

Модель взаимодействия при решении транспортной задачи

Кудаев С.А.

Новосибирский государственный технический университет

Задача рационального обеспечения топливом энергопредприятий является одной из насущных проблем не только электроэнергетики. В решении задачи топливоснабжения принимают участие функциональные подразделения предприятий энергетической, топливной и транспортной отраслей. Эти отрасли технологически взаимосвязаны между собой, при этом имеется ряд проблем экономического характера, для решения которых требуется комплексный подход.

Основная задача управления транспортной системой энергетического предприятия – добиться оптимальной неравномерности разгрузки и возврата вагонов, чтобы при обеспечении равномерной поставки угля на производство сокращались накладные расходы, связанные с разгрузочными и складскими операциями и временем простоя вагонов.

На ПТС распределяется три вида ресурсов: груженые вагоны, порожние вагоны и непосредственно уголь. Все эти ресурсы взаимосвязаны между собой и распределение одного ресурса влияет на остальные. Затраты на транспортировку и хранение вагонов на ПТС рассчитываются исходя из времени нахождения вагонов на ПТС.

При условии учета каждого вагона объем информации для решения задачи увеличивается в несколько раз. В данном случае возможно использовать для учета время вхождения вагонов в ПТС и таким образом перейти к учету отдельных групп вагонов.

Рассмотрим постановку задачи взаимодействия промышленного железнодорожного транспорта и энергопредприятия.

Транспортная сеть состоит из $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$ пунктов, соединенных направленными путями $(p_i, p_j) \quad i \neq j, p_i, p_j \in P$. Пусть $[0, T]$ – интервал оптимизации функционирования промышленной транспортной системы. Для каждого момента времени $t \in Z_0 = \{0, 1, \dots\}$ на множестве P пунктов сети определена функция производства и потребления $q_i(t)$:

$q_i^-(t)$ – потребность в порожних вагонах в пункте p_i ;

$q_i^+(t)$ – потребность в груженых вагонах в пункте p_i ;

$q_i^u(t)$ – потребность в угле пункте p_i ;

$d_{ij}(t) \geq 0, i \neq j$ – пропускная способность пути (p_i, p_j) ;

при $i=j$ $d_{ii}(t)$ означает величину емкости склада пункта p_i ;

$U_{ijt}^+(t)$ - количество груженых вагонов, выходящих в момент t из пункта p_i и входящих в пункт p_j в момент времени $t+t_{ij}$, где t_{ij} – время транспортировки груза, а t - время входа группы вагонов на ПТС на выставочные пути;

$U_{ijt}^-(t)$ - количество порожних вагонов, выходящих в момент t из пункта p_i и приходящих в пункт p_j в момент времени $t+t_{ij}$, где t_{ij} – время движения порожних вагонов от потребителя к поставщику, а t - время входа группы вагонов на ПТС через выставочные пути;

$U_{ij}(t)$ - количество угля из узла p_i в узел p_j ;

$U_{it}^+(t)$ - запас груженых вагонов пункта p_i в момент времени t , а t - время входа группы вагонов на ПТС на выставочные пути;

$U_{it}^-(t)$ - запас порожних вагонов в момент t пункта p_i , а t - время входа группы вагонов на ПТС через выставочные пути;

$U_{ii}(t)$ - запас угля узла p_i в момент времени t ;

$C_{ij}(t)$ - стоимость перемещения вагонов из пункта p_i в пункт p_j ;

$C_{ij}^u(t)$ - стоимость перемещения угля из пункта p_i в пункт p_j ;

$C_{ii}^u(t)$ - стоимость хранения угля в пункте p_i (фактически складывается из затрат по выгрузке угля на склад и подаче со склада в производство);

v – средняя норма загрузки вагона;

$w(t-t)$ – ставка платы за пользование вагонами;

Оптимальное распределение груженых, порожних вагонов и потоков угля ставится как задача минимизации транспортно-производственных расходов:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \rightarrow \min$$

Где I_1 – уравнение распределения груженых вагонов:

$$I_1 = \sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sum_{t=0}^T C_{ij}(t) * U_{ijt}^+ + \sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w(t-t) \left(\sum_{t=0}^T U_{ijt}^+(t) \right);$$

Где I_2 – уравнение распределения порожних вагонов:

$$I_2 = \sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sum_{t=0}^T C_{ij}(t) * U_{ijt}^- + \sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w(t-t) \left(\sum_{t=0}^T U_{ijt}^-(t) \right);$$

Где I_3 – уравнение распределения потоков угля:

$$I_3 = \sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m C_{ij}^u(t) * U_{ij} + \sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^N C_{ii}^u(t) * U_{ij}.$$

При расчетах по данной модели необходимо учитывать следующие ограничения:

Динамика запаса порожних вагонов.

$$U_{ii}^-(t+1) = U_{ii}^-(t) + q_i^-(t) + \sum_{j=1}^N U_{ji}^-(t - t_{ji}) - U_{ij}^-$$

В аналитическом выражении запас порожних вагонов равен запасу порожних вагонов в предыдущее время, плюс поступление порожних вагонов от всех потребителей j за вычетом порожних вагонов, находящихся под погрузкой, минус отправление вагонов по другим узлам.

Динамика запаса груженых вагонов.

$$U_{ii}^+(t+1) = U_{ii}^+(t) + q_i^+(t) + \sum_{j=1}^N U_{ji}^+(t - t_{ji}) - U_{ij}^+.$$

Динамика запаса угля.

$$U_{ii}^u(t+1) = U_{ii}^u(t) + q_i^u(t) + \sum_{j=1}^N U_{ji}^u(t - t_{ji}) - U_{ij}^u.$$

Погрузки вагонов:

$$q_i^-(t - t_{ii}) = \sum_{j=1}^N U_{ij}^+(t).$$

Данное выражение показывает, что количество порожних вагонов в пункте p_i , находящихся под погрузкой, превращаются в эквивалентный объем отправки продукции к потребителям.

Выгрузки вагонов:

$$q_j^+(t - t_{jj}) = \sum_{i=1}^N U_{ij}^-(t).$$

Подачи угля:

$$q_j^u(t - t_{jj}) = \sum_{i=1}^N U_{ij}^u + \sum_{i=1}^N U_{ij}^+(t) * v.$$

При естественной неотрицательности поставок и периода оптимизации

$$d_{ij} \geq U_{ijt}^-(t) \geq 0; d_{ij} \geq U_{ijt}^+(t) \geq 0; d_{ij}^u \geq U_{ij}^u(t) \geq 0; 0 \leq t + t_{ij} \leq T, 0 \leq t - t_{ij} \leq T$$

Используя ДТЗЗ с преобразованием параметров ПТС, производим динамическую оптимизацию по критерию минимума транспортно - складских затрат и согласование работы ПТС энергетического предприятия и железнодорожного транспорта.

Данную модель предполагается использовать для ежесуточного планирования работы ТТЦ и промышленного железнодорожного транспорта.