

УДК 616.2.022.8

Ж. К. БАЙМУХАМБЕТОВА

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ

Описана оптимизация технологических параметров железнодорожных направлений, которая производится на основе определения критериальной функции. Определены основные управляющие параметры различных типов грузовых поездов.

Оптимизация технико-технологических параметров железнодорожных направлений производится на основе определения критериальной функции, которая отражает принципиальные связи этих параметров, и обоснования выбранного технического обеспечения и технологии поездной работы. Критериальная функция представляет собой сумму приведенных затрат. На стадии выбора технологии поездной работы и установления соответствующих параметров линии следует учитывать составляющие суммарных затрат, которые будут изменяться. Все другие группы затрат (связанные со скоростями движения пассажирских поездов, выделением «окон» в графике движения и т.д.), повышающие эффективность устойчивого пропуска потока поездов повышенной массы и длины при параллельных нормах, на первой стадии можно не рассматривать. Это же упрощение можно использовать и при определении эффекта от усиления провозной способности направления, величина которого определяется отдалением во времени таких капиталоемких мероприятий, как сооружение дополнительных главных путей на линии или отдельных ее участках. На заключительной стадии разработок могут быть определены все группы затрат, связанные с интенсификацией поездной работы, что позволит уточнить технико-экономическую эффективность решений, но при этом не повлияет на выбор оптимального варианта.

Основными управляющими параметрами являются доли различных типов грузовых поездов в суммарном потоке (P_{ψ} , $\psi = 1..n$) и режимы организации поездной работы на направлении

(P_i , $i = 1, \dots, m$). Оптимальное соотношение этих параметров $P_j^{PP} = \{P_1^{PP} \dots P_j^{PP} \dots P_K^{PP}\}$ и будет определять оптимальное техническое обеспечение технологических процессов поездной работы на железнодорожном участке:

$$P^{PP} = \text{opt} \varphi(P_{\psi 1} P_i) \sim \text{opt} F^{PP}(P_j^{PP}; I_{PP}(P_j^{PP}); M_{PP}(P_j^{PP})), \quad (1.1)$$

где $I_{PP}(P_j^{PP})$ - параметры станции с удлиненными путями; $I_{PP}(P_j^{PP})$ - параметры системы тягового обеспечения.

Критерий состоит из трех основных частей: капитальных вложений в развитие железнодорожной линии A , содержания постоянных устройств \mathcal{E} , перевозочных затрат E . Часть затрат при существующем состоянии линии и при новой технологии поездной работы будет сохраняться, поэтому необходимо рассчитать только те затраты, которые будут непосредственно зависеть от управляющих технико-технологических параметров. Затраты, связанные с организацией пропуска поездов повышенной массы и длины, рассчитываются относительно исходного состояния, то необходимо определить экономию затрат от уменьшения локомотивов и бригад из поездного движения $E_{\text{ВЫСВ}}$. Сокращение перевозочных затрат от уменьшения числа перемещаемых поездов правильнее определять непосредственно путем сравнения затрат, рассчитанных в полном объеме, при существующей и новой технологий поездной работы.

Составляющие затраты по группам в зависимости от их отношения к техническому оснащению и технологии поездной работы линии:

- станции с удлиненными путями для соединения и разъединения блок-поездов

$$E_{\text{СТ}}^{PP\text{ИВ}}(I_{PP}(P_j^{PP})) = E_H A_{\text{УД}}(I_{PP}(P_j^{PP})) + \mathcal{E}_{\text{УД}}(I_{PP}(P_j^{PP})); \quad (1.2)$$

- движение поездов различной категории массы и длины

$$E_{ДВ}(P_j^{ПП}) = E_{ПД}(P_j^{ПП}) + E_{ОСТ}(P_j^{ПП}); \quad (1.3)$$

- преобразование, одинарного поездопотока в поток поездов повышенной массы и длины

$$E_{ПРЕОБ}(P_j^{ПП}) = E_{НАК}(P_j^{ПП}) + E_{ФР}(P_j^{ПП}); \quad (1.4)$$

- тяговое обслуживание преобразованного поездопотока ;

$$E_{ТЯГ}(P_j^{ПП}; M_{ПР}(P_j^{ПП})) = E_{ВЫВ}(P_j^{ПП}; M_{ПР}(P_j^{ПП})) + E_{РЕЗ}(P_j^{ПП}; M_{ПР}(P_j^{ПП})) + E_{ПРОБ}(P_j^{ПП}; M_{ПР}(P_j^{ПП})) + E_{РП}(P_j^{ПП}; M_{ПР}(P_j^{ПП})) + E_{ВЫСВ}(P_j^{ПП}; M_{ПР}(P_j^{ПП})). \quad (1.1)$$

Тогда в общем виде сумму приведенных затрат или критериальную функцию можно представить:

$$E_{ПР} = E_{СТ}^{ПРИБ}(I_{ПР}(P_j^{ПП})) + E_{ДВ}(P_j^{ПП}) + E_{ПРЕОБ}(P_j^{ПП}) + E_{ТЯГ}(P_j^{ПП}; M_{ПР}(P_j^{ПП})). \quad (1.6)$$

Функция $E_{ПР}$ зависит от соотношения долей поездов различной весовой категории в суммарном потоке P_ψ и режимов организации поездной работы P_i и от параметров станций $I_{ПР}(P_j^{ПП} = \varphi(P_\psi; P_i))$ и системы тягового обеспечения линии $M_{ПР}(P_j^{ПП} = \varphi(P_\psi; P_i))$. При изменении величин P_ψ и P_i в ту или иную сторону от оптимального значения будут возрастать суммарные приведенные затраты. Тогда график функциональной зависимости (1.6) будет иметь вид вогнутой кривой, где по оси ординат – величина затрат, а по оси абсцисс – величина соотношения параметров P_ψ и P_i между собой. Поэтому, чтобы установить оптимальное соотношение параметров P_ψ и P_i требуется минимизировать критериальную функцию (1.6) по искомым переменным:

$$\min E_{ПР}(P_j^{ПП}; I_{ПР}(P_j^{ПП}); M_{ПР}(P_j^{ПП})) \sim opt P^{ПП} = \varphi(P_\psi; P_i). \quad (1.7)$$

Алгоритм определения экстремума функции (1.6) достаточно сложен. При оценке выбранных параметров линии путем минимизации критериальной функции можно отдельно определить оптимальные значения каждого из двух управляющих параметров P_ψ и P_i [120]. Считая один из них постоянной величиной и изменяя другой, находят для последнего частный экстремум функции (1.6). Целесообразнее в качестве постоянной принять параметр организации пропуска поездов ($const P_i$) а изменяющейся – параметр преобразованного поездопотока (P_ψ), рассчитав для каждого P_ψ при одном $const P_i$ параметры станции $I_{ПР}(P_j^{ПП} = \varphi(P_\psi; const P_i))$, и системы тягового обеспечения $M_{ПР}(P_j^{ПП} = \varphi(P_\psi; const P_i))$ определяют по последним экстремум при $const P_i$.

$$P_j^{ПП} = \varphi(P_\psi; const P_i), \quad \psi = 1 \dots n, \quad i = 1 \dots m; \quad (1.8)$$

$$P_j^{ПП} = P_1^{ПП} \dots P_j^{ПП} \dots P_k^{ПП}, \quad k = 1 \dots k; \quad (1.9)$$

$$P_i = P_1 \dots P_i \dots P_m, \quad m < k, \quad n < k; \quad (1.10)$$

$$\min E'_{\Pi P}(P'_j{}^{\Pi P}; l_{\Pi P}(P'_j{}^{\Pi P}); M_{\Pi P}(P'_j{}^{\Pi P})) \left| \begin{array}{l} P_j^{\Pi P} = P'_j{}^{\Pi P} \\ P_1 = \text{const}P_i \end{array} \right. = \varphi(P_{\psi}; P_1) = \quad (1.11)$$

$$= \overbrace{l_{\Pi P}(P'_j{}^{\Pi P}); M_{\Pi P}(P'_j{}^{\Pi P})}^{\min} \varphi(P_{\psi}; P_1) [E_{CT}^{\Pi P \Pi B}(l_{\Pi P}(P'_j{}^{\Pi P})) + E_{ДВ}(P'_j{}^{\Pi P}) + E_{\Pi PEOB}(P'_j{}^{\Pi P}) + E_{TЯГ}(P'_j{}^{\Pi P}; M_{\Pi P}(P'_j{}^{\Pi P}))].$$

$$P_1 = \text{const}P_i$$

Аналогично минимизируется критериальная функция при последующих постоянных значениях P_i для $i = 2 \dots m$. В итоге получаем множество частных экстремумов:

$$\min E_{\Pi P} = \left\{ \begin{array}{l} \overbrace{l_{\Pi P}(P'_j{}^{\Pi P})M_{\Pi P}(P'_j{}^{\Pi P})}^{\min}; E'_{\Pi P}(P'_j{}^{\Pi P}l_{\Pi P}(P'_j{}^{\Pi P})M_{\Pi P}(P'_j{}^{\Pi P})); \rightarrow \\ P'_j{}^{\Pi P} = \varphi(P_{\psi}; P_1); P_1 = \text{const}P_i \\ \rightarrow \overbrace{l_{\Pi P}(P''_j{}^{\Pi P})M_{\Pi P}(P''_j{}^{\Pi P})}^{\min}; E''_{\Pi P}(P''_j{}^{\Pi P}l_{\Pi P}(P''_j{}^{\Pi P})M_{\Pi P}(P''_j{}^{\Pi P})); \dots \rightarrow \\ P''_j{}^{\Pi P} = \varphi(P_{\psi}; P_2); P_2 = \text{const}P_i \\ \rightarrow \overbrace{l_{\Pi P}(P_j{}^{\Pi P(m)})M_{\Pi P}(P_j{}^{\Pi P(m)})}^{\min}; E^{(m)}_{\Pi P}(P_j{}^{\Pi P(m)}l_{\Pi P}(P_j{}^{\Pi P(m)})M_{\Pi P}(P_j{}^{\Pi P(m)})); \} \\ P_j{}^{\Pi P(m)} = \varphi(P_{\psi}; P_m); P_m = \text{const}P_i \\ P_j^{\Pi P} = \{P'_{j=1}{}^{\Pi P} = \varphi(P_{\psi=1}; P_{i=1}); P'_{j=2}{}^{\Pi P} = \varphi(P_{\psi=2}; P_{i=1}) \dots; P'_{j=n}{}^{\Pi P} = \varphi(P_{\psi=n}; P_{i=1}); P''_{j=2}{}^{\Pi P} = \varphi(P_{\psi=2}; P_{i=1}) \rightarrow \\ \rightarrow \dots P''_{j=2n}{}^{\Pi P} = \varphi(P_{\psi=n}; P_2); P''_{j=2n+1}{}^{\Pi P} = \varphi(P_{\psi=1}; P_{i=3}) \dots; P''_{j=k=mn}{}^{\Pi P} = \varphi(P_{\psi=n}; P_{i=m}) \} \end{array} \right. \quad (1.12)$$

Наименьшее значение из множества экстремумов (1.12) будет определять глобальный минимум критериальной функции (1.6):

$$\min \min E_{\Pi P} = \overbrace{l_{\Pi P}(P'_j{}^{\Pi P})M_{\Pi P}(P'_j{}^{\Pi P})}^{\min}; [E_{CT}^{\Pi P \Pi B}(l_{\Pi P}(P'_j{}^{\Pi P})) + E_{ДВ}(P'_j{}^{\Pi P}) + E_{\Pi PEOB}(P'_j{}^{\Pi P}) +$$

$$+ E_{TЯГ}(P'_j{}^{\Pi P}; M_{\Pi P}(P'_j{}^{\Pi P})) = P'_j{}^{\Pi P} = \varphi(P_{\psi}; P_i) \left\{ \overbrace{l_{\Pi P}(P'_j{}^{\Pi P})M_{\Pi P}(P'_j{}^{\Pi P})}^{\min}; \right. \times$$

$$\left. P'_j{}^{\Pi P} = \varphi(P_{\psi}; P_1); P_1 = \text{const}P_i \right\} \times$$

$$\times E'_{\Pi P}(P'_j{}^{\Pi P}l_{\Pi P}(P'_j{}^{\Pi P})M_{\Pi P}(P'_j{}^{\Pi P})) \rightarrow \overbrace{l_{\Pi P}(P_j{}^{\Pi P(m)})M_{\Pi P}(P_j{}^{\Pi P(m)})}^{\min} \times$$

$$P_j{}^{\Pi P(m)} = \varphi(P_{\psi}; P_m); P_m = \text{const}P_i \quad (1.13)$$

$$\times E^{(m)}_{\Pi P}(P_j{}^{\Pi P(m)}l_{\Pi P}(P_j{}^{\Pi P(m)})M_{\Pi P}(P_j{}^{\Pi P(m)})); \left. \right\}$$

Глобальный минимум критериальной функции называется условием эффективности, выбранного комплекса технико-технологических параметров линии $P_{\psi}; P_i, l_{\Pi P}, M_{\Pi P}$ и оптимальности соотношения $P_j^{\Pi P} = \varphi(P_{\psi}; P_i)$. Из-за сложной зависимости суммарных приведенных затрат от переменных минимум критериальной функции (1.6) целесообразнее определять графическим способом, поскольку

весь расчет производится по укрупненным показателям и такой способ существенно не повлияет на величины оптимизируемых параметров (1.1). Параметр преобразованного потока характеризуется, главным образом, коэффициентом преобразования, поэтому в общем, случае при построении зависимостей критериальной функции можно величину P_ψ выразить через $\alpha_{\text{ПР}}(P_\psi)$.

Критериальная функция, представляет собой сумму приведенных затрат, связанных с организацией совместного пропуска поездов различных весовых категорий на определенной технической основе, зависит от двух параметров: долей поездов различных весовых категорий в общем потоке (параметр преобразованного поездопотока) и режимов организации поездной работы на участках. Оптимизация параметров системы совместного пропуска поездов различной весовой категории с учетом их соотношения заключается в определении минимума критериальной функции. Алгоритм определения экстремума функции достаточно сложен. Поэтому целесообразно решать эту задачу путем определения глобального экстремума из множества локальных минимумов. Локальные минимумы определяются для каждого значения параметра организации поездной работы, считая его постоянной величиной, при переменной величине параметра преобразованного поездопотока.

При обращении поездов повышенной массы и длины наибольшее уменьшение суммарных затрат достигается за счет экономии от: сокращения локомотивов и бригад, которая прямо пропорциональна протяженности участка обращения таких поездов и доле блок-поездов с одним локомотивом в голове. Экономия от сокращения может превосходить затраты, связанные с организацией по вывозному принципу работы преузловых станций преобразования и с регулированием парка локомотивов и локомотивных бригад по направлениям движения из-за непарности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шураев А. Построение модели и выбор критерия эффективности обслуживания поездов локомотивами // Магистраль. 2004. № 7. С. 49-51.
2. Батурин А.П. Математическая постановка задачи развития сети железных дорог // Тр. МИИТа. Вып. 842. 1990. С. 75-89.
3. Батурин А.П. Метод дифференциальных оценок для определения оптимальных сроков реконструкции транспортных объектов // Тр. МИИТа. Вып. 848. 1992. С. 4-21.
4. Инструкция по определению станционных и межпоездных интервалов: Утв. ЦД ОАО РЖД ЦД/641: Введ. 17.01.07. взамен ЦД/3732 от 11.01.79. М.: ОАО РЖД, 2007. 32 с.
5. Талалаев В.И., Шаров В.В. Система интервального регулирования движения поездов на базе многофункциональных комплексов управления и обеспечения безопасности // Тр. ВНИИАСа. Вып. 12. С. 4-15.
6. Левин Д.Ю. Диспетчерские центры и технология управления перевозочным процессом. М.: Маршрут, 2005. 759 с.
7. Зябиров Х.Ш., Слободенюк Н.Ф. Единая сетевая интегрированная система // Ж.-д. трансп. 2003. № 8. С. 7-19.
8. Кудрявцев В.А. Управление движением на железнодорожном транспорте. М.: Маршрут, 2003. 200 с.

Резюме

Критериалды функцияның бөліну тәсілінің темір жол бағытындағы технологиялық параметрлері көрсетілген. Жүк пойыздарының әртүрлі негізгі басқару параметрлері табылған.

КазАТК

Поступила 2.10.07г.