

12 **Elattar, M.** Communications for Cyber-Physical Systems / M. Elattar, V. Wendt, J. Jasperneite. // Industrial Internet of Things / eds. : S. Jeschke [et al.]. – NY : Springer International Publishing, 2017. – P. 347–372.

13 **Назаров, Д. И.** Модели и программный комплекс решения задач планирования измерительно-вычислительных операций в киберфизических системах / Д. И. Назаров // Изв. вузов. Приборостроение. – 2018. – Т. 61. – № 11. – С. 947–955.

14 **Feeney, A.** Cyber-Physical Systems Engineering for Manufacturing / A. Feeney, S. Freechette, V. Srinivasan // Industrial Internet of Things / eds. : S. Jeschke [et al.]. – NY : Springer International Publishing, 2017. – P. 81–110.

УДК 629.42

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ ЛОКОМОТИВНОГО ПАРКА НА ПОЛИГОНЕ

О. Г. КОТЕНКО

*Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I
Российская Федерация*

Внедрение полигонных схем организации перевозок, направленных на развитие принципов использования локомотивных парков, принадлежащих различным дорогам, дало толчок реализации программ по увеличению межремонтных пробегов локомотивов и движению грузовых поездов по расписанию, созданию новой системы управления тягой на базе центров управления тяговыми ресурсами, изменению структуры управления диспетчерским аппаратом, вводу в эксплуатацию грузовых тепловозов и электровозов повышенной мощности, переводу на аутсорсинг технического обслуживания и ремонта подвижного состава, расширению штата диспетчерского аппарата за счет персонала сервисных компаний и формированию сквозной технологии организации перевозочного процесса на укрупнённых полигонах сети [1–3].

Сегодня на базе сквозной технологии организации перевозочного процесса на полигонах решаются вопросы технологической регламентации перевозок, управления поездной работой (на основе построения энергооптимальных графиков движения и выявления предотказного технического состояния подвижного состава), объединения учета показателей работы (на базе автоматизированного анализа причин и определения ответственности нарушений технологии перевозок) [4–7].

Важными задачами технологической регламентации в границах полигонов являются оптимизация схем участков обращения локомотивов и работы локомотивных бригад, норм массы и длины грузовых поездов, выработка и обоснование мер по повышению провозной способности линий и эффективности перевозок на основе процессного подхода и принципов «бережливой транспортной системы». В качестве критерия решения таких задач используется значение производительности локомотива как одного из важнейших показателей качества эксплуатационной работы [8–10].

Вместе с тем, в условиях стремления к росту производительности труда и рассмотрения ее в виде основного источника экономического роста и повышения эффективности работы железных дорог [11], значимым аспектом в решении проблемы технологической регламентации может стать производительность труда локомотивных бригад. Известно, что работники бригад составляют наиболее дорогостоящий и квалифицированный трудовой ресурс железнодорожного транспорта, а рациональная организация труда поездных бригад является необходимым условием повышения качества эксплуатационной работы, формирования уровня себестоимости перевозок, показателей использования трудовых, материальных и финансовых ресурсов [12; 13].

В основе полигонной модели управления перевозочным процессом [14] решение задачи выбора способа тягового обслуживания грузовых поездов (ТОГП) в границах отдельного участка обращения локомотивов (УОЛ).

В общем виде такая задача может быть сформулирована следующим образом:

- имеется полигон, включающий в себя несколько УОЛ для локомотивов различных по мощности;
- заданы размеры движения на участках работы локомотивных бригад (ЛБ) и технология пуска поездопотока;
- требуется выбрать такие способы ТОГП в границах отдельных УОЛ, чтобы управление эксплуатацией локомотивов на полигоне обеспечивало выполнение планового объёма перевозок с наименьшими затратами тягово-энергетических ресурсов и минимальным числом ЛБ.

Формализация постановки проблемы технологической регламентации перевозок в границах полигона может быть проведена путем описания процесса эксплуатации локомотивов, среды его функционирования и целей управления в рамках выбора способа ТОГП, характеризуемых кортежем множеств

$$\langle Z, D, P, K, C, B \rangle,$$

где Z – множество альтернативных способов ТОГП в границах некоторого УОЛ; D – среда задачи, в которую включены эталонная модель (D_0) процесса эксплуатации локомотивов и множество условий (D_y), в которых предполагается функционирование этого процесса; P – система предпочтений при выборе способа ТОГП; K – критерии качества, которые соответствуют цели управления эксплуатацией локомотивов; C ; B – методы и способы действий (алгоритмы), которые требуется выполнить над множеством альтернатив Z , чтобы найти из них наиболее предпочтительную, удовлетворяющую системе предпочтений P по критериям качества K .

Альтернативным способом ТОГП ($z_i \in Z$) считается такой способ, который удовлетворяет ограничениям задачи и обеспечивает получение требуемых параметров и характеристик управления эксплуатацией локомотивов.

В качестве основы для формирования эталонной модели ($D_0 \in D$) процесса эксплуатации локомотивов на полигоне используем положения [14].

Определим значимые для решения задачи условия осуществления эксплуатации локомотивов

$$D_y = L_{yч}, T_{ТО}, \Delta M_p, R, V, O,$$

означающие, что во-первых, УОЛ, организованный в границах полигона, может включать в себя несколько тяговых плеч и его протяжённость в общем случае:

$$L_{yч} = \sum_{i=1}^n L_i^{тяг},$$

где $L_i^{тяг}$ – длина i -го тягового плеча, входящего в УОЛ; n – число тяговых плеч; во-вторых, время проследования локомотивов во главе поездов между станциями их формирования и расформирования по возможности не должно превышать норматив времени между ТО-2 для используемой серии локомотива:

$$\frac{L_{p-ф}}{v_m^{p-ф}} \leq T_{ТО},$$

где $L_{p-ф}$ – расстояние между станциями формирования и расформирования поездов; $v_m^{p-ф}$ – маршрутная скорость грузовых поездов между станциями формирования и расформирования; $T_{ТО}$ – норматив времени между ТО-2; в-третьих, эксплуатационный резерв локомотивов ($\Delta M_p = \{M_{ij}^p\}$) полигона концентрируется на специально выделенных станциях пунктов оборота, а его значение определяется выражением

$$\Delta M_p = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{ij}^p,$$

где – количество локомотивов j -й серии в резерве в i -м депо; m – число используемых серий локомотивов; n – количество основных депо приписки локомотивов на полигоне; в-четвертых, в границах УОЛ локомотивы обслуживают грузовые поезда разных категорий, отличающихся по весу и длине состава, в том числе поезда повышенного веса (более 6000 т) и повышенной длины (100 усл. ваг. и более) – поезда ТДП; базовыми категориями будем считать [15]:

- а) маршруты с мест погрузки из гружёных вагонов и маршруты из порожних вагонов с мест выгрузки, курсирующие между станциями отправления и назначения маршрутов;
- б) технические маршруты из гружёных и/или порожних вагонов, следующие между станциями формирования и расформирования поездов;
- в) групповые поезда, следующие между техническими станциями перецепки групп вагонов;
- г) поезда соединённые, двоянные, строенные для прохождения участков со сниженной пропускной способностью, следующие как ТДП;

в-пятых, в границах УОЛ возможна реализация восьми принципиальных вариантов тягового обслуживания $V = \{v_l\}, l = [1 \dots 8]$ [15]:

1) все составы поездов формируются по унифицированным и параллельным нормам веса и длины, позволяющим их обслуживать одиночной тягой, в общей увязке по единому графику оборота (v_1);

2) сформированные составы поездов унифицированной или параллельной весовой нормы обслуживаются одиночной тягой, а составы поездов ТДП – двумя и более локомотивами, каждый из которых управляется отдельной бригадой в общей увязке (v_2);

3) все составы поездов формируются повышенного веса и длины (ТДП), для ведения которых выделяется одна тяговая единица, состоящая из нескольких локомотивов (двух, трёх и более), соединённых на заводе или в депо для работ по системе многих единиц и управляемых одной локомотивной бригадой в общей увязке (v_3);

4) в границах УОЛ эксплуатируются локомотивы разной мощности, при этом локомотивы меньшей мощности обслуживают «лёгкую» категорию составов поездов, а большей – обеспечивают вождение составов поездов ТДП (v_4);

5) составы поездов унифицированной или параллельной весовой нормы обслуживаются одиночной тягой, а составы поездов ТДП – сплотками локомотивов заводского соединения; каждая группа локомотивов работает в отдельной увязке по 2-групповому графику оборота (v_5);

6) для поездов ТДП применяется оперативное секционирование локомотивов, оборудованных СМЕТ, путём их формирования в сцепы для постановки в голову поезда, а также за счёт расстановки их по длине составов поездов, где локомотивы работают в общей увязке (v_6);

7) в установленных местах участка применяется подталкивание отдельных групп поездов в сочетании с каждым из шести вариантов (v_7);

8) используется сочетание всех вариантов обслуживания (v_8); в-шестых, в ходе планирования эксплуатации локомотивов на полигоне используются ограничения $O = \{o_p\}, p = [1; 2]$:

– максимальная потребность локомотивов эксплуатируемого парка не должна превышать количество локомотивов инвентарного парка депо полигона:

$$M_{\max} = \sum_{k=1}^r (N_k^{\text{план}} k_{nk}) \leq \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{ij}^{\text{инв}},$$

где $N_k^{\text{план}}$ – плановое количество пар поездов на k -м УОЛ полигона; k_{nk} – коэффициент потребности локомотивов на пару поездов на УОЛ; r – количество УОЛ в границах полигона; $M_{ij}^{\text{инв}}$ – количество локомотивов инвентарного парка j -й серии в i -м депо приписки;

o_2 – плановое количество поездов, следующее по участкам полигона не должно превышать количество поездов, предусмотренных графиком движения

$$\sum_{k=1}^r N_k^{\text{план}} \leq \sum_{k=1}^r N_k^{\text{ТДП}}.$$

Систему предпочтений P при выборе оптимального способа ТОГП в границах УОЛ сформируем исходя из цели управления эксплуатацией локомотивов C (обеспечить выполнение заданной тонно-километровой работы при возможно меньшей затрате локомотиво-километров и обслужить заданные размеры движения как можно меньшим числом локомотивов):

$$\begin{cases} S_{\text{л}} = \frac{\sum MS}{M_3^{\text{УОЛ}}} \rightarrow \max \\ k_{gj}^{\text{TC}} = \frac{Q_{ig}^{\text{бп}}}{Q_j^{\text{max}}} \rightarrow \max, \\ \sum MS_{\text{пез}} \rightarrow \min \end{cases}$$

где $S_{\text{л}}$ – среднесуточный пробег локомотива; $\sum MS$ – пробег локомотивов в границах УОЛ; $M_3^{\text{УОЛ}}$ – эксплуатируемый парк локомотивов в пределах УОЛ; k_{gj}^{TC} – коэффициент использования тяговой силы локомотива j -й серии, прикрепленного к g -му поезду; $Q_{ig}^{\text{бп}}$ – вес g -го поезда брутто, т;

Q_j^{\max} – максимальный вес поезда для локомотива j -й серии, т; $\sum MS_{\text{рез}}$ – резервный пробег локомотивов на данном УОЛ.

Такая система предпочтений P предопределяет выбор критерия качества, которым в границах УОЛ удобно считать максимум удельной производительности локомотива, отнесённой к 1 кВт суммарной мощности [16]:

$$W_{\text{уд}} = \frac{\sum ql_{\text{УОЛ}}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (M_{ij} N_{kj})} \rightarrow \max,$$

где $\sum ql_{\text{УОЛ}}$ – работа локомотива в т-км брутто в границах УОЛ; M_{ij} – число локомотивов эксплуатируемого парка j -й серии, приписанных к i -му депо в границах УОЛ; N_{kj} – касательная мощность локомотива j -й серии.

В целом же на полигоне критерием качества управления ($k_2 \in K$) целесообразно принять максимум среднесуточной производительности локомотива эксплуатируемого парка:

$$W_{\text{л}} = \frac{\sum ql_{\text{л}}}{M_{\text{э}}} = Q_{\text{бр}} S_{\text{л}} \Psi \rightarrow \max, ,$$

где $\sum ql_{\text{л}}$ – работа локомотивов т-км брутто на полигоне в целом; $M_{\text{э}}$ – эксплуатируемый парк локомотивов на полигоне; $Q_{\text{бр}}$ – средний вес поезда брутто; $S_{\text{л}}$ – среднесуточный пробег локомотива эксплуатируемого парка; Ψ – коэффициент производительности локомотива.

Таким образом, в классической постановке проблема технологической регламентации перевозок в границах полигона представляет собой задачу оптимизации со многими переменными, решение которой осуществляется путем нахождения способа ТОГП, удовлетворяющего базовым критериям оптимальности среднесуточной производительности локомотивного парка на отдельных участках обращения и полигоне: k_1 и k_2 .

При этом комплексную задачу отыскания оптимальных параметров управления работой локомотивного парка, обслуживающего поездную работу грузового движения на полигоне, поставленную в виде проблемы технологической регламентации перевозочного процесса в границах полигона, целесообразно дополнить критериями качества управления работой поездных локомотивных бригад, сформулированными в терминах производительности труда – одного из ключевых показателей эффективности эксплуатационной работы на железнодорожном транспорте. Это позволяет минимизировать эксплуатационные затраты при выполнении планируемых объёмов грузовых перевозок.

Список литературы

- 1 **Валинский, О. С.** Повысить эффективность работы локомотивного комплекса / О. С. Валинский // Локомотив. – 2016. – № 9. – С. 2–5.
- 2 **Пустовой, В. Н.** Перспективы оптимизации системы ремонта локомотивов / В. Н. Пустовой // Локомотив. – 2015. – № 11. – С. 6–11.
- 3 **Власенский, А. А.** Перспективы внедрения полигонных моделей локомотивной тяги / А. А. Власенский // Локомотив. – 2015. – № 6. – С. 2–6.
- 4 **Сайбаталов, Р. Ф.** Ключевые задачи перехода к планированию и организации движения на полигонах / Р. Ф. Сайбаталов // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 6. – С. 32–37.
- 5 Интегрированная система управления поездной работой объединенного полигона / Т. А. Никитин [и др.] // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 6. – С. 38–44.
- 6 **Власенский, А. А.** Региональный центр управления перевозками: структура и задачи / А. А. Власенский // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 6. – С. 45–48.
- 7 Типовая технология управления перевозками на объединенных полигонах / В. Л. Зобнин [и др.] // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 11. – С. 7–14.
- 8 **Исаков, М. П.** Централизованный метод управления тяговыми ресурсами / М. П. Исаков // Экономика железных дорог. – 2014. – № 9. – С. 55–62.
- 9 **Чикиркин, О. В.** Информационные технологии в локомотивном хозяйстве / О. В. Чикиркин, Е. А. Поцелуев // Локомотив. – 2016. – № 6. – С. 8–11.
- 10 **Филиппов, С. В.** Систему управления локомотивным комплексом – на новый уровень / С. В. Филиппов // Локомотив. – 2017. – № 11. – С. 5–6.
- 11 Долгосрочная программа развития ОАО «РЖД» до 2025 г.: утв. распоряжением Правительства РФ от 19 марта 2019 г. № 466-р.

12 **Богач, В. Н.** Ответственность за организацию работы локомотивных бригад / В. Н. Богач // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 8. – С. 11–13.

13 **Никончук, И. Н.** Удлиненные плечи, ускоренные поезда: история, достижения и перспективы / И. Н. Никончук // Локомотив. – 2017. – № 11. – С. 10–11.

14 Типовой технологический процесс работы полигона, утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 26.12.2016 г. № 2700р.

15 **Некрашевич, В. И.** Управление эксплуатацией локомотивов : учеб. пособие / В. И. Некрашевич, В. И. Апатцев. – М. : РГОТУПС, 2000. – 194 с.

16 **Айзинбуд, С. Я.** Эксплуатация локомотивов / С. Я. Айзинбуд, П. И. Кельперис. – М. : Транспорт, 1980. – 248.

УДК 378.1:811

ФОРМИРОВАНИЕ ЯЗЫКОВОЙ КОМПЕТЕНЦИИ В ПРОЦЕССЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ ФАКУЛЬТЕТА «УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕВОЗОК»

Н. В. КУЛАЖЕНКО, Н. А. ЛЮБОЧКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Республика Беларусь, имея высокий статус в области образовательных технологий, привлекает иностранных учащихся из многих стран мира для получения высшего образования. На протяжении многих лет значительное место в экспорте образовательных услуг занимает КНР. В Белорусском государственном университете транспорта продолжает работу проект «Международное сотрудничество БелГУТа и Гуанчжоуского профессионально-технического колледжа железнодорожного транспорта».

Важную роль в этом проекте, наряду с общеобразовательными предметами, играет обучение профессиональной лексике на уроках по русскому языку как иностранному. Накопление профессионального словаря китайскими студентами происходит постепенно. Процесс овладения технической терминологией включает в себя как расширение словаря за счёт активной лексики, так и пассивной. Словарная работа на уроке является обязательной частью комплексного усвоения языка специальности и связана с отработкой материала в коммуникативно направленных заданиях других языковых уровней (фонетика, грамматика, лексика, словообразование). Роль и место каждого аспекта языка, их соотношение и степень значимости при обучении, отбор, организация и формы предъявления учебного материала определяются принятыми методическими принципами, профессиональной ориентацией учащихся и уровнем их подготовки.

Активная работа с терминологией технических дисциплин начинается после изучения математики, физики, химии, необходимых будущим инженерам. Поэтому основное внимание на занятиях по русскому языку уделяется текстам и терминологии этих предметов. На первом курсе целесообразно вводить в словарь студента лексику тематического поля выбранной специальности (например, «транспорт», «транспортная логистика», «информационные технологии» и др.). Тематическое поле охватывает теоретические и практические вопросы, связанные с будущей специальностью. Основным методом по расширению словаря учащихся была выбрана работа со словообразовательным гнездом, которая дополнялась указанием на сочетательные возможности производных и производных слов. Такая работа позволяет познакомить студентов не только со словообразовательным, но и с терминологическим гнездом. Так как усвоение словаря зависит от степени сформированности словообразовательных моделей, то знакомство с гнездами – это рациональный путь к овладению и лексикой, и моделями словообразования. Такой подход учит студентов воспринимать единицы лексики в системе, что позволяет увидеть внутренние механизмы развития словаря. При анализе слова особое внимание уделяется его корню. Эта часть слова подсказывает студенту значение нового слова, особенно если производные в гнезде построены по типовым словообразовательным моделям. Умение находить корень, понимание его значения снижает количество слов, необходимых для запоминания. Указание на сочетательные возможности слов формирует своеобразное тематическое поле этого гнезда, в которое войдут не только единицы разных частей речи, но и устойчивые словосочетания разных типов.

Введение новой лексики можно проводить, опираясь на отдельные синтаксические конструкции, содержащие специальную лексику и научные тексты по специальности. Например: *Вагонетка (вагончик) – небольшой вагон для перевозки грузов на узкоколейных и подвесных дорогах. Вагонетчик – рабочий, ведущий вагонетку или Грузовой вагон – железнодорожный вагон, который используется для пе-*