

Координация технологии эксплуатационной работы железной дороги республики Таджикистан и организации вагонопотоков в международном сообщении

П. Н. ПУЛАТОВ

Государственное унитарное предприятие «Таджикская железная дорога» (ГУП «ТЖД»), Б. Гафуров, 735690, Республика Таджикистан

Аннотация. Предложены методические принципы, постановка и качественный анализ задачи рационализации эксплуатационной работы и организации вагонопотоков при перевозках в международном сообщении с учетом специфики Таджикской железной дороги. Поиск решения предусматривает синтез задач самоуправления (рациональной внутренней технологии эксплуатационной работы) и координации (технологического взаимодействия с железнодорожными администрациями других государств).

Ключевые слова: эксплуатационная работа; организация вагонопотоков; международное сообщение; самоуправление; координация; технологическое взаимодействие; железнодорожная администрация

Основные положения. Современные геополитические и экономические условия функционирования железнодорожного транспорта большинства государств постсоветского пространства таковы, что крайне сложно обеспечить требуемое качество транспортного обслуживания и безубыточность работы при высоких расходах на содержание железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава. Динамика перевозочной работы ГУП «Таджикская железная дорога» (ТЖД) (см. табл.) показывает, что большинство участков относится к категории малоинтенсивных [1].

Методики обоснования мероприятий по повышению эффективности перевозок на таких линиях базируются на классической работе отделения эксплуатации железных дорог ВНИИЖТ (ЦНИИ НКПС СССР) [2]. Как показывает анализ, существующие методики требуют развития. Для достижения цели настоящего исследования необходимо рассматривать управление эксплуатационной работой малоинтенсивных железнодорожных линий в увязке с технологией перевозок в международном сообщении. Топология сети ТЖД содержит как участки, обслуживающие собственные перевозки Республики Таджикистан и ограниченные межгосударственными стыковыми пунктами (МГСП) Кудукли и Амузанг (последний закрыт с 2011 г.), так и участки, обеспечивающие пропуск транзитных транспортных потоков в сообщении со станциями двух со-

предельных государств — Узбекистана и Киргизии, ограниченные МГСП Бекабад и Истиклол.

Кроме того, решение рассматриваемой технико-экономической задачи, как и в исследовании [3], влияет на расходы и доходы самостоятельных участников транспортно-логистических цепей в грузовых и в пассажирских перевозках. С учетом работ [3, 4] выполнен анализ структуры взаимодействия участников перевозочного процесса ТЖД (рис. 1) и установлена необходимость решения исследуемой проблемы на основе синтеза задач самоуправления (в терминах работы [5]) — рациональной внутренней технологии эксплуатационной работы ТЖД, и задач координации — технологического взаимодействия с железнодорожными администрациями (ЖА) других государств.

Постановка задачи. Полигон железнодорожной сети описывается связным графом $G(X, Y)$, который состоит из $x = 1, \dots, X$ поездобразующих (технических, грузовых, пассажирских, пограничных) железнодорожных станций, соединенных и $y = 1, \dots, Y$ участками, принадлежащих $z = 1, \dots, Z$ ЖА. Задача решается на годовом периоде действия графика движения и плана формирования поездов, состоящего из внутригодовых календарных периодов $w = 1, \dots, W$ длительностью τ_w . Сроки и длительность календарных периодов определяются сезонными изменениями структуры и объемов грузовых и пассажирских перевозок, а также могут учитывать закрытие или снижение мощности объектов железнодорожной инфраструктуры при проведении ремонтных и строительных работ.

На графе G задаются груженные и порожние вагонопотоки каждого расчетного периода $u(N, i_o, i_n, j_{гр}, j_{рпс}, j_{ппс}, w)$, где N — мощность потока, вагонов/сут; i_o — станция отправления; i_n — станция назначения; $j_{гр}$ — род груза; $j_{рпс}$ — род подвижного состава; $j_{ппс}$ — принадлежность подвижного состава; корреспонденции пассажирских поездов в дальнем следовании и пригородном сообщении $v(i_o, T_o, i_n, T_n, j_{кп}, j_{псл}, w)$, где T_o, T_n — время отправления с начальной станции и

Динамика показателей работы ТЖД
Dynamics of performance indicators of the Tajik Railway

Годы	Эксплуатационная длина, км	Грузооборот, млн т·км нетто	Пассажирооборот, млн пасс. км	Обмен по МГСП, пар поездов/сут
1995	470	2114,6	123,8	66,4
1996	470	1719,4	84,9	53,8
1997	470	1383,9	129,8	43,4
1998	470	1458,3	121,3	45,8
1999	470	1281,5	61,2	40,2
2000	470	1326,2	73,0	41,5
2001	602	1250,0	32,6	39,2
2002	602	1086,2	41,6	34,1
2003	602	1087,0	49,7	34,1
2004	602	1117,5	50,0	35,0
2005	602	1040,1	46,1	32,6
2006	602	1220,1	49,6	38,3
2007	602	1274,4	53,0	40,0
2008	602	1281,5	57,0	40,1
2009	602	1282,1	45,3	40,2
2010	602	808,4	32,8	25,6
2011	602	702,9	31,5	21,8
2012	602	554,9	24,0	19,8
2013	602	404,1	20,4	16,8
2014	602	391,0	17,5	16,2
2015	602	316,9	15,9	13,3
2016	642,7	228,3	18,4	10,5
2017	642,7	165,1	27,9	8,7

прибытия на конечную станцию соответственно; $j_{\text{кп}}$ — категория пассажирского поезда; $j_{\text{псл}}$ — периодичность следования поезда в течение календарного периода w .

Технико-экономические характеристики поездообразующих станций: $t_{x\xi}$ — технологическое время, ч, нахождения на станции x вагонов заданных технологических категорий ξ (транзитных без переработки со сменой и без смены локомотива, транзитных с переработкой, местных немаршрутизированных, маршрутизированных по отправлению, маршрутизированных по прибытии); $E_{x\xi}$ — удельные прямые производственные расходы, приходящиеся на один вагон заданных технологических категорий ξ на станции x ; $B_{x\xi}$ — технически допустимые размеры вагонопотоков заданных технологических категорий ξ на станции x , вагонов/сут.

При этом $t_{x\xi}$, $E_{x\xi}$, $B_{x\xi}$, $t_{y\xi}$, $E_{y\xi}$, $B_{y\xi}$ являются вектор-функциями от вагонопотоков, корреспонденций пассажирских поездов и представленных ниже задач самоуправления и координации.

Технико-экономические характеристики участков представлены аналогичными вектор-функциями, характеризующими технологическое время $t_{y\xi}$, удельные прямые производственные расходы $E_{y\xi}$, технически допустимые размеры вагонопотоков $B_{y\xi}$ на участке y .

Путевое развитие и техническое оснащение инфраструктуры, наибольшие доступные парки тягового и нетягового подвижного состава в рамках исследуемой задачи являются заданными, т. е. инвестиции в инфраструктуру и подвижной состав не предусматриваются.

Целевая функция предусматривает максимизацию среднесуточного финансового результата:

$$F = \sum_{w=1}^W [D_w - (R_w^{(1)} + R_w^{(2)} + R_w^{(3)}) \pm (R_w^{(4)} + R_w^{(5)})] \tau_w \rightarrow \max, \quad (1)$$

где D_w — изменяемая часть среднесуточных доходов от перевозок и услуг в календарном периоде w ; $R_w^{(1)}$, $R_w^{(2)}$, $R_w^{(3)}$ — среднесуточные операционные расходы в календарном периоде w , связанные соответственно с мощностью объекта инфраструктуры, с простоями и терминальной обработкой транспортных потоков, с продвижением вагонопотоков по участкам; $R_w^{(4)}$, $R_w^{(5)}$ — среднесуточные взаимные платежи участников перевозочного процесса в календарном периоде w , связанные соответственно с потоками поездов и вагонов, с ресурсами инфраструктуры.

Целевая функция (1) записана в общем виде. Для отдельных участников перевозочного процесса (ЖА, перевозчиков, операторов подвижного состава) имеют место свои составляющие этой функции.

Управляемые переменные. В общем виде управляемые переменные характеризуют:

- 1) распределение поездопотоков и сортировочной работы (назначения грузовых поездов, прикрепление вагонопотоков к назначениям грузовых поездов, пути следования грузовых поездов по железнодорожной сети, нормы веса и длины грузовых поездов);
- 2) технологию тягового обслуживания грузового и пассажирского движения;
- 3) технологию станционной работы.

При этом для задачи координации и задачи самоуправления имеют место свои классы управляемых переменных (рис. 2).

Графиковые размеры передачи грузовых поездов по каждому МГСП и размеры движения по участкам железной дороги характеризуются количеством ниток грузовых поездов в графике движения $n_{\text{г}}$, в том числе твердых расписаний ежедневного обращения $n_{\text{тв}}$, и сборных поездов $n_{\text{сб}}$.

Перечни назначений поездов и поездных групп плана формирования во внутридорожном и в международ-

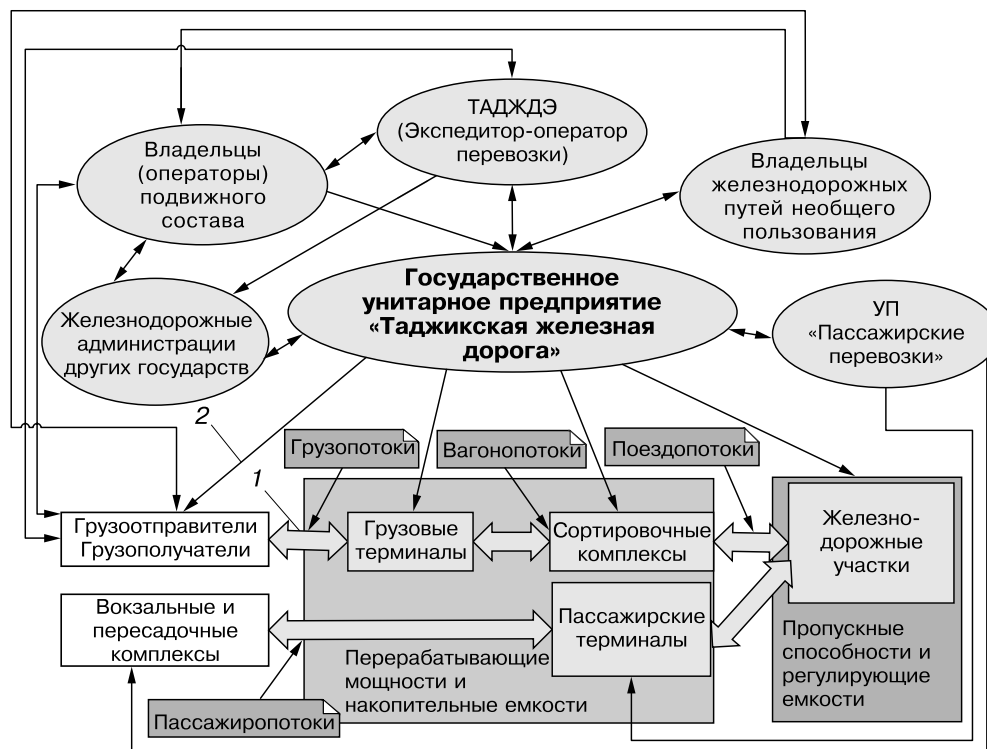


Рис. 1. Структура взаимодействия участников перевозочного процесса ТЖД:

1 — транспортные потоки; 2 — информационно-управляющие связи

Fig. 1. Structure of interaction between participants in the transportation process of the Tajik Railway:

1 — traffic flows; 2 — information management links

ном сообщении $\varphi(i_{\phi}, i_p, i_{\phi p}, i_{p\phi}, j_{\phi p}, w)$, где $i_{\phi}, i_{\phi p}$ — станции формирования поезда и поезда группы соответственно; $i_p, i_{p\phi}$ — станции назначения (расформирования) поезда и поезда группы соответственно; $j_{\phi p}$ — род поезда. При этом переменная $\zeta_{\phi} = 1$, если назначение φ входит в план формирования, иначе $\zeta_{\phi} = 0$. Переменная $\psi_{\phi p} = 1$, если вагонопоток u прикреплен к назначению φ , иначе $\psi_{\phi p} = 0$. В соответствии с п. 7.2 «Порядка организации вагонопотоков» [6] право определения станции формирования нового назначения в международном сообщении предоставляется ЖА формирования поезда.

Технологию маршрутных перевозок характеризуют перечни назначений маршрутов во внутридорожном и в международном сообщении $\eta(i_{\phi}, i_p, j_{\eta p}, j_{\eta p\phi}, j_{\eta p\phi p}, w)$ и переменные $\psi_{\eta p}$, равные доле вагонопотока u , включаемой в маршрутное назначение η , для маршрутов как прямых на одну станцию назначения вагонов, так и для маршрутов назначением на станцию расформирования.

Нормы массы $Q_{\eta p}$, t , и длины $m_{\eta p}$ условных вагонов, устанавливаются для каждого маршрутного назначения $(Q_{\eta p}^m; m_{\eta p}^m)$ и унифицированные для направлений пропуска сквозных поездов из немаршрутизированных вагонопотоков $(Q_{\eta p}^{yn}; m_{\eta p}^{yn})$.

Пути следования назначений поездов плана формирования S_{ϕ} и маршрутных назначений S_{η} харак-

теризуют соответствующие перечни попутных технических и пограничных станций, проходимых без переработки $\{i_{\eta p \phi}\}$ и $\{i_{\eta p \eta}\}$.

Ограничения. Решение задачи должно вписываться в ограничения четырех классов: неделимость транспортных потоков, инфраструктурные, ресурсные, логистические.

1. Ограничения неделимости транспортных потоков:

1.1. Маршрут следования каждого вагонопотока по сети назначений поездов от станции (узла) зарождения до станции погашения должен быть единственным, а вагонопоток — неразрывным [7]

$$\sum_{\phi} \psi_{\phi p} = 1 \forall u. \quad (2)$$

1.2. Условие «древовидности следования вагонопотоков» [7].

2. Инфраструктурные ограничения:

2.1. По пропускной способности участков (с учетом допускаемого уровня ее использования и режима работы участков)

$$n_{\eta p y} \leq \gamma_{\eta p y} \beta_{\eta p y} n_{\eta p y}, \quad (3)$$

где $n_{\eta p y}$ — расчетные размеры грузового движения на участке y , пар поездов/сут; $n_{\eta p y}$ — пропускная способ-

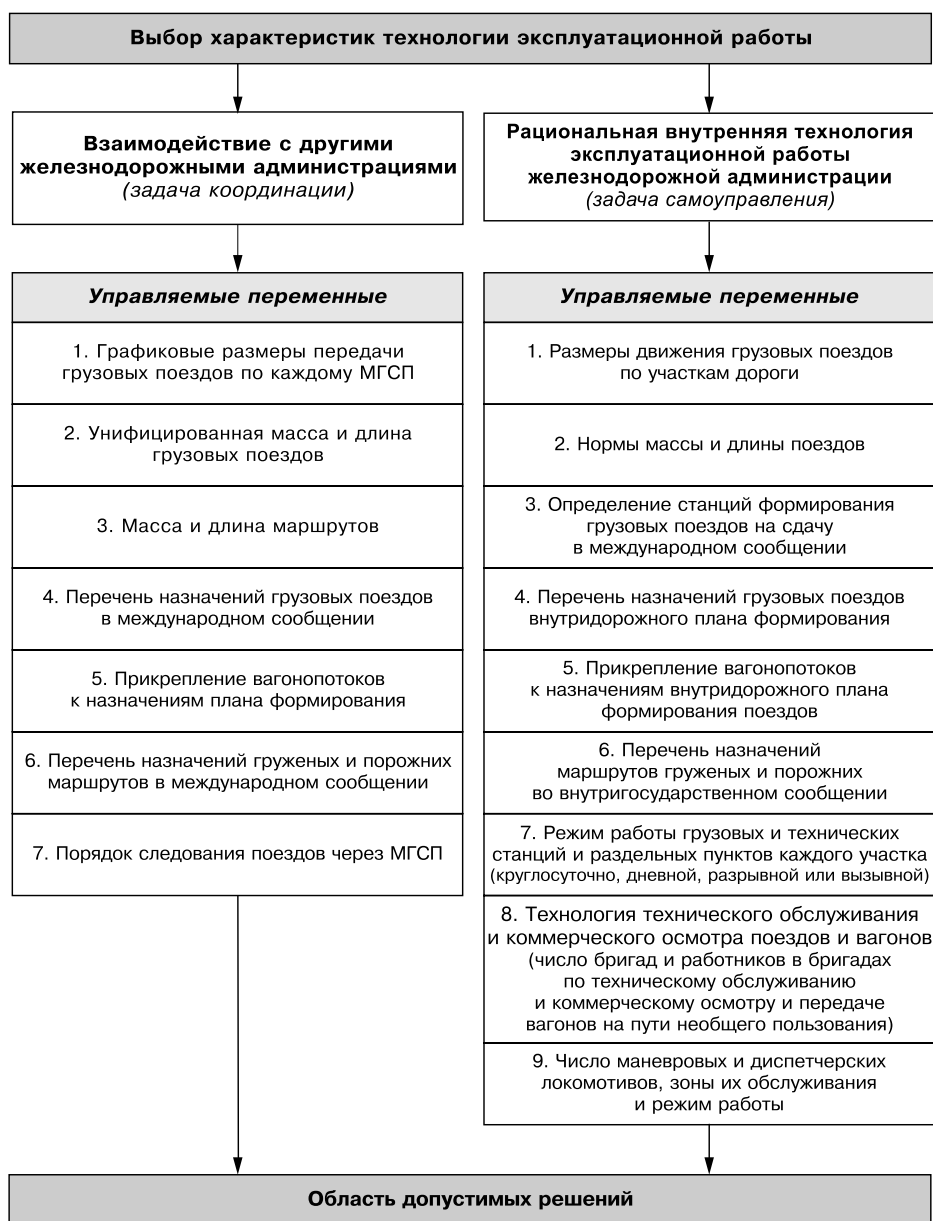


Рис. 2. Структура управляемых переменных исследуемых задач

Fig. 2. Structure of controlled variables of the problems under study

ность участка y для грузового движения, пар поездов/сут; $\gamma_{уч\ y}$ — допустимый уровень использования пропускной способности участка y ; $\beta_{реж\ y}$ — коэффициент, учитывающий некруглосуточный режим работы участка y .

2.2. По допустимому числу назначений поездов, формируемых на станциях

$$k_x \leq k_{tx}, \quad (4)$$

где k_x — число назначений поездов, формируемых на станции x ; k_{tx} — то же, технически допустимое для данных размеров переработки на станции x .

2.3. По техническим допустимым размерам переработки вагонов на станциях (с учетом режима работы станции по поездной и грузовой работе)

$$N_{пер\ x} \leq \beta_{реж\ x} N_{т\ x}, \quad (5)$$

где $N_{пер\ x}$, $N_{т\ x}$ — вагонопотоки, перерабатываемый на станции x и технически допустимый для данного числа формируемых назначений соответственно, вагонов/сут; $\beta_{реж\ x}$ — коэффициент, учитывающий некруглосуточный режим работы станции x .

2.4. По технически допустимым размерам потоков транзитных поездов на станциях

$$n_{\text{тр } x} \leq \beta_{\text{реж } x} n_{\text{т.тр } x}, \quad (6)$$

где $n_{\text{тр } x}$, $n_{\text{т.тр } x}$ — поток транзитных поездов без переработки, проследующих станцию x , и технически допустимый для станции x соответственно, поездов/сут.

2.5. По непревышению унифицированными и параллельными нормами массы и длины грузовых поездов критических значений для каждого участка

$$Q_{\text{бр } y}^{\text{ун}} \leq Q_{\text{бр } y}^{\text{крит}}, \quad (7)$$

$$m_{\text{усл } y}^{\text{ун}} \leq m_{\text{усл } y}^{\text{крит}}, \quad (8)$$

$$Q_{\text{бр } \eta}^{\text{м}} \leq Q_{\text{бр } y}^{\text{крит}}, \quad (9)$$

$$m_{\text{усл } \eta}^{\text{м}} \leq m_{\text{усл } y}^{\text{крит}}, \quad (10)$$

где $Q_{\text{бр } y}^{\text{крит}}$, $m_{\text{усл } y}^{\text{крит}}$ — критические нормы массы, т, и длины, условных вагонов, для грузовых поездов на участке y в данном направлении движения соответственно.

3. Ресурсные ограничения:

3.1. По парку поездных локомотивов грузового движения

$$M_{\text{потр } g} \leq M_{\text{max } g}, \quad (11)$$

где $M_{\text{потр } g}$, $M_{\text{max } g}$ — потребный и максимально допустимый парк поездных локомотивов g -й специализации (участка обращения).

3.2. По парку маневровых локомотивов

$$M_{\text{ман}}^{\text{потр}} \leq M_{\text{ман}}^{\text{max}}, \quad (12)$$

где $M_{\text{ман}}^{\text{потр}}$, $M_{\text{ман}}^{\text{max}}$ — потребный и максимально допустимый парк маневровых локомотивов.

3.3. По паркам грузовых вагонов

$$P_{\text{jrnc, jnpc}}^{\text{потр}} \leq P_{\text{jrnc, jnpc}}^{\text{max}}, \quad (13)$$

где $P_{\text{jrnc, jnpc}}^{\text{потр}}$, $P_{\text{jrnc, jnpc}}^{\text{max}}$ — потребный и максимально допустимый рабочий парк вагонов рода подвижного состава $j_{\text{рпс}}$ принадлежности $j_{\text{ппс}}$.

4. Логистические ограничения:

4.1. По сроку доставки грузов

$$D_{\text{ур}}^{\text{техн}} \leq D_{\text{ур}}^{\text{юр}}, \quad (14)$$

где $D_{\text{ур}}^{\text{техн}}$ — технологический [8] срок доставки грузов по вагонопотоку u для вида сообщения r , сут; $D_{\text{ур}}^{\text{юр}}$ — юридический (нормативный или договорной) срок доставки грузов по вагонопотоку u для вида сообщения r , сут.

4.2. По минимальной мощности назначений формируемых поездов, обеспечивающих выполнение сроков доставки грузов

$$N_{\phi} \geq N_{\text{min } \phi}, \quad (15)$$

где N_{ϕ} , $N_{\text{min } \phi}$ — мощность назначения ϕ (расчетная и минимально допустимая по условию своевременной доставки грузов соответственно), вагонов/сут.

4.3. По условиям перевозки грузов по родам (например, опасные грузы; любые восьмиосные вагоны перевозятся через транзитный участок Бекабад — Истиклол ТЖД, а остальной транзитный грузопоток следует по новой линии Ангрен — Пап Узбекской железной дороги).

Исследование параметров решения. Информационная структура исследуемых задач такова, что управляемые переменные задачи координации должны быть определены на годовом периоде действия международного плана формирования грузовых поездов и графика движения, а управляемые переменные задачи самоуправления могут изменяться по календарным периодам w .

С учетом специфики задач самоуправления и координации должны быть модернизированы расчетные зависимости [7, 9] для вычисления целевой функции (1) и ограничений (2)–(15).

Расходы $R_w^{(1)}$ [см. целевую функцию (1)] определяются потребной и наличной пропускной способностью и их соотношением по элементам инфраструктуры в зависимости от значений управляемых переменных задачи самоуправления, относящихся к классам 7, 8 и 9 (см. рис. 2).

Расходы $R_w^{(2)}$ определяют временем нахождения вагонов и локомотивов, энергоресурсами на расформирование и формирование поездов, прицепку, отцепку, подачу и уборку вагонов. Сюда включаются составляющие, связанные с накоплением составов по назначениям, с переработкой транзитных вагонов на попутных технических станциях, операциями и с транзитными поездами без переработки на попутных технических станциях, операциями с поездами на МГСП, операциями на станциях предъявления к перевозке груженых и порожних маршрутов при маршрутном и немаршрутном отправлении, операциями на станциях назначения груженых и порожних маршрутов при маршрутном и немаршрутном прибытии.

Расходы $R_w^{(3)}$, зависящие от размеров движения, связаны с парками и пробегами подвижного состава, износом верхнего строения пути, работой локомотивных бригад, расходами энергоресурсов на тягу поездов и пробеги одиночных локомотивов.

Платежи $R_w^{(4)}$ включают в себя плату за пользование грузовыми вагонами чужой принадлежности либо доходы от предоставления вагонов другим пользователям, выплаты за невыполнение сроков доставки грузов или порожних вагонов чужой принадлежности, простои поездов по неприему со стороны соседних железных дорог, невыполнение плана перевозок, т. е. за непредоставление вагонов под погрузку.

Платежи $R_w^{(5)}$ связаны со сверхнормативным занятием инфраструктуры вагонами (поездами), прибывшими в адрес одного или нескольких грузополучателей.

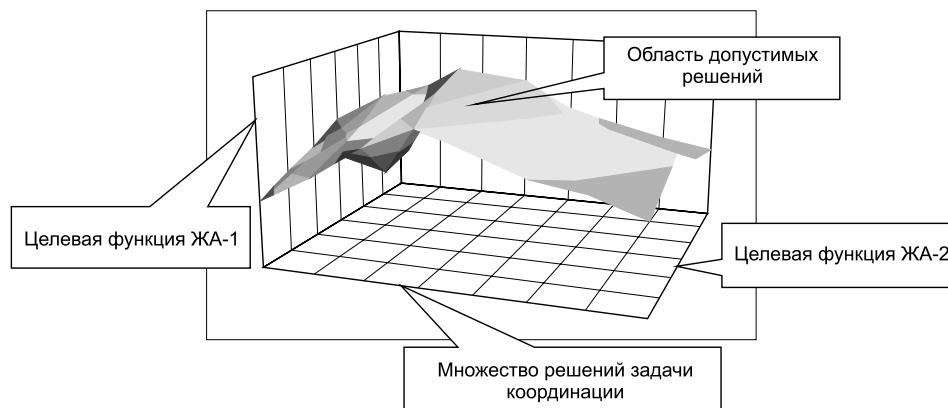


Рис. 3. Отыскание области эффективных решений задачи координации
Fig. 3. Finding the field of effective solutions to the coordination problem

Ряд компонентов целевой функции и ограничений задачи (1)–(15) нелинейны и целочисленны. Это предопределяет выбор методов решения.

Методы решения. Методика проведения исследования операций на стадии разработки вычислительного метода предусматривает выбор одного из двух принципиальных подходов к решению [10]:

1) найти точное решение задачи в упрощенной постановке, позволяющей применить разработанные регулярные методы с математически доказанной оптимальностью;

2) найти приближенное решение точно сформулированной задачи.

В рамках второго из указанных подходов проведен анализ информационной структуры и размерности рассматриваемых задач, который выявил следующее:

1) Условия работы ТЖД и полигона ее взаимодействия с соседними ЖА таковы, что задача координации и задача самоуправления в связи с их ограниченной размерностью могут быть решены путем сканирования набора управляемых переменных с отсечением вариантов, не соответствующих ограничениям задач.

2) Топология полигона ТЖД и полигонов ее взаимодействия дают возможность перед сканированием всего множества вариантов решения упорядочить его и далее вести направленный перебор вариантов по их упорядоченному множеству.

Для поиска решения предлагаются три принципиальных стратегии.

Стратегия 1 (поиск решения задачи самоуправления в пределах области эффективных решений задачи координации) предусматривает этапы решения: генерирование множества решений задачи координации; вычисление области эффективных решений для задачи координации (рис. 3); фиксация эффективных наборов управляемых переменных задачи координации в качестве ограничений для задачи са-

моуправления; решение задачи самоуправления при указанных ограничениях.

Стратегия 2 (поиск решения задачи координации в пределах области эффективных решений задачи самоуправления) — обратная стратегии 1. Допустимые решения задачи самоуправления будут диктовать ограничения на решения задач координации.

Стратегия 3 (смешанная) — выбор эффективной стратегии должен производиться путем вычислительных экспериментов на реальных исходных данных.

Выводы. 1. Установлена необходимость решения проблемы комплексного обеспечения эффективности эксплуатационной работы в современных условиях на основе синтеза задач самоуправления (рациональной внутренней технологии эксплуатационной работы ТЖД) и задач координации (технологического взаимодействия с железнодорожными администрациями других государств).

2. Предложенная классификация технологических ограничений и управляемых переменных при исполнении перевозок учитывает методы изменения внешних условий функционирования полигона железной дороги и методы повышения внутренней эффективности ее работы.

3. Поиск решения задачи предусматривает направленный перебор вариантов по их упорядоченному множеству с отсечением групп вариантов, не соответствующих ограничениям, с последующим нахождением компромиссного управления по набору эффективных альтернатив.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Критерии отнесения железнодорожных линий к малоинтенсивным / С. Н. Шарапов [и др.] // Железнодорожный транспорт. 2017. № 12. С. 19.
2. Сотников И. Б. Облегченные условия эксплуатации малоподъемных линий. М.: Трансжелдориздат, 1945. 14 с. (ЦНИИ НКПС. Информ. письмо № 18/73).

3. Borodin A., Prokofieva E. Methods of substantiation of specialization of railway lines // *Transport Problems*. 2017. Vol. 12. Special Edition. P. 35–44.
4. Бородин А. Ф. Адаптивное управление вагонопотоками // *Железнодорожный транспорт*. 2005. № 1. С. 33–37.
5. Михалеви́ч В. С., Волкови́ч В. Л. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. М.: Наука, 1982. 288 с.
6. План формирования грузовых поездов на 2016–2017 гг. Ч. 1. М.: КУНА, 2016. 442 с.
7. Инструктивные указания по организации вагонопотоков на железных дорогах ОАО «РЖД»: утв. 16.10.2006 г. М.: Техинформ, 2007. 527 с.
8. Тишкин Е. М., Бородин А. Ф. Управление вагонопотоками в системе ДИСПАРК // *Вестник ВНИИЖТ*. 1998. № 1. С. 9–13.

9. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог: утв. 10.11.2010 г. № 128 / ОАО «РЖД». М.: Техинформ, 2011. 289 с.
10. Исследование операций: в 2-х т. Т. 1. Методологические основы и математические методы / под ред. Дж. Моудера, С. Е. Элмаграби; пер. с англ. под ред. И. М. Макарова, И. М. Бескровного. М.: Мир, 1981. 712 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

ПУЛАТОВ Пулодзон Набиджонович, заместитель начальника железнодорожной станции Худжанд, ГУП «ТЖД», аспирант

Статья поступила в редакцию 06.04.2018 г., принята к публикации 02.07.2018 г.

Coordination of technology of railway operation of the Republic of Tajikistan and organization of railways in international traffic

P. N. PULATOV

State Unitary Enterprise "Tajik Railway" (GUP "Tajik Railway"), B. Gafurov, 735690, Republic of Tajikistan

Abstract. Current geopolitical and economic conditions for the functioning of railway transport in most post-Soviet states are such that it is extremely difficult to provide required quality of transport services and break-even operations at high expenses for maintaining the railway infrastructure and rolling stock. Dynamics of transportation of the Tajik Railway (TSR) is shown, which displays that most of its sections are classified as low-intensity ones. The paper proposes methodical principles, setting and qualitative analysis of the task of rationalization of operational work and organization of car flows for international transportation, taking into account the specifics of the Tajik Railway. There is a problem of complex maintenance of the efficiency of operational work in modern conditions based on the synthesis of the tasks of self-management (rational internal operational technology of the Tajik Railway) and coordination tasks (technological interaction with railway administrations of other states). Author substantiated the necessity of solving this problem.

Proposed classification of technological restrictions and controlled variables in the performance of transport takes into account methods for changing external conditions for the functioning of the railway landfill and methods for increasing internal efficiency of its operation.

The search for the solution of the problem involves direct search of variants along its ordered set with clipping of groups of variants that do not correspond to constraints, with the subsequent finding of compromise control over a set of effective alternatives.

Keywords: operational work; organization of car flows; international communication; self management; coordination; technological interaction; railway administration

DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2018-77-4-211-217>

REFERENCES

1. Sharapov S. N., Kondratenko V. V., Gorel'tsev S. V., Lyal'ko M. V. *Kriterii otneseniya zheleznodorozhnykh liniy k malointensivnym* [Criteria for assigning railway lines to low-intensity ones]. *Zheleznodorozhny transport*, 2017, no. 12, p. 19.

2. Sotnikov I. B. *Oblegchennyye usloviya ekspluatatsii malodeyat'nykh liniy* [Simplified operating conditions for low-activity lines]. Moscow, Transzheldorizdat Publ., 1945, 14 p.
3. Borodin A., Prokofieva E. *Methods of substantiation of specialization of railway lines*. *Transport Problems*, 2017, Vol. 12, Special Edition, pp. 35–44.
4. Borodin A. F. *Adaptivnoye upravlenie vagonopotokami* [Adaptive management of railways]. *Zheleznodorozhny transport*, 2005, no. 1, pp. 33–37.
5. Mikhalevich V. S., Volkovich V. L. *Vychislitel'nye metody issledovaniya i proektirovaniya slozhnykh system* [Computational methods of research and design of complex systems]. Moscow, Nauka Publ., 1982, 288 p.
6. *Plan formirovaniya gruzovykh poezdov na 2016–2017 gg.* Ch. 1 [Plan for the formation of freight trains for 2016–2017. Part 1]. Moscow, KUNA Publ., 2016, 442 p.
7. *Instructions on the organization of railway car flows on the railways of the JSC "Russian Railways"*. Approved on 16.10.2006. Moscow, Tekhinform Publ., 2007, 527 p. (in Russ.).
8. Tishkin E. M., Borodin A. F. *Upravlenie vagonopotokami v sisteme DISPARK* [Management of carload flows in the DISPARK system]. *Vestnik VNIIZhT* [Vestnik of the Railway Research Institute], 1998, no. 1, pp. 9–13.
9. *Instruction on the calculation of the available capacity of the railways*. Approved on November 10, 2010, no. 128, JSC "Russian Railways". Moscow, Tekhinform Publ., 2011, 289 p.
10. Moulder J., Elmagrabee S. E., Makarov I. M., Beskrovnyy I. M. *Issledovanie operatsiy: v 2-kh t. T. 1. Metodologicheskie osnovy i matematicheskie metody* [Research operations: in 2 vol. Vol. 1. Methodological bases and mathematical methods]. Moscow, Mir Publ., 1981, 712 p.

ABOUT THE AUTHOR

Pulodzhon N. PULATOV,

Deputy Head of the railway station Khujand, GUP "Tajik Railway", Post-graduate

Received 06.04.2018

Accepted 02.07.2018

■ E-mail: Pulodi_patriot@mail.ru (P. N. Pulatov)