

УДК 656.05

А. А. МИХАЛЬЧЕНКО, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ОБЪЕКТАМИ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ДИСПЕТЧЕРСКИХ УПРАВЛЯЮЩИХ РЕШЕНИЙ

Приведены результаты исследований условий оптимального взаимодействия с объектами управления при разработке управляющих решений по изменению диспетчерским аппаратом поездной ситуации. Рассматриваются ситуации отклонений действительных значений и выходных параметров результатов реализации управленческих решений и воздействий диспетчерского аппарата на перевозочный процесс. Рассматривается классификация управленческих решений, принимаемых в условиях определенности и последующего риска от реализации принятых решений.

Диспетчерское управление объектами, участвующими в выполнении перевозочного процесса предусматривает выработку директивных, управляющих решений и воздействий на их основе. Они вырабатываются по элементам эксплуатационной работы: организация поездной работы на участках – пропуск поездов по участкам и направлениям (поезд N_i , время принятия решений для мобильных объектов t_i , стационарные объекты на участке S_j); организация грузовой работы на станциях участка (взаимодействие с мобильными объектами грузовой работы B_i , времени принимаемых решений t_i , стационарными объектами грузовой работы M_j); организация работы локомотивов и локомотивных бригад на участке.

Взаимодействие с объектами управления рассматривается для условий концентрации диспетчерского управления движением поездов из единых центров [1]. Эта система предусматривает руководство всей поездной работой, в том числе работой локомотивов и локомотивных бригад на направлении, из единого центра управления. Однако имеется ряд нерешенных проблем диспетчерского управления перевозками из единых центров. Одной из таких проблем является совершенствование взаимодействия диспетчерского персонала с управляемыми объектами. В то же время при наличии высококлассной вычислительной техники, при нарушении взаимодействия с объектами управления происходит снижение эффективности принимаемых диспетчерских решений.

Каждый из объектов диспетчерского управления может быть описан уравнениями, характерными для собственного уровня диспетчерского персонала.

При диспетчерском управлении движением поездов на участке: характеризуется матрицей $N \times N$ последовательно выполняемых событий с одним поездом в виде кортежа $\langle N_i, a_s, t_a \rangle$, который конкретизирует поездостанцию в момент принятия диспетчерских решений.

Для управляемого диспетчерского участка формируется матрица, отражающая суточный график движения поездов:

$$F_m(t) = \begin{pmatrix} N_1, S_1, t(N_1)_{s_1}; N_1, S_2, t(N_1)_{a_2}; N_1, S_n, t(N_1)_{a_s} \\ N_2, S_1, t(N_2)_{a_1}; N_2, S_2, t(N_2)_{a_2}; N_2, S_n, t(N_2)_{a_s} \\ \dots \\ N_i, S_1, t(N_i)_{a_1}; N_i, S_2, t(N_i)_{a_2}; N_i, S_n, t(N_i)_{a_s} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где N_i – порядковый номер поезда, с которым работает диспетчер на участке; S_n – станция прохождения i -го поезда в момент t .

Объект диспетчерского руководства грузовой работой на станциях управляемого полигона (на диспетчерском участке) описывается выражением

$$B(t_0 + t_k) = b_1[a_1(t_0 + t_k)] + b_2[a_2(t_0 + t_k)] + \dots + b_s[a_s(t_0 + t_k)], \quad (2)$$

где $b_i[a_s(t_0 + t_k)]$ – объем грузовой работы, выполняемый по станции a_s за период $(t_0 + t_k)$.

Одним из элементов грузовой работы на участке является организация местной работы со сборными и вывозными поездами и маневровых передвижений.

Организация работы сборных и вывозных поездов формулируется по сокращенному варианту полной матрицы (1). При этом используется методическое обеспечение для расчетов прогнозируемой результативности, величины необходимых затрат ресурсов, предполагаемой экономической эффективности основных концептуальных решений по развитию и модернизации системы диспетчерских центров управления перевозками в области грузовых операций и местной работы, автоматизированных рабочих мест диспетчерского персонала и автоматизированных обучающих систем оперативного персонала [2]. Проведение исследований на железных дорогах, на которых диспетчерские центры работают более эффективно, показало, что, применяя системный анализ определения ожидаемой эксплуатационной и экономической эффективности от автоматизации оперативного управления перевозками, можно более точно рассчитать эффективность. При оценке решений по развитию и модернизации системы диспетчерских центров рассматривается оптимизация взаимодействия диспетчерского персонала с объектами управления на участке с учетом затрат ресурсов на разработку и реализацию диспетчерских решений, связанных с проводимыми мероприятиями.

При организации местной работы на участке организация маневровых передвижений выполняется по следующим вариантам:

- поездным локомотивом от сборного поезда;
- специально выделенным маневровым локомотивом, который выполняет маневровую работу на участке.

По первому варианту прицепка, отцепка, расстановка вагонов по грузовым фронтам на выделенных станциях участка, уборки вагонов после грузовых операций выполняется поездным локомотивом. Исследования, проведенные в 2020 г., показали, что эксплуатационные параметры такого варианта выполнения местной работы

на участке для одной станции (продолжительность нахождения поездного локомотива и локомотивной бригады; дополнительный простой вагонов, следующих на другие станции участка (на один вагон); занятие путевого развития; использование трудовых ресурсов на выполнение местной работы на станции) – 118 мин.

По второму варианту рассматривается использование специального маневрового локомотива, выделенного для выполнения маневровых передвижений на промежуточных станциях участка. Для него формируется отдельная матрица взаимодействия. При этом следует учитывать, что маневровая работа, выполняемая поездным локомотивом ограничивается отцепкой вагонов, имеющих назначение на станцию и прицепкой локомотивов, предназначенных к отправлению. Общая продолжительность нахождения сборного поезда на станции в данном случае сокращается до 40–45 мин.

С учетом существенной разницы в стоимости одного часа работы поездного и маневрового локомотивов использование последнего становится более выгодным (рисунок 1).



Рисунок 1 – Оценка эффективности использования поездного и маневрового локомотивов для местной работы на участке

По финансовым итогам работы железной дороги за 2021 г. стоимость работы поездного локомотива составила 188,23 руб., маневрового – 62,78. При общей продолжительности выполнения маневровой работы поездным локомотивом его затраты увеличиваются.

Организация маневровых передвижений (выполнение прицепки и отцепки, подача и уборка местных вагонов) при управлении ей из диспетчерского центра предусматривает принципиальные решения по внедрению инновационных технологий и оптимизации управления эксплуатационной работой на полигоне железной дороги [3]. Опыт их реализации показал эффективность на Западно-Сибирской железной дороге. Оптимизированы процессы, протекающие в центре управления, характерные при выполнении взаимодействия с объектами управления на участке диспетчеров при организации местной работы.

В процессе взаимодействия с объектами управления реализуется матрица руководства поездной и местной работой, используемая в модели местной работы на диспетчерском участке, управление которым выполняется из диспетчерского центра:

$$F_{m_s} = G \begin{vmatrix} m_1 a_1 t_{a_1}, m_1 a_2 t_{a_2}, m_1 a_s t_{a_s} \\ m_1 a_1 t_{a_1}, m_1 a_2 t_{a_2}, m_1 a_s t_{a_s} \\ \dots \\ m_1 a_1 t_{a_1}, m_1 a_2 t_{a_2}, m_1 a_s t_{a_s} \end{vmatrix}, \quad (3)$$

где m_1 – объект выполнения грузовой работы на станции участка; a_1-a_s – станции с грузовой работой на участке; t_a – время выполнения маневровых передвижений, необходимых для реализации грузовой работы на станции.

В векторно-матричной форме описание взаимодействия с управляемыми объектами выполняется следующим образом:

$$Y = N(R) + B\omega_i + M + \Delta R(N, B, M), \quad (4)$$

где B – вектор выполнения поездной работы на участке при реализации управляющих воздействий на объекты грузовой работы; ω_i – управляющее воздействие на объекты управления по обеспечению погрузки и выгрузки в плановых объемах; M – матрица маневровых передвижений, выполняемых на участке за период управления (по вариантам использования поездного локомотива или специального маневрового); $\Delta R(N, B, M)$ – матрица отклонений при выполнении управляющих воздействий на объекты управления местной работы на станциях участка.

Система уравнений, описывающих процесс взаимодействия диспетчерского персонала с объектами на участке и выработки управляющего воздействия, имеет вид

$$R_i = r_i K_r + G' \Delta Y + G'' \Delta X, \quad (5)$$

где r_i – управляющее воздействие на объект; K_r – матрица корректировочных коэффициентов соответствующего процесса, происходящего на объектах; G', G'' – векторы корректировочных коэффициентов управляющих воздействий на объекты при отклонениях выходного (ΔX) и промежуточного (ΔY) параметров эксплуатационной работы на управляемом участке.

Взаимодействие с объектами в системе диспетчерского управления при формировании модели диспетчерского управления участком описывается уравнением функционирования информационной системы. Для одного объекта управления:

$$I(X, Y) = G(Y) + \sum \Delta I_r(t_0 + t_k). \quad (6)$$

При этом для каждой разновидности поездо-потоков на диспетчерском участке рассматривается собственная формализация условий взаимодействия поездной и местной работы.

При рассмотрении транзитного поездо-потока для участка в качестве объекта управления рассматриваются выходные потоки:

– информационные –

$$\Delta I_{тp}(t_0 + t_k) = \sum I(y)_m, \quad (7)$$

– материальные –

$$S_f(x, w, z, y) dt. \quad (8)$$

Учитывается изменение состояний станционных подсистем на участке при реализации процессов поездной работы, находящихся под контролем диспетчера:

$$\Delta I_{сx}(t_0 + t_k) = \sum i(P_n)_s + \sum i(B_n)_s + \sum i(n_m, n_{тp}, b_k) + \sum i(f_s), \quad (9)$$

где $\sum i(P_n)_s$ – информация о выполнении процесса пропуска транзитного вагонопотока через станцию; $\sum i(B_n)_s$ – то же о местном вагонопотоке для станции; $\sum i(n_m, n_{тp}, b_k)$ – данные о наличии вагонов соответствующего вида сообщения на станциях; $\sum i(f_s)$ – информация о наличии ресурсов для обеспечения перевозочного процесса на станциях (локомотивы, локомотивные бригады, ограни-

чения по путевому комплексу, СЦБ, системы информатики).

При организации пропуска поездов по участку используется информация по объектам:

$$\Delta I(t_0 + t_k) = \sum i(P_n)_i + \sum i(P_m)_i, \quad (10)$$

где $\sum i(P_n)_i$ – информация о проследовании поездов по участку без местной работы; $\sum i(P_m)_i$ – то же о поездах, следующих по участку с выполнением маневровых передвижений (работа сборных, вывозных поездов и диспетчерских локомотивов).

Информация по объектам при обработке местного вагонопотока

$$\Delta I_b(t_0 + t_k) = \sum i(B_S)_i + \sum i(B_N)_i, \quad (11)$$

где $\sum i(B_S)_i$ – информация о выполнении необходимых видов работ с местными вагонами на станциях, подъездных путях и в узлах, выделенных в самостоятельные объекты управления, их состоянии и технологическом положении (погружено вагонов, нахождение вагонов под погрузкой, под выгрузкой); $\sum i(B_N)_i$ – то же для подсистем, характерных для участка.

Уравнение отклонений действительных значений и выходных параметров результатов реализации управленческих решений и воздействий на объекты управления имеет вид

$$\Delta R = R_{\text{уп}} - I(X|Y), \quad (12)$$

где $R_{\text{уп}}$ – вектор заданных управленческих решений по реализации управляющих воздействий на объект.

Разностное векторно-матричное уравнение, соответствующее алгоритму выработки управляющих воздействий для объектов

$$R[k, t_0 + t_k] = \sum N_j \Delta R_j[k-j, t_0 + t_k] + \sum A_j R_j[k_j, j, t_0], \quad (13)$$

где N_j – матрица алгоритма выработки управляющих воздействий по организации и выполнению поездной работы на участке; A_j – матрица корректирующих коэффициентов обратных связей при управляющих воздействиях, размерности (1×1) .

Прикладное решение уравнения (13) для рассматриваемой системы диспетчерского управления:

– для традиционной системы диспетчерского управления выражается полиномом

$$R_{i(\text{тр})} = K_1 r_1 [L_n^{[1]}] + K_2^{[2]} r_2 [L_n^{[2]}] + K_3^{[3]} r_3 [L_n^{[3]}] + G'(\Delta Y) + G''(\Delta X), \quad (14)$$

который решается с использованием системы нормальных уравнений

$$\begin{aligned} K_1 + r_2 \sum_{i=0}^k K_i^2 + r_3 \sum_{i=0}^k K_i^3 &= \sum_{i=0}^k R_i; \\ r_1 \sum_{i=0}^k K_i^2 + r_2 \sum_{i=0}^k K_i^4 + r_3 \sum_{i=0}^k K_i^5 &= \sum_{i=0}^k R_i K_i^2; \\ r_1 \sum_{i=0}^k K_i^3 + r_2 \sum_{i=0}^k K_i^5 + r_3 \sum_{i=0}^k K_i^6 &= \sum_{i=0}^k R_i K_i^3; \end{aligned} \quad (15)$$

– для системы, в которой интегрировано диспетчерское управление в управлении дороги при оптимизации взаимодействия с объектами управления, используется полином следующего вида:

$$R_{i(\text{цв})} = K_1 r_1 [L_n^{[1]}] + K_2^{[2]} r_2 [L_n^{[2]}] + G' \Delta Y + G'' \Delta X, \quad (16)$$

для его решения применяется система уравнений

$$\begin{aligned} r_1 \sum_{i=0}^k K_i + r_3 \sum_{i=0}^k K_i^3 &= \sum_{i=0}^k R_i; \\ r_1 \sum_{i=0}^k K_i^2 + r_2 \sum_{i=0}^k K_i^3 &= \sum_{i=0}^k R_i K_i; \\ r_1 \sum_{i=0}^k K_i^3 + r_2 \sum_{i=0}^k K_i^4 &= \sum_{i=0}^k R_i K_i^2; \end{aligned} \quad (17)$$

– при выделении в системе диспетчерского управления оперативного руководства с опорной станции (для малодейственных участков) уравнение оптимизации взаимодействия с объектами принимает вид

$$R_{i(\text{OC})} = r_0 + r_1 K_i + G'(\delta Y) + G''(\Delta X), \quad (18)$$

и имеет следующее решение:

$$\begin{aligned} r_0 + r_1 \sum_{i=0}^k K_i &= \sum_{i=0}^k R_i; \\ r_0 \sum_{i=0}^k K_i + r_2 \sum_{i=0}^k K_i^2 &= \sum_{i=0}^k R_i K_i; \\ r_1 \sum_{i=0}^k K_i^3 + r_2 \sum_{i=0}^k K_i^5 + r_3 \sum_{i=0}^k K_i^6 &= \sum_{i=0}^k R_i K_i^3. \end{aligned} \quad (19)$$

Принятие решений может быть определено как процесс выбора приемлемой альтернативы взаимодействия с управляемыми элементами из набора возможных альтернатив. Количественно пригодность выбранной альтернативы оценивается с точки зрения полезности и связанных с ней понятий.

При разработке новых систем диспетчерского управления или адаптации существующих под новые технологические и экономические требования выполнения поездной работы на управляемых объектах существуют главные аргументы в пользу изучения и моделирования поведения человека, принимающего решения по управлению перевозочным процессом. При этом в новых условиях возникает проблема эффективности бизнес-процессов, связанных с управлением движением поездов и местной работой на участках и их актуальности, создания высокопроизводительных рабочих мест. Особое внимание при этом уделяется системе диспетчерского оперативного управления движением поездов. Цель оптимизации управления объектами – совершенствование структуры управления, уточнение функций, устранение многоступенчатости их дублирования. После проведенного функционального анализа деятельности оперативного персонала диспетчерского центра Белорусской железной дороги рассматривается возможность перераспределения функций диспетчера по управлению вагонными парками между другими оперативными работниками диспетчерского центра [4].

Принятые методики и технические средства отображения оперативной информации об объектах управления на линии часто используются для того, чтобы усовершенствовать шаблонные методы принятия решений. Трудно решать задачи данного типа без моделей, помогающих понять и предсказать действия человека-оператора. При этом необходимо иметь данные о том, как диспетчер выполняет свою работу, что позволяет рассматривать концептуальную структуру, в рамках которой можно интерпретировать его действия. К тому

же модели и переменные, описывающие действия диспетчера при принятии оперативных решений, должны быть совместимы с моделями и переменными, описывающими действия управляемого объекта в тех пределах, в которых может быть проведена граница между диспетчером, принимающим решения, и управляемыми техническими системами.

Автоматизированное принятие решений часто используется в сложных управляющих системах, при этом оно выполняется либо вычислительным комплексом, либо самими диспетчерами по заранее разработанному методу. В последнем случае имеет важное значение оптимальное взаимодействие с объектами управления, результативность которого заключается в получении максимального эффекта диспетчерского управления при минимальных затратах информационных, трудовых и финансовых ресурсов (рисунок 2).

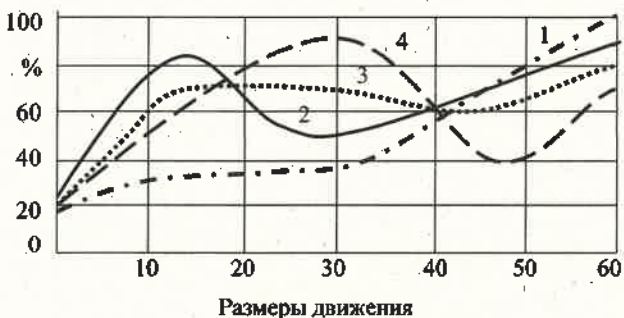


Рисунок 2 — Интерпретация эффективности взаимодействия объектов диспетчерского управления:

- 1 — информационный поток; 2 — технологические ресурсы;
3 — финансовые ресурсы; 4 — интегрированный эффект

На приведенных на рисунке 2 диаграммах которые построены по результатам исследований на Белорусской железной дороге в процессе формирования концептуального её развития, показана взаимосвязь параметров взаимодействия объектов управления и диспетчерского персонала. При этом следует учитывать, что решения по диспетчерскому управлению поездной работой не могут быть лучше, чем данные, критерии и меры пригодности, которые использовались в процессе их принятия.

Виды деятельности диспетчерского персонала включают принятие решений в виде неявной составляющей, хотя они чаще рассматриваются как сенсорные или познавательные действия по результатам взаимодействия с объектами управления. В таких случаях модели, в которые аспекты результативности задачи оперативного управления, связанные с принятием решений по организации поездной работы на участках и в узлах, входят в явном виде, часто являются лучшими предсказателями поведения управляемых систем, и даже если они предсказывают действия неточно, они могут указать, какие переменные будут важны, а также характер их влияния на результативность принимаемых решений.

При учёте влияния управляемых объектов в модели принятия решений рассматривается развитие полигонной модели управления перевозочным процессом. В ряде случаев рассматривается необходимость разработки нового технологического диспетчерского управления из центра с учётом дополнительного влияния состояния линейных объектов на участке [5].

Принятие очередного диспетчерского решения — это выбор одной возможности из представленных альтерна-

тив, полученных по результатам эффективного взаимодействия диспетчерского персонала с объектами управления. Когда выбирается приемлемая альтернатива A_i , то существует набор условий по её реализации B_i , часто называемых состояниями объектов управления, которые вместе с альтернативой определяют исход или следствия C_{ij} , так как они влияют на принимаемое решение.

Решение принимается в условиях определенности или риска возникновения конкретного состояния объектов управления. Поскольку обычное использование объектов управления включает риск, при котором исходы решений не определены, то обычное взаимодействие с объектами управления приведёт к неопределённости с известной вероятностью конечного результата.

Использование системного подхода к диспетчерскому управлению перевозками при его реализации позволяет решать основные функции, базирующиеся на положениях теории систем: руководство, организация, планирование, регулирование и управление; оценка объема и качества эксплуатационной работы с помощью показателей веса и скорости движения поездов; диспетчерское руководство и технология перевозочного процесса [6].

При оптимизации взаимодействия диспетчерского аппарата с объектами управления различных уровней рассматривается структура результативности:

- множество следствий взаимодействия объектов в различных и полностью предварительно задаваемых условий;

- использование отношений предпочтения, которые возникают для входа (x) и выхода (y) на каждом объекте. При этом для всех значений параметров входа и выхода (x) и (y) принимающий решение диспетчер отдаёт либо предпочтение развитию выходных параметров $u(xPy)$, связанных с входными параметрами, либо предпочитается выходной параметр $u(yPx)$. Имеется нейтральный вариант, когда не делается различие между ними и нет предпочтения одного из них другому (x/y);

- существует функция полезности принимаемых решений u в области C_i для любого варианта входного транспортного потока;

- рассматривается связь полезности и предпочтительности взаимодействия объектов управления: если предпочтение отдаётся xPy , то $u(x) > u(y)$. Наоборот, если $u(x) > u(y)$, то xPy . Если $u(x) = u(y)$, то x/y ; наоборот, если x/y , то $u(x) = u(y)$;

- предпочтения управленческих решений остаются постоянными в течение периода управления;

- при рассмотрении альтернативы полезность сочетания с предпочтением может быть определена в соответствии с целевой задачей управления [7].

Каждое из этих предположений должно быть связано с поведением диспетчера, принимающего решения на основании результативности взаимодействия с объектами управления.

Принимаемое решение A , выбираемое из двух или большего числа альтернатив, приводит к исходу, полезность которого $u(A, B)$ зависит от того, какое состояние объектов B имеет место. Однако выбору решения диспетчером A предшествует одна или несколько возможностей команд a_i , имеющих исход b_i , чтобы обнаружить, какое именно состояние объектов B фактически существует. Одним из вариантов взаимоотношений диспетчерского аппарата центра с объектами управления является график движения поездов с эталонными решениями.

Полезность выбора управленческих команд диспетчером a_i , полученная в результате оптимального взаимодействия с объектами управления b_j , выбора альтернативы A_i и обнаружения того, что имеет место ситуация B_j , которая обозначена $u(a_i, b_j, A_i, B_j)$. Полезность диспетчерского решения для альтернативы A_i , которая может привести к ожидаемому исходу, равна максимуму полезностей, связанных с альтернативами A_1 и A_2 :

$$u(a_i, b_j) = \max_i \{u(a_i, b_j, A_i)\}. \quad (20)$$

В таком случае полезность после выбора управленческого решения a_i и другими экспериментами a_i будет максимальной:

$$u = \max_i \{u(a_i)\}. \quad (21)$$

Величина $u(a_i)$ не определяет полезность принимаемого решения a_i , её лучше всего интерпретировать как ожидаемую полезность дальнейших действий, если выбрано это решение. Полезность решения, принятого по оптимальному взаимодействию с объектами, называют его *информационной ценностью*, т. е. разностью между $u(a_i)$ и полезностью дальнейших действий $u(a_0)$, соответствующих принятию решения вообще не проводить его в действие.

Максимально возможная полезность выполнения решения, которую называют *предвидимой ценностью*, представляет разность между полезностью $u(a_i)$, получаемой, если бы эксперимент a_i давал несомненное знание о состоянии объектов B_j , и полезностью $u(a_0)$, если не проводится никакого рассмотрения принятия решений:

$$u(a_i) - u(a_0) = \sum p(B_j) [\max \{u(a_i, A_i, B_j)\}] - \max \{\sum p(B_j) u(a_0, A_i, B_j)\}. \quad (22)$$

В первом члене выражения имеет место предварительная информация или предвидение поведения объектов B_j , что позволяет с необходимой определенностью выбирать одно наилучшее диспетчерское решение A_i для известного B_j . При этом известно заранее, что каждое наилучшее сочетание решений A_i и B_j происходит с частотой, с какой происходит изменение состояния объектов B_j . Во втором члене выражения (при отсутствии предварительной информации о состоянии B_j) отражается то, что можно сделать при принятии диспетчерского решения – выбрать наилучшее его значение A_i для всего распределения состояний объектов управления B_j .

Заключение. С учетом влияющих факторов оптимизации взаимодействия с объектами диспетчерского

управления при разработке решений необходимо отметить следующее:

- в условиях дистанционного управления поездной и грузовой работой на участках взаимодействие с управляемыми объектами может выполняться по ранее разработанной модели, направленной на достижение конечной задачи работы поездного участка;

- рассматривается принятие решений по выбору варианта по использованию специального маневрового локомотива, выделенного для выполнения маневровых передвижений на промежуточных станциях участка либо поездного локомотива;

- важное значение имеет оптимальное взаимодействие с объектами управления на участке, результативность которого заключается в получении максимального эффекта при минимальных затратах информационных, трудовых и финансовых ресурсов, что в целом отражается на результативности эксплуатационной работы железной дороги при различных условиях её функционирования.

Список литературы

- 1 Зубков, В. Н. Выбор системы управления местной работой в условиях концентрации диспетчерского управления перевозками на железнодорожном транспорте / В. Н. Зубков, Н. Н. Мусиенко, М. В. Малычев // Совершенствование технологии железнодорожных перевозок : Междунар. межвуз. сб. науч. тр. – Ростов н/Д, 2011. – № 6 (73). – С. 56–60.
- 2 Выбор и установление критериев получения положительных эффектов от внедрения концептуальных решений по развитию и модернизации системы диспетчерских центров управления перевозками на железных дорогах / Г. М. Грошев [и др.] // Автоматика на транспорте. – 2018. – Т. 4, № 4. – С. 580–602.
- 3 Рахимжанов, Д. М. Процессное управление эксплуатационной работой / Д. М. Рахимжанов // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 11. – С. 8–15.
- 4 Весёлова, В. Ю. Совершенствование системы оперативного управления на Красноярской железной дороге / В. Ю. Весёлова, Н. В. Давыдова, А. В. Дудакова // Молодая наука Сибири. – 2020. – С. 21–27.
- 5 Власенский, А. А. Региональный центр управления перевозками: структура и задачи / А. А. Власенский // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 6. – С. 45–48.
- 6 Левин, Д. Ю. Системное управление перевозочным процессом на железнодорожном транспорте : [монография] / Д. Ю. Левин. – М : Инфра-М, 2018. – С. 313.
- 8 Калинина, Н. А. Логистический подход к ситуационному управлению перевозочным процессом / Н. А. Калинина, М. Н. Нехаев, Л. К. Эгерман // Вестник транспорта. – 2011. – № 3. – С. 28–32.

Получено 20.04.2022

A. A. Mikhalechenka. Optimization of interaction with control objects when developing dispatch control solutions.

The results of studies of the conditions for optimal interaction with control objects in the development of control decisions for changing the train situation by the dispatching apparatus are given. The situations of deviations of the actual values and output parameters of the results of the implementation of management decisions and the impact of the dispatching apparatus on the transportation process are considered. The classification of managerial decisions taken in conditions of certainty and subsequent risk from the implementation of the decisions taken is considered.