

В.В. Иванов*(Украина, Днепропетровск, Научно-производственная фирма систем автоматизации и управления "ВИНК")*

ОПТИМИЗАЦИЯ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ В ЭНЕРГОДИСПЕТЧЕРСКОМ УПРАВЛЕНИИ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

В настоящее время в значительной части АРМов участкового энергодиспетчера на сети железных дорог Украины достигнут достаточно высокий уровень автоматизации работы энергодиспетчера. Повысилась оперативность энергодиспетчерского управления и снизились затраты времени на оперативное обслуживание ремонтных бригад.

Однако, как показывает анализ протоколов работы энергодиспетчеров в АРМах, радикального уменьшения суммарного времени простоя ремонтных бригад в ожидании оперативного обслуживания в течении рабочей смены не произошло.

Причиной этого является спонтанное возникновение значительных очередей на оперативное обслуживание энергодиспетчера. Это происходит из-за того, что заявленное время начала работ в заявках, поступающих от различных подразделений участка электроснабжения носит случайный характер и не координируется энергодиспетчером системно при приеме заявок накануне дня производства работ. Это приводит к тому, что уже на этапе принятия заявок на работу изначально закладываются условия для спонтанного образования очередей на оперативное обслуживание и увеличения суммарного времени простоя ремонтных бригад в ожидании оперативного обслуживания энергодиспетчера.

В настоящее время в условиях возрастающих требований к эффективности и качеству работ ремонтного персонала с учетом возрастания скоростей движения поездов, минимизация простоя ремонтных бригад в ожидании оперативного обслуживания энергодиспетчера является актуальной.

Задача оптимизации оперативного планирования обслуживания ремонтных бригад заключается в том, чтобы на этапе приема энергодиспетчером заявок, в АРМе энергодиспетчера по его запросу выдать оперативный план, в котором время начала работ по заявкам оптимизировано так, чтобы исключить потенциальную возможность спонтанного образования значительных очередей, а суммарное время простоя ремонтных бригад стало близким к нулю.

Поставленная задача может быть представлена в виде целевой функции (1), которая является суммой функций одной переменной, то есть является аддитивной:

$$\min_{x_1, x_2, \dots, x_{n-1}} C = \sum_{i=0}^n \dots, \quad (1)$$

где C – суммарная стоимость простоя ремонтных бригад; x_i – время ожидания оперативного обслуживания; n – общее количество заявок принятых на оперативное обслуживание.

При этом имеется много локальных минимумов и требуется найти глобальный минимум для целевой функции в целом.

Для нахождения глобального минимума заданной целевой функции предлагается использовать принцип динамического программирования, который заключается в последовательной минимизации каждого слагаемого целевой функции, в результате чего получаем наименьшее C из всех возможных. Формально этот процесс можно записать так (2):

$$\min_{x_1, x_2 \in \mathbf{K}, x_{n-1}} \left\{ \sum_{i=0}^n f_i(x_i) \right\} = f_n(x_n) + \min_{x_1, x_2 \in \mathbf{K}, x_{n-1}} \left\{ \sum_{i=0}^n f(x_i) \right\}, \quad (2)$$

Для решения задачи предлагается принять следующие ограничивающие условия с учетом специфики рассматриваемого процесса оперативного обслуживания:

- 1) переменная x_i принимает только целочисленные дискретные значения;
- 2) планируемое время начала процесса оперативного обслуживания принятых заявок должно совпадать с первым заявленным временем начала работ в заявке, которая будет считаться первой предыдущей заявкой по отношению к остальным, которые располагаются в оперативном плане по порядку возрастания заявленного времени начала работ;

3) планируемое время начала работ по каждой заявке, кроме первой, в которой оно совпадает с заявленным временем начала работ, должно отличаться от заявленного на величину $\leq \Delta t$ устанавливаемого для заявок;

4) если заявленное время начала работ в последующей заявке отличается от планируемого времени начала работ предыдущей заявки на величину $T_{Об}$ – заданное время ее обслуживания, то оно оставляется без изменения.

Определим суммарную стоимость простоя ремонтных бригад по заявкам, принятым на оперативное обслуживание по формуле:

$$C = \sum_{i=0}^n C_i = \sum_{i=0}^n C_{yi} T_{ОЖi} = C_{y1} |T_{ОЖ1}| + C_{y2} |T_{ОЖ2}| + \mathbf{K} + C_{yn} |T_{ОЖn}|, \quad (3)$$

где: C_i – стоимость простоя ремонтной бригады по i -й заявке; $T_{ОЖi}$ – время ожидания оперативного обслуживания ремонтной бригады по i -ой заявке; n – количество заявок, принятых на оперативное обслуживание.

Время ожидания обслуживания последующей заявки определим по формуле:

$$T_{ОЖi} = t_{zi} - (t_{n(i-1)} + T_{Об(i-1)}),$$

где: t_{zi} – заявленное время начала работы по i -й заявке; $t_{n(i-1)}$ – планируемое время начала работы по предыдущей ($i-1$) заявке; $T_{Об(i-1)}$ – задаваемое время обслуживания по предыдущей заявке.

На каждом шаге алгоритма оптимизации целевой функции должны проверяться следующие условия:

1) если $T_{ОЖi} \geq 0$, то заявленное время начала работ i -й заявки остается без изменения;

2) если $T_{ОЖi} < 0$, то заявленное время начала работ i -й заявки может изменяться в пределах Δt_i до получения локального минимума.

На рисунке представлена упрощенная блок-схема алгоритма оптимизации оперативного планирования. На основе представленной блок-схемы разработан программный модуль для АРМа участкового энергодиспетчера.

Разработанная программа фиксирует и хранит в памяти заявленное время работ в принимаемых энергодиспетчером заявках на работу от подразделений. После того, как все заявки на работу предварительно приняты, программа по запросу энергодиспетчера выдает на монитор, рекомендуемый оптимизированный оперативный план обеспечения производства работ по заявкам с откорректированным временем начала работ. После чего, энергодиспетчер передает на подразделения откорректированное время начала работ по заявкам и присвоенные оперативные номера, а программа автоматически корректирует время начала работ в принятых в АРМе заявках на работу согласно оперативному плану производства работ.

Апробация результатов работы на объекте показала, что в подавляющем большинстве случаев суммарное время простоя ремонтных бригад в получаемых оптимизированных планах оперативного обслуживания сводится к нулю, что полностью исключило спонтанное возникновение очередей на оперативное обслуживание ремонтных бригад по причине не качественного предварительного планирования.

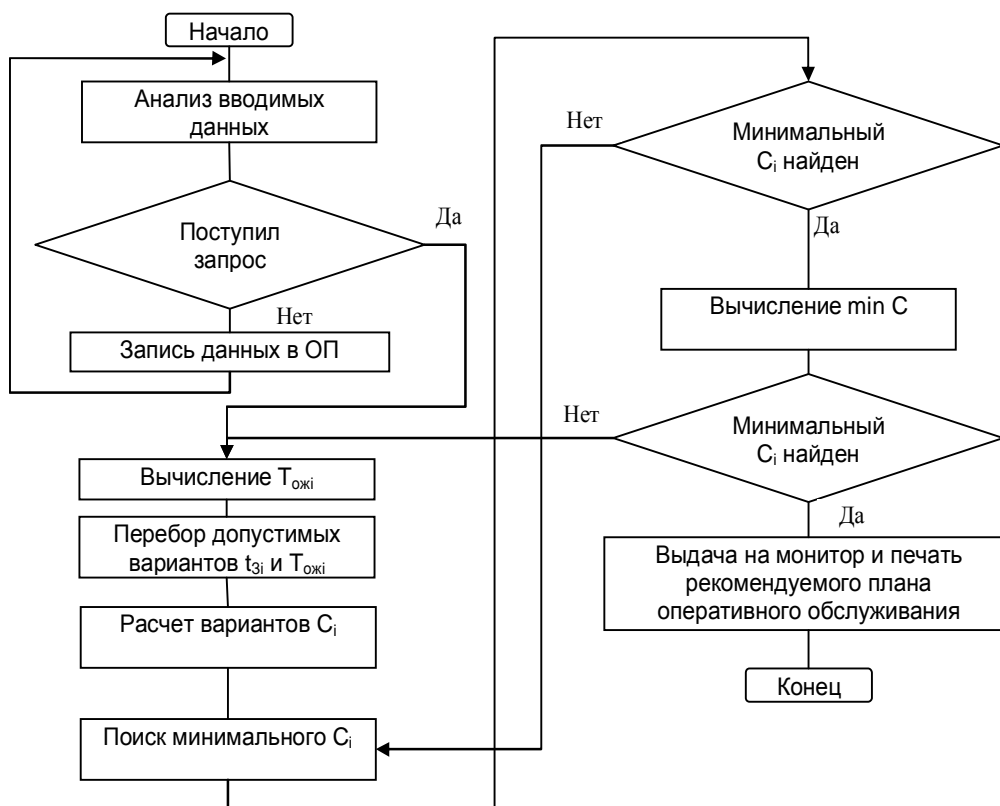


Рис. 1. Блок-схема алгоритма оптимизации оперативного управления

Однако проведенные экспериментальные исследования на объектах в реальном времени показали, что на процесс реализации энергодиспетчером оптимизированного оперативного плана оказывает влияние наложение ситуационного управления системой тягового электроснабжения и оперативного обслуживания устных запросов оперативно-ремонтного персонала.

Повысить устойчивость оптимизированного плана оперативного обслуживания ремонтных бригад от ситуационных влияний можно внесением дополнительных буферных временных кластеров между планируемым временем окончания оперативного обслуживания предыдущей ($i-1$) заявки и планируемым временем начала работ последующей i -й заявки. Необходимо в дальнейшем продолжить работу в этом направлении.

Для глобальной минимизации суммарного времени простоя ремонтных бригад в реальном времени процесса оперативного управления рекомендуется сочетать оптимизацию оперативного планирования с оптимизацией дисциплины очереди при оперативном обслуживании бригад изложенной в [1].

Список литературы

1. Иванов, В.В. Оперативное управление участком энергоснабжения электрифицированных железных дорог [Текст] / В.В. Иванов, Е.Е. Бакеев – М.:Транспорт, 1986. -132с.
2. Иванов, В.В.. Многоуровневая интегрированная система энергодиспетчерского телеуправления и телеконтроля тяговым электроснабжением железной дороги [Текст] / В.В. Иванов/ ЗБОРНИК РАДОВА 4-6. октобар 2000. Југославија.
3. Иванов, В.В. Создание и результаты внедрения энергодиспетчерской многоуровневой интегрированной информационно-управляющей системы нового поколения с применением современных информационных и компьютерных технологий. [Текст] / Тезисы докладов 67 Международной научно-практической конференции "Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта". Днепропетровск ДНУЖТ, 2007 г.

Рекомендовано до друкy: проф. Гетьманом Г.К.