УДК 656.212

А. Ю. ПАПАХОВ[1*], Н. А. ЛОГВИНОВА[2*]

[1*] Каф. «Управление эксплуатационной работой», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, г. Днепро, Украина, тел +38 (067) 524 43 22, ел. пошта papahova0362@gmail.com, ORCID 0000-0003-2357-8158
[2*] Каф. «Управление эксплуатационной работой», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, г. Днепро, Украина, тел +38 (067) 524 43 22, ел. пошта logvinovanata1987@gmail.com, ORCID 0000-0002-0730-247X

РАЦИОНАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПАССАЖИРСКИХ И ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ С УЧЕТОМ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПЕРЕГОНОВ

Целью данной работы является разработка математической модели и программного обеспечения распределения пассажирских и грузовых поездов на основании векторной оптимизации с учетом ограничений по пропускной способности перегонов. Основной **задачей исследования** является распределение направления движения грузовых и пассажирских поездов на железнодорожном полигоне с учетом ограничения пропускной способности перегонов. **Объектом исследования** выступает железнодорожный полигон с вершинами на станциях. **Предметом исследования** есть распределение направления движения пассажирских и грузовых поездов на железнодорожном полигоне. **Методом исследования** является теория функций множества и векторная оптимизация. **Научная новизна** заключается в предложении нового метода решения задач распределение направления движения пассажирских и грузовых поездов на железнодорожном полигоне.

Ключевые слова: грузовые и пассажирские поезда, железнодорожный полигон, векторная оптимизация.

Постановка проблеми

В настоящее время железнодорожный транспорт работает в чрезвычайно сложных условиях. Снижение объемов перевозок грузов привело к закрытию некоторых малодеятельных станций, а повышение размеров пассажиропотоков к необходимости открытия новых направлений следования пассажирских и пригородных поездов, и, соответственно, изменению структуры и направления поездопотоков.

Для организации поездопотоков на сети железных дорог проводится расчет плана формирования грузовых поездов, который основывается на видоизменениях конфигурации сети, техническом оснащении участков и станций, тяговых средств и возможностей системы электроснабжения.

Учитывая множество факторов, влияющих на расчет плана формирования, и стремление операторских компаний к оптимизации перемещений своих вагонов, можно утверждать об актуальности вопроса о рационализации организации грузовых и пассажирских поездопотоков с точки зрения повышения энергоэффективности перевозок. Другими словами, существует необходимость в разработке методики решения задачи распределение направления движения грузовых и пассажирских поездов на железнодорожном полигоне с учетом ограничения по пропускной способности перегонов.

Анализ последних исследований.

В работе [1] отмечено, что повышение конкурентоспособности железных дорог Испании проводится за счет поиска новых маршрутов перемещения грузов. Данные подходы позволяют решать задачу организации вагонопотоков только как однокритериальную.

Работа [2] посвящена описанию метода расчёта оптимальных многофазных схем продвижения вагонопотоков. Фактически в статье идет речь о сложных задачах линейного программирования транспортного типа. В качестве метода решения этих задач рассматривается метод их сведения к задаче построения потока минимальной стоимости в подходящей транспортной сети.

В работе [3] предложен новый метод решения задач ранцевого типа, который позволяет отказаться от булевых переменных и решать обычную задачу оптимизации по множителям Лагранжа. Предложенный метод позволяет существенно адаптировать задачи векторной оптимизации к задачам рациональной организа-

doi: https://doi.org/10.15802/tstt2017/123178

ции вагонопотоков при ограничениях по перерабатывающей способности технических станций и пропускной способности участков.

Всегда при рассмотрении повышения эффективности хозяйствования возникает задача о рациональном инвестировании. В математическом плане данная задача известна как задача о ранце (рюкзаке). Детальный обзор этих задач приведен в работе [4], где рассматривается задача с несколькими ранцами.

В результате исследования [5] был разработан алгоритм решения задач о ранце без использования операций дифференцирования и реализован при решении задачи о рациональной организации вагонопотоков. Благодаря уменьшению сложности задачи, появилась возможность использовать данный алгоритм при разработке автоматизированного рабочего места (АРМа) инженера по плану формирования железной дороги.

Особо следует отметить, что сокращение времени решения задачи позволяет в оперативном режиме корректировать план формирования грузовых поездов, сократить множество нерациональных вариантов переработки вагонов на технических станциях. Предложенный алгоритм помогает определять варианты пропуска поездопотоков по наиболее перспективным направлениям с минимальными затраты энергии на перевозку.

Ограничениями предложенного подхода является замкнутость цикла следования вагонов с грузом и порожней части его пробега под следующую погрузку. В некоторых случаях существует необходимость изменять массу состава поезда, связанную с переломом веса, и, в связи с этим, изменения соотношения между вагонопотоками и поездопотоками.

Современные принципы транспортного обслуживания диктуют повышенные требования практически ко всем элементам технологии организации вагонопотоков в поезда – информационному обеспечению, нормативной базе и методикам расчетов, функциям управления и контроля, но прежде всего – к критериям оценки плана формирования поездов и маршрутов дальнейшего их следования с учетом размеров пассажирских поездопотоков и ограничений по пропускной способности железнодорожных направления.

Применение математических методов моделирования при построении пути следования вагонопотоков в поездах на полигоне станций рассматривается в [6]. Автор выступил с предложением изменения на железных дорогах Китая предварительной маршрутизации вагонов и оптимизации стандартного плана формирования поездов. Для уменьшения сложности задачи в этой статье предлагается нелинейное двоичное программирование модели для совершенствования интегрированного плана формирования поездов. Предложенная модель всесторонне рассматривает различные эксплуатационные требования к расчету плана формирования грузовых поездов с учетом ограничений пропускной способности перегонов между станциями, однако не учитывает собственные ограничения по перерабатывающей способности станции формирования поездов и ее путевого развития.

Математические подходы, предложенные в рассмотренных источниках, дают возможность использовать методы интерактивного решения многокритериальной задачи. Данные методы строят субъективную функцию полезности, отражающую реальное состояние дел на железнодорожном полигоне, а не формальную модель приведенных затрат. Поэтому постановка и решение задачи распределения направления движения грузовых и пассажирских поездов на железнодорожном полигоне с учетом ограничения по пропускной способности перегонов.

Целью данной работы является разработка математической модели и программного обеспечения распределения пассажирских и грузовых поездов на основании векторной оптимизации с учетом ограничений по пропускной способности перегонов.

Основной **задачей исследования** является распределение направления движения грузовых и пассажирских поездов на железнодорожном полигоне с учетом ограничения пропускной способности перегонов.

Изложение основного материала.

Основное назначение транспортной системы – доставка грузов и пассажиров.

Известны и хорошо изучены раздельные транспортные задачи по доставке грузов от $A_1, A_2, ...A_m$ (поставщиков) к $B_1, B_2, ...B_n$ (потребители) и по доставке пассажиров из $E_1, E_2, ...E_m$ в $D_1, D_2, ...D_n$.

Математическая постановка данной задачи

имеет вид:

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = a_i, \quad i = \overline{1,m};$$
$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = b_j, \quad j = \overline{1,n}; \qquad (1)$$
$$\sum_{j=1}^{n} y_{ij} = e_i, \quad i = \overline{1,m};$$
$$\sum_{i=1}^{m} y_{ij} = d_j, \quad j = \overline{1,n};$$

где x_{ij} – количество груза, которое доставляется от A_i к B_j,

a_i – количество груза имеющегося в $A_i; i = \overline{1,m}$,

b_j – количество груза потребного $B_j, j = \overline{1,n}$,

y_{ij} – количество пассажиров, которое отправляется из C_i в D_j,

e_j – количество пассажиров, которые отправляются из $C_j, j = \overline{1,m}$,

d_i – количество пассажиров, которые должны прибыть в $D_i; i = \overline{1,n}$.

В классической постановке [7] оценка рациональности доставки выполняется с помощью соотношения

$$F_1 = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} c_{ij} x_{ij} \to \max \qquad (2)$$

В нашем исследовании принимаем $F_1 \to \max$, так как c_{ij} – доходность от доставки единицы груза от A_i к B_j.

Доставку пассажиров из C_i в D_j будем оценивать ещё одним показателем

$$F_2 = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} u_{ij} y_{ij} \to \min, \qquad (3)$$

где u_{ij} – стоимость поездки пассажира из E_i в D_j.

В дальнейшем считаем, что имеет место $\sum_{i=1}^{m} a_i = \sum_{j=1}^{n} b_j$ и $\sum_{i=1}^{m} e_i = \sum_{j=1}^{n} d_j$, то есть задача сбалансирована.

В векторной постановке задача доставки грузов и пассажиров принимает вид

$$\begin{pmatrix} -F_1 \\ F_2 \end{pmatrix} \to \min \qquad (4)$$

при условиях (1).

В силу того, что F_1 и F_2 выпуклые функции, то можно воспользоваться леммой Карлина [8].

Последнее означает, что существует $t \geq 0$ такое, что минимум

$$F = F_1 + tF_2 \qquad (5)$$

достигается на решении задачи векторной оптимизации (2, 3) при условиях (1).

Очевидно, что решение задачи (4) будет зависеть от t, т.е. $x(t)$ будет эффективным и при различных t несравнимых между собой.

Моделью сети железных дорог является граф $G(V,E)$, где V – перечень вершин графа (станции), E – перечень ребер графа (перегоны меду станциями).

Так как пассажирские и грузовые поезда перемещаются по одной и той же сети железных дорог, то распределение грузовых поездов существенно зависит от того, как распределены пассажирские поезда.

В качестве исходной информации будем использовать поездопотоки от пункта E_i до E_j в виде матрицы P, элементами которой являются P_{ij} – поток пассажирских поездов от E_i до E_j.

Аналогично рассмотрим матрицу Q, элементы которой Q_{ij} – поток грузовых поездов от A_i до A_j.

Пусть W_{ij} – перечень простых путей из A_i в A_j [9].

Если Y_{ijw} – число пассажирских поездов из E_i в E_j по пути w, X_{ijw} – число грузовых поездов из A_i в A_j по пути w, то с необходимостью должны выполняться условия

$$\sum_{w \in W_{ij}} Y_{ijw} = P_{ij}\,; \qquad \sum_{w \in W_{ij}} X_{ijw} = Q_{ij}\,; \tag{6}$$

при $i = \overline{1, n-1}; i+1 \le j \le n$, т.е. рассматривается движение поездов туда.

Каждый перегон имеет определенную пропускную способность, поэтому к ограничениям (6) необходимо присовокупить ограничения связанные с ограниченностью пропускной способности по перегонам.

Обозначим через $N(e)$ пропускную способность ребра $e \in E$ тогда,

$$\sum_{i,j \in V} \sum_{w \in W_{ij}} I_w(e)\Big(\big(1+\alpha\big)X_{ijw} + Y_{ijw}\Big) \le N(e), \quad e \in E, \tag{7}$$

где $I_w(e)$ – индикатор ребра e т.е.

$$I_w(e) = \begin{cases} 1, & \textit{если} \quad e \in w; \\ 0, & \textit{если} \quad e \notin w. \end{cases}$$

α – доля грузовых поездов, которые снимаются одним пассажирским поездом, следующим по пути w.

Другими словами ограничения (7) в аналитической форме не записывались, так как строились только кратчайшие пути всех простых путей от A_i до A_j.

Каждое ребро $e \in E$ характеризуется пятью числами:

– $d(e)$ – длина ребра e;

– $tp(e)$ – время движения пассажирского поезда по ребру e;

– $tQ(e)$ – время движения грузового поезда по ребру e;

– $m_p(e)$ –механическая работа при движении пассажирского поезда по ребру e;

– $m_Q(e)$ – механическая работа при движении грузового поезда по ребру e

Показатели рациональности вычисляются по формулам:

– поездо-км

$$P_1 = \sum_{ij \in V} \sum_{w \in W_{ij}} d(w)\Big(X_{ijw} + Y_{ijw}\Big);$$

– время движения

$$P_2 = \sum_{ij \in V} \sum_{w \in W_{ij}} \Big(t_p(w)X_{ijw} + t_Q(w)Y_{ijw}\Big);$$

– механическая работа

$$P_3 = \sum_{ij \in V} \sum_{w \in W_{ij}} \Big(m_p(w)X_{ijw} + m_Q(w)Y_{ijw}\Big)$$

где $d(w) = \sum_{e \in w} d(e)$;

$$t_p(w) = \sum_{e \in w} t_p(e);$$

$$t_Q(w) = \sum_{e \in w} t_Q(e);$$

$$m_p(w) = \sum_{e \in w} m_p(e);$$

$$m_Q(w) = \sum_{e \in w} m_Q(e).$$

Для решение поставленной задачи можно использовать программную среде Maple, которая позволяет создать процедуру построения простых путей.

При решении поставленной задачи существенным моментом является построение всех простых путей из A_i в A_j на заданном графе сети дорог.

В программной реализации данный процесс оформляем как процедура $P_{r\_}way(Z_1, Z_2, G)$, где Z_1 – начальная, Z_2 – конечная вершины графа G.

Входные параметры: Z_1 – начальная вершина, Z_2 – конечная вершина, G – граф, на котором строим все простые пути. Возвращает список простых путей – KE. Процедура выглядит следующим образом:

```
> Pr_way:=proc(z1,z2,G)
> local
W,KW,WW,Z,s3,z,MW1,W1,zk,kw,X,Y,MX
,MY,KE,q,Ke,
kol,qq,ke,k,L,L1,Kee,Kee1,e;
> W:=[]: KW:=[]:  WW:=[]:
```

Задаем начальную Z_1 и конечную Z_2 вершины для построения всех простых путей между ними

```
    W:=[op(W),[z1]]:
> while W<>[] do for Z in W do
 WW:=[]:
 WW:=[op(WW),op(Z)];
 s3:=[]:
 for z in W do
   if z<>WW then s3:=[op(s3),z]
end if:
 end do:
 W:=s3:
for z in WW do end do;
MW1:=neighbors(z,G);
W1:=[]:
for z in MW1 do W1:=[op(W1),z];
end do:
```

определяем в какие вершины можем попасть

```
for zk in W1 do  if zk=z2 then
kw:=[]:
  kw:=[op(WW),zk];
  KW:=[op(KW),kw]:
```

пополняем конечное множество путей

```
  else
    X:=[]:
    Y:=[]:
    X:=[op(X),zk]:
    MX:={}:
    for z in X do MX:=MX union {z}
end do;
    Y:=[op(Y),op(WW)]:
    MY:={}:
    for z in Y do MY:=MY union
{op(z)} end do;
    if not (MX intersect MY=MX)
then  W:=[op(W),[op(WW),zk]]
```

добавляем новый вариант пути

```
end if:
 end if:
 end do:
end do;
end do;
```

Отображаем список простых путей через названия ребер

```
> KE:=[]:
for q in KW do
  Ke:=[]:
  kol:=0:
  for qq in q do kol:=kol+1: end
do:
  ke:=[]:
  for k from 1 to kol-1 do

ke:=edges({op(k,q),op(k+1,q)},G):
     Ke:=[op(Ke),op(ke)]:
  end do:
  L:=0:L1:=0:
  Kee:=convert(Ke,set):
Kee1:=convert(Ke,set):
 for e in Kee do
L:=L+op(1,eweight(op(e),G)):L1:=L1
+op(2,eweight(op(e),G)): end do:
  Kee:=Kee union {L}:
Kee1:=Kee1 union {L1}:
  KE:=[op(KE),Ke]:
end do:
```

Возвращаем KE – список всех простых путей в графе G из вершины Z_1 в вершину Z_2

```
> RETURN(KE);
> end:
```

Процедура решения задачи распределения потоков по сети

Вход: N – число вершин в графе, G – граф, E – список ребер графа G, N_{max} – ограничения по пропускной способности, P – матрица потоков пассажирских поездов, Q – матрица потоков грузовых поездов.

Возвращает: Список ребер и распределенный поток на них; значение показателя рациональности распределения потоков.

```
> Rasp_potok:=proc(N,G,E,Nmax,
OBG2,P,Q)
> local
Nr,z,R,SS1,m,SS2,i,j,S,obg,obg1,Xr
,k,XXX,s,z1,XX,e,S1,W,kol,w,w1,ob,
ob1,KL,KL1,dl,dl1,z2,z3,KE,EH;
```

N_r – количество ребер в графе G

```
> Nr:=0:
for z in E do Nr:=Nr+1 end do:
#R:=allpairs(G,p):
```

Составление ограничений по пропускной способности на ребре SS1

```
> SS1:={}:
> k:=0:for e in E do
k:=k+1:S1:={}:
  for i from 1 to N-1 do
    for j from i+1 to N do
      W:=WWW[i,j];
      kol:=0:
      for w in W do kol:=kol+1:
        w1:=convert(w,set);
        if  ({e} intersect w1)={e}
then  S1:=S1 union
{add(1.3*x[i,j,k]+y[i,j,k],
k=kol)}  end if:
```

```
      end do:
    end do:
  end do:
  SS1:=SS1 union
{add(z,z=S1)<=Nmax[k]}:
end do:
```

Составление ограничений: суммарный распределенный пассажиропоток, следующий из *i* в *j*, по ребрам *e*(*vk*) должен быть равен пассажиропотоку заданному SS2

```
> SS2:={}:
for i from 1 to N-1 do
  for j from i+1 to N do
    W:=WWW[i,j];
```

определяем все простые пути из *i* в *j* на графе *G*

```
    kol:=0:
    for w in W do kol:=kol+1: end
do:
    SS2:=SS2 union
{add(x[i,j,m],m=1..kol)=evalf(P[i,
j],5)}:SS2:=SS2 union
{add(y[i,j,m],m=1..kol)=evalf(Q[i,
j],5)}
  od:
od:
```

Объединение ограничений SS1 и SS2

```
> S:=SS1 union SS2:
```

Функция цели obg

```
> ob:={}:ob1:={}:
for i from 1 to N-1 do
  for j from i+1 to N do
     W:=WWW[i,j];
     KL:=[]:KL1:=[]:
     kol:=0:
     for w in W do
       dl:=0:dl1:=0:
       for e in w do
dl:=dl+op(1,eweight(op(e),G)):
dl1:=dl1+op(2,eweight(op(e),G)):en
d do:
       KL:=[op(KL),dl]:
KL1:=[op(KL1),dl1]:
```

подсчитываем длины (или любой другой показатель) данных путей

```
       kol:=kol+1:
    end do:
    for m from 1 to kol do
      ob:=ob union
{(x[i,j,m]+y[i,j,m])*op(m,KL)}:ob1
:=ob1 union
{(x[i,j,m]+y[i,j,m])*op(m,KL1)}:
      end do:
    end do:
end do:
obg:=add(z,z=ob):obg1:=add(z,z=ob1
):S:=S union {obg1=OBG2}:print(S);
```

решение задачи, ответ в XX – множество неотрицательных решений $x[i,j,m]$, где *i* – из какой вершины, *j* – в какую вершину, *m* – номер пути (для: из *i* в *j*)

```
> Xr:=minimize(obg,S,NONNEGATIVE):
XX:={}:
for z in Xr do
  if op(2,z)<>0 then XX:=XX union
{z} end if:
od:
```

Сохранение и вывод неотрицательного решения EH – массив распределенного поездопотока по ребрам для всех путей

```
> EH:=array(1..Nr):
for i  from 1 to Nr do EH[i]:=0;
end do:
for z in XX do
  z1:=op(1,op(1,z));
  z2:=op(2,op(1,z));
  z3:=op(3,op(1,z));
  KE:=Pr_way(z1,z2,G):
  w:=op(z3,KE);
  dl:=0:dl1:=0:
  for e in w do
dl:=dl+op(1,eweight(op(e),G)):dl1:
=dl1+op(2,eweight(op(e),G)): end
do:
  print (`из вершины `,z1,` в вер-
шину `,z2,` по пути `,w,` реализу-
ется поездопоток `,   op(2,z),`
длина пути `,dl);
  w1:=convert(w,set);
  for i from 1 to Nr do
    if {op(i,E)} intersect
w1={op(i,E)} then
EH[i]:=EH[i]+op(2,z) end if:
    end do:
end do:
print(`Распределенный поездопотока
по ребрам`,EH);
```

P_r - показатель рациональности распределения потоков

```
> print(`Показатель рациональности
распределения потоков
Pr1=`,eval(obg,Xr),`Pr2=`,eval(obg
1,Xr));
```

XX – возвращаем множество неотрицательных значений

```
> RETURN(XX);
> end:
```

Из приведенного выше следует, что решение задачи программой в среде Maple позволяет найти оптимальное решение [10].

При этом в настоящее время представляется необходимым любое управленческое решение по регулированию пропуска вагонопотоков, а также различные варианты организации вагонопотоков и пассажиропотоков в поезда и различные маршруты их передвижения оценивать с точки зрения влияния на конечный результат. Под последним следует понимать прибыль, получаемую от перевозки грузов и пассажиров. При этом варианты организации вагонопотоков изменяют различные показатели, по которым оценивают деятельность дороги и отрасли.

Зачастую на практике по предпочтению того или иного показателя принимается решение, которое с точки зрения «глобального» критерия (прибыли) не является эффективным.

Вот почему возникает необходимость в управлении экономическими результатами железной дороги с учетом изменяющихся (неравномерных) объемов перевозок и в условиях конкурентной борьбы с другими видами транспорта на рынке транспортных услуг с целью получения максимальной прибыли, а не улучшения локальных частных эксплуатационных показателей (критериев).

Предлагается применение анализа финансовой безубыточности для оценки управленческих решений на железнодорожном транспорте в сфере организации вагоно- и пассажиропотоков по предложенному алгоритму.

Вывод

1. Классическая задача доставки грузов, рассмотрена как задача векторной оптимизации.

2. Исходными данными для расчета являются:

– топология полигона сети, которая должна быть формализована путем детального описания полигона;

– матрица корреспонденции вагоно- и пассажиропотока;

– константы, характеризующие каждый из участков полигона сети и технологические параметры каждой станции участка.

3. Предложена методика рациональной доставки грузов с учетом пропускных способностей перегонов и движения пассажирских поездов.

Из приведенного выше следует, что авторами разработана математическая модель и программное обеспечение распределения пассажирских и грузовых поездов на основании векторной оптимизации с учетом ограничений по пропускной способности перегонов в среде Maple.

Авторами разработана программа распределение направления движения грузовых и пассажирских поездов на железнодорожном полигоне с учетом ограничения пропускной способности перегонов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. González, E. M. Analysis and Viability of Railway Exportation to Europe from the South of Spain / Elvira Maeso González, Guadalupe González Sánchez, Juan Miguel Morente Romero // Procedia - Social and Behavioral Sciences. – 19 December 2014. – Vol. 160. – P. 264-273.
2. Баушев, А. Н. Математическая модель многофазных железнодорожных грузоперевозок / А. Н. Баушев, А. Т. Осьминин, Л. А. Осьминин // Математическое моделирование. – 2013. – т. 25:10. – С.108-122.
3. Папахов, А. Ю. Использование метода функции множества при рациональной организации вагонопотоков /А. Ю. Папахов // Транспортные системы и технологии перевозок. – 2016. – Вип. 12. – С. 69 – 74.
4. Резников, А. Е. Математические модели и алгоритмы решения задач оптимальной загрузки транспортных средств / А. Е. Резников, А. Н. Федорин // Проблемы и перспективы развития учебно-научно-инновационных транспортных комплексов - 2009.
5. Папахов, А. Ю. Новый метод решения задачи организации вагонопотоков при условии энергоэффективности перевозок / .юд
6. Киселева, Е. М. Непрерывные задачи оптимального разбиения множеств. Теория, алгоритм, приложения/ Е. М. Киселева, Н. З. Шар. – Киев : Наукова Думка, 2005. – 564 с.
7. Ильин, В. А. Аналитическая геометрия / В. А. Ильин, Э. Г. Позняк. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2002, - 240 с.
8. Прохоров, Г. В. Пакет символьных вычислений Maple / Г. В. Прохоров, М. А. Леденев, В. В. Колбеев. – Москва : Компания «Пежит»,1997. – 200 с.

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. Тараном И. А. (Украина)

Поступила в редколлегию 20.11.2017.
Принята к печати 22.11.2017.

О. Ю. ПАПАХОВ, Н. О. ЛОГВІНОВА

РАЦІОНАЛЬНИЙ РОЗПОДІЛ ПАСАЖИРСЬКИХ І ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДІВ З УРАХУВАННЯМ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ПЕРЕГОНІВ

Метою даної роботи є розробка математичної моделі та програмного забезпечення розподілу пасажирських та вантажних поїздів на підставі векторної оптимізації з урахуванням обмежень по пропускної здатності перегонів. Основною **задачею дослідження** є розподіл напрямку руху вантажних та пасажирських поїздів на залізничному полігоні з урахуванням обмеження пропускної спроможності перегонів. **Об'єктом дослідження** виступає залізничний полігон з вершинами на станціях. **Предметом дослідження** є розподіл напрямків руху пасажирських та вантажних поїздів на залізничному полігоні. **Методом дослідження** є теорія функцій безлічі та векторна оптимізація. **Наукова новизна** полягає в пропозиції нового методу вирішення задачі розподілу напрямків руху пасажирських та вантажних поїздів на залізничному полігоні.

Ключові слова: вантажні та пасажирські поїзди, залізничний полігон, векторна оптимізація.

O. PAPAKHOV, N. LOGVINOVA

RATIONAL DISTRIBUTION OF PASSENGER AND FREIGHT TRAINS WITH THE ACCOUNT OF THE TRANSPORT PERFORMANCE OF TRANSFER

The aim of this work is to develop a mathematical model and software for distributing passenger and freight trains based on vector optimization, taking into account the limitations on the carrying capacity of the distances. The **main objective** of the study is to distribute the direction of movement of freight and passenger trains on the railway range, taking into account the limitation of the capacity of the distances. The **object of research** is a railway test site with tops at stations. The **subject of the study** is the distribution of the direction of movement of passenger and freight trains on the railway range. The **method of investigation** is the theory of set functions and vector optimization. The **scientific novelty** consists in proposing a new method for solving problems to distribute the direction of movement of passenger and freight trains at the railway range.

Keywords: freight and passenger trains, railway range, vector optimization.