

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ТЯГУ ПОЕЗДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

**Михалева С.С.**

**Научный руководитель – доцент Кузнецов А.А.**

*Омский государственный университет путей сообщения*

Снижение расходов электрической энергии и сокращение затрат на ее приобретение является одним из важнейших направлений развития электрификации и эксплуатации железных дорог.

Необходимо совершенствовать методы планирования электроэнергии, при этом учитывать наличие тесных связей между большим числом факторов, определяющих состояние системы электроснабжения.

К факторам, влияющими на электропотребление, относятся: объемы перевозок; погодные условия; нормативный график движения, расписание движения; используемый тяговый состав, в частности, его изношенность; особенности технической конструкции поездоучастков (профиль, количество путей, и т.п.); особенности организации движения на поездоучастках в определенное время (окна, предупреждения, организация движения кружностью, и т.п.); квалификация персонала и др.

Показатели можно разделить на постоянные (тип тягового электроснабжения, расстояние между тяговыми подстанциями) и изменяющиеся во времени (вес поезда, величина межпоездного интервала, грузонапряженность электрифицированного участка), фиксируемые в установленные моменты времени.

Основными факторами являются масса и скорость движения поезда, грузооборот линии и другие. К дополнительным факторам следует отнести такие, как являются износ (прокат) бандажей колесных пар подвижного состава, схема формирования состава вагонов поезда.

Косвенными являются факторы, которые непосредственно влияют на прямые факторы и опосредовано на расход электроэнергии. Это, прежде всего, техническое состояние подвижного состава, пути, устройств электроснабжения, сигнализации и связи, квалификация машинистов и другие факторы.

Параметры поезда и участка пути, допускаемые скорости движения на станциях и перегонах и относятся к детерминированным факторам. Случайными факторами являются факторы, значение которых могут измениться по случайному закону в заданном интервале. К ним можно отнести условия движения (поездная ситуация), климатические факторы.

Зависящими от производственного персонала факторами можно считать режим ведения поезда, квалификацию локомотивных бригад и работников подразделений других служб, поездную ситуацию и т.д. Не зависящими от персонала являются климатические факторы, а также параметры и техническое состояние состава вагонов, пути, устройств электроснабжения, сигнализации и связи.

Аналогично все факторы могут быть классифицированы и по другим признакам. Необходимо отметить, что некоторые факторы в зависимости от решаемой задачи могут быть отнесены либо к одному, либо к другому классу, т.е. они занимают промежуточное положение по отношению к рассмотренным выше классам. Например, скорость

движения поезда с одной стороны, определяется параметрами электровоза, состава вагонов и других технических устройств, а с другой стороны, зависит от организации движения поездов на данном участке, поэтому в определенных задачах она может быть либо техническим, либо организационным фактором. Одни и те же факторы могут быть отнесены к разным классам в зависимости от уровня планирования и управления железнодорожным транспортом, на котором они рассматриваются.

Из всего многообразия факторов, влияющих на потребление и на качество прогнозирования ЭЭ, стоит выбрать те эксплуатационные показатели работы исследуемого участка железной дороги, которые в наибольшей степени связаны с электропотреблением. Чтобы определить, какие факторы тесно связаны с электропотреблением на тягу поездов, целесообразно провести их тщательный корреляционный анализ во взаимосвязи с ЭП.

Для формирования универсального аппарата планирования электропотребления, способного адекватно и надежно моделировать и планировать потребление электроэнергии, наиболее часто используются регрессионные модели, позволяющие определять участие тех или иных факторов в формировании электропотребления. Но в зависимости, моделируемые с помощью регрессионных методов, в большинстве случаев линейны, в то время как потребители характеризуются нелинейностью зависимостей электропотребления от факторов. Все это обуславливает необходимость применения более сложных регрессионных моделей, а в случае неадекватности полученных математических прогнозов – и применение нерегрессионных методов моделирования. Исследования и практический опыт показывают, что наиболее перспективным направлением в области прогнозирования на сегодняшний день является использование аппарата искусственных нейронных сетей (ИНС), который позволяет более точно моделировать и планировать и при этом не требует повышенных знаний в области математической статистики, поскольку сама структура нейронной сети выбирается на этапе планирования модели. Адаптация же модели к конкретным условиям происходит на этапе обучения нейронной сети. Это значительно упрощает процессы моделирования при увеличении точности выходных моделей и не требует излишних затрат на моделирование процессов.

Нейронные сети – это исключительно мощный метод имитации процессов и явлений, позволяющий воспроизводить чрезвычайно сложные зависимости. Нейронные сети по своей природе являются нелинейными, в то время как на протяжении многих лет для построения моделей использовался линейный подход. Общая идея применения нейронных сетей основана на запоминании сетью предъявляемых ей примеров и выработке решений, согласованных с запомненными примерами.

Обычно НС настраиваются или обучаются так, чтобы конкретные входы преобразовывались в заданный целевой выход. Сеть настраивается (обучается), основываясь на сравнении сигналов выхода и цели до тех пор, пока выход сети не будет соответствовать цели. Чтобы обучить сеть при таком управляемом обучении, как правило, используется много пар сигналов вход/выход.

Решение задачи с помощью нейронной сети связано с процедурой настройки, требующей выбора начальных значений параметров, величин шага итерационных методов и т. п.

Так как не все подобные процессы выбора формализуемы и во многом зависят от области применения задачи, то все они, как правило, происходят с участием человека.

После многократного предъявления примеров веса сети стабилизируются, причем сеть дает правильные ответы на все (или почти все) примеры из базы данных. В таком случае говорят, что сеть обучена. В программных реализациях можно видеть, что в процессе обучения величина ошибки (сумма квадратов ошибок по всем выходам) по-

степенно уменьшается. Когда величина ошибки достигает нуля или приемлемо малого уровня, обучение останавливают, и сеть готова к применению.

Таким образом, решение задачи с помощью нейронного алгоритма заключается в применении построенной вычислительной процедуры с конкретными значениями числовых данных.

Предлагается экспертным путем выделить факторы, определяющие электропотребление (техническая скорость; участковая скорость; средний вес брутто; грузооборот; среднемесячная температура; пассажирокилометры и количество отправленных пассажиров, рекуперацию электрической энергии), значения которых подаются на соответствующие входы нейронной сети (НС). Выходным параметром выбрать электропотребление.

В данной работе особое внимание уделяется рекуперации электрической энергии на тягу поездов с пересеченным профилем железнодорожного пути.

В итоге обученная таким образом нейронная сеть, позволит получить значения ЭП и при других исходных данных, в результате будет возможным рассмотреть многоуровневую систему со сложным характером взаимосвязей между элементами и при этом снизить погрешность планирования.