta(i,j) x_{ij} c_{ji} p_{ij} + \\ & + \sum_{i,j,k} \eta(j,k) q_{jk} z_{jk}^0 [(x_{ij} + x_{ij}^0) (x_{ij} + x_{ij}^0) d_i + c_{jk}] p_{ij} + \\ & + \sum_{i,j} b_{ij} (x_{ij} + x_{ij}^0) \end{aligned}$$

Galimos ir kitokios tikslo funkcijų modifikacijos esant įvairioms prielaidoms ir supaprastinimams.

3. Išvados

1. Operatyviojo planavimo modelis leidžia modeliuoti transporto priemonių prastovas, kai žinoma: pakrauti ir tušti vagonai, krovimo įrenginių išdėstymas ir panaudojimas; kraunamų krovinių kiekis bei kelių transporto priemonių, atvykstančių ir išvykstančių iš terminalo, skaičius.

2. Bendras uždavinys išskaidomas į atskirus lokalius uždavinius skirstant tuščias transporto priemones po krovimo frontus ir sudaromas jų skirstymo planas, kurį įvykdžius maksimizuojamas pakrautų krovinių kiekis.

3. Nustatyta optimalaus skirstymų skaičiaus nustatymo ekonominė prasmė: jam didėjant trumpėja vagonų krovimo laikas, tačiau didėja manevravimo priemonių išlaidos.

Įteikta 2000 01 17

SIMULATION OF LOADINGS ON THE RAILWAY TERMINAL

A. Baublys

S u m m a r y

On the terminal of a railway with freights the following operations are executed: the outswapping from coaches, warehousing, grouping, distribution to the directions of transportation, straight line overloading from the road transport in coaches or from coaches directly on vehicles.

For the fulfilment of operations on the terminal it is necessary to have appropriate equipment. Therefore the problem of the workers of the terminal is optimally to agree miscellaneous technological processes of freight handling so that automobiles and coaches should stand minimally, idle.

The offered model allows to model idle time of means of transport when loaded and empty wagons, the arrangement and usage of loading means and also quantity of automobiles arriving and leaving the terminal are known.

The general problem is dismembered on separate local problems such as arranging empty means of transport on cargo fronts and the schedule of their submission at which the volume of the immersed freights is minimized.

The definition of economic essence of optimum number of submissions is established: increasing the number of submissions the time of loading and outswapping of coaches is reduced, the timeout of submission is reduced, but the expenditures on manoeuvring of means of transport are increased.

ADOLFAS BAUBLYS

Doctor Habil., Professor (1980) of Department of Transport Management, Director of Transport Science Institute (1998). Vilnius Gediminas Technical University (VGTU), Plytinės g. 27, LT-2040 Vilnius, Lithuania, Fax: 370-31-56-13. E-mail: abaublys@takas.lt

Doctor Habil of Technical sciences, Vilnius Civil Engineering Institute (VISI, now VGTU), 1978. Doctor of Technical sciences, VISI, 1969. First degree in Mechanical Engineering, Kaunas Polytechnic Institute (KPI, Vilnius Branch, later VISI), 1967. Membership: member and expert of Lithuanian Academy of Sciences. Publications (textbooks/manuals): "Transport policy" (1996); "Passenger and goods haulage by road transport" (1994, 1995); "Goods haulage by railways, sea and air transport" (1995); "Transport systems" (1995, 1996), "International Transportation by Road Transport" (1996), "Introduction to Transport system Theory" (1997), "Cargo Transportation" (1998). Research interests: transport policy.

He is the author of 179 scientific articles.

Chief and scientific editor of "TRANSPORT", the prestige journal of Lithuania.