

С. В. Бурый; В. В. Халимов, к. т. н., доц.

## ОЦЕНКА МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ПРИМЕРЕ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ

*В статье приведены результаты сравнения методов прогнозирования электропотребления предприятием на примере угольной шахты («Центросоюз» ГТЭК, Луганская обл.), выполненные с применением графиков электрических нагрузок (ЭН), многофакторных регрессионных моделей и временных рядов. Изложены основные положения сбора и обработки экспериментальных данных и построения моделей. На основании исследований рекомендованы области применения методов для прогнозирования электропотребления.*

**Ключевые слова:** методы прогнозирования, системы электропитания, многофакторные регрессионные модели, временные ряды.

### Введение

В связи с повышением уровня механизации процессов добычи угля, внедрением новых, более мощных и производительных угледобывающих машин непрерывно растёт электропотребление угольных предприятий.

В этих условиях особое значение приобретают мероприятия, направленные на повышение экономичности электропотребления, так как стоимость электрической энергии, затраченной на добычу угля, составляет существенную часть баланса его себестоимости (до 30 %). Использование электроэнергии характеризуется энергетическими показателями, позволяющими определить качество эксплуатации электрохозяйства и качество проектирования на стадии проектных работ.

Среди проблем определения количества электроэнергии, потребляемой предприятием, актуальными являются совершенствование методов расчета необходимого количества электроэнергии и разработка новых методов прогнозирования электропотребления (ЭП), так как применяемые в настоящее время методы расчета ЭН [1], рекомендованные нормативными отраслевыми документами, дают значительную погрешность, которую невозможно оценить с помощью математических критериев [2, 3].

**Целью работы** является разработка методов прогнозирования ЭП шахт и их структурных подразделений с заданной точностью в пределах и вне пределов изменения влияющих факторов.

В практике определения электрических нагрузок и электропотребления методы расчета можно разделить на две группы: эмпирические и аналитические [3].

К недостаткам этих методов можно отнести ограниченность области применения – низковольтные участки и группы потребителей. Так практика проектирования показывает, что расчёты нагрузок в целом по предприятию дают значительную погрешность (до 135%).

### Методика сбора и обработки экспериментальных данных

Для выполнения задач, поставленных в работе, была разработана методика, включающая следующие этапы: сбор экспериментальных данных о потреблении электрической энергии, выполнение анализа и первичной обработки экспериментальных данных, оценка возможности применения традиционных методов расчета (методов коэффициентов), выбор типа моделей для выполнения прогнозов и проверка адекватности результатов прогноза.

Процесс электропотребления относится к случайным процессам, и для того, чтобы иметь право исследовать характеристики генеральной совокупности по выборке, она должна быть

случайной и соответствовать способу её образования [4].

Для анализа возможности применения вышеперечисленных методов расчёта электрических нагрузок, для прогнозирования были использованы графики загрузки: суточные, месячные, годовые – и коэффициенты, характеризующие эти графики. По графикам нагрузки (годовым) были построены графики изменения коэффициентов, проведена оценка динамики и степень влияния изменения основного фактора – добычи угля на показатели электропотребления шахты.

Для оценки динамики изменения коэффициентов и возможности применения их для прогнозирования электрических нагрузок и электропотребления вычислены отношения значений коэффициентов последующего к предыдущему  $\left(\frac{K_{носл}}{K_{пр}}\right)$ . Такой подход

обусловлен тем, что для вычисления нагрузок и электропотребления используют коэффициенты предыдущего года работы предприятия. Значение отношения позволяет вычислить разность между величинами коэффициентов и вносимую погрешность при определении нагрузок. Фактическое значение коэффициентов последующего года вычисляли по данным системы АСКУЭ, собранным в течении текущего.

Вычисленные значения  $\left(\frac{K_{носл}}{K_{пр}}\right)$  показывают, что при планировании нагрузок и электропотребления возможно получение ошибки в пределах 4 – 20%.

На основании проведенного обзора методов расчёта ЭН для перспективного планирования предлагаем применить метод регрессионного анализа, так как он позволяет проводить обработку экспериментальных данных современными средствами и методами оценки в условиях разнородности наблюдений и возможного наличия выбросов, сопряженности независимых переменных регрессий. Также позволяет выполнить оценивание параметров регрессии при наличии ошибок измерения, которые есть практически в любой ситуации.

Получена математическая регрессионная модель для краткосрочного прогноза потребления ЭЭ по показателям работы предприятия за сентябрь:

$$P = 58 + 0,407Q_1 + 2,7006L_2,$$

где  $P$  – потребление ЭЭ,  $Q_1$  – добыча угля за сутки по шахте,  $L_2$  – явочный состав рабочих за то же время.

Получены коэффициенты множественной детерминации и множественной корреляции для этой модели, произведена оценка дисперсии параметров модели и выполнена проверка адекватности модели по критериям Фишера и Стьюдента. Показано, что модель адекватна эмпирическим данным. Получен точечный прогноз электропотребления с прогнозной оценкой 1043,47кВт и интервальный прогноз потребления ЭЭ, а также расчёт средних и граничных показателей. Оценочный прогноз на следующий месяц (октябрь – ряд 2) сравним с реальными данными (ряд 1) и увидим, что он достаточно точный (см. рис. 1).

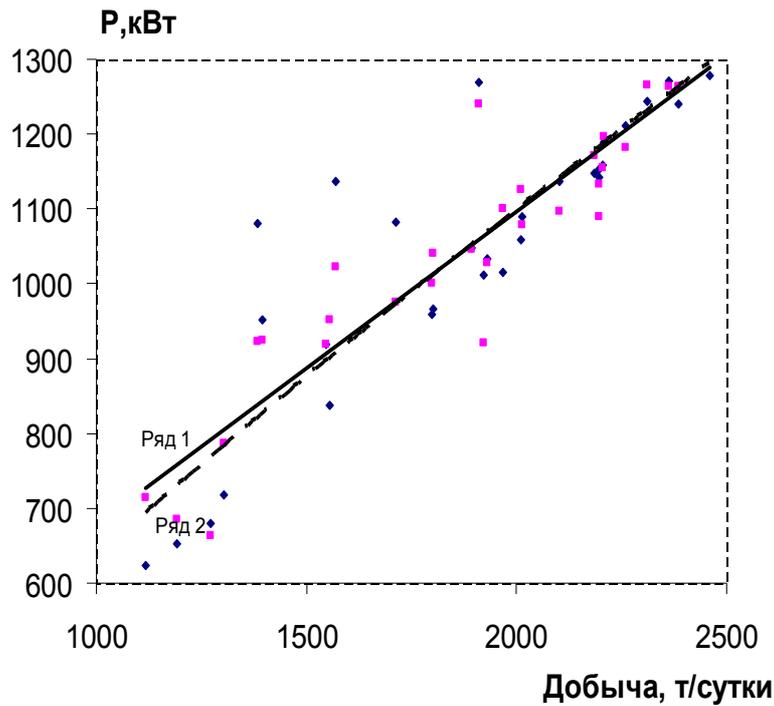


Рис. 1. Планирование электропотребления на следующий период:  
ряд 1 – потребление за сентябрь по шахте 2011 г.;  
ряд 2 – оценочный прогноз на октябрь 2011 г.

Для среднесрочного прогноза взяты данные по электропотреблению шахты за период с 2004 по 2010 г. Эти данные являются совокупностью признаков, которые объединяют в массив, являющийся базой для получения прогнозной модели.

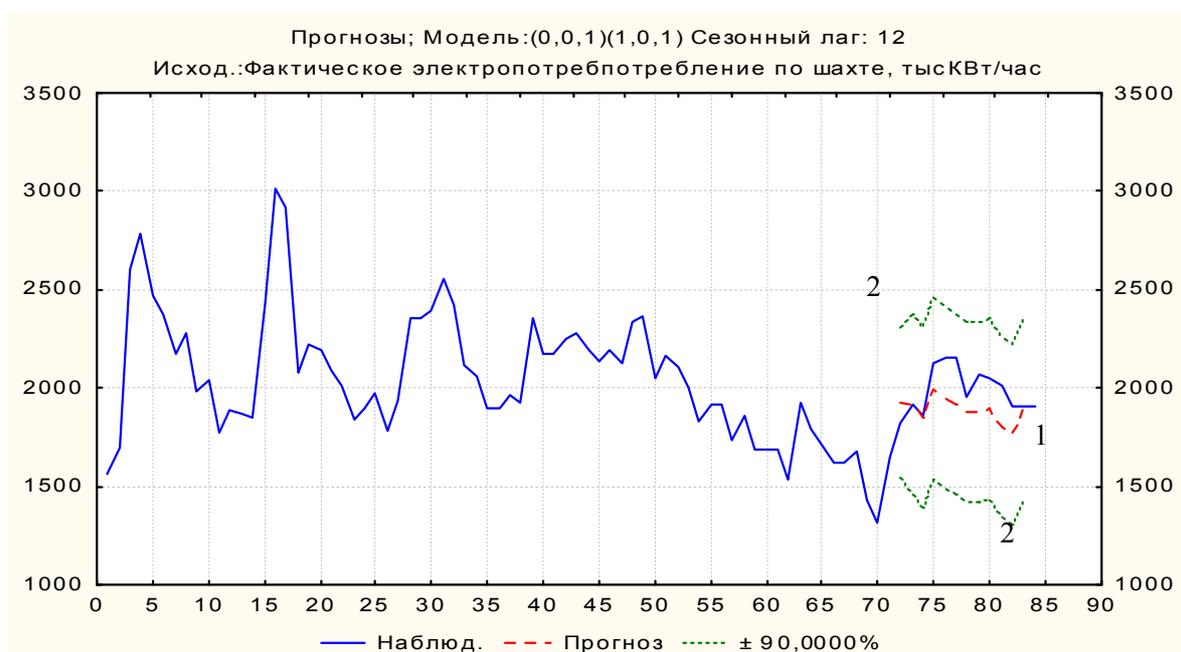


Рис. 2. Динамика изменения потребления электроэнергии за 7 лет с прогнозом на 12 месяцев

Для анализа и первичной обработки данных (временных рядов) по электропотреблению используем пакет программ Statistica 6. Методика обработки данных подробно описана в [7]. Ниже приведены графики электропотребления с периодом в 1 месяц за 7 лет.  
Наукові праці ВНТУ, 2014, № 2

Временной ряд, состоящий из месячных показателей электропотребления шахты, по виду является однородным стационарным. Принимаем в качестве базовой модели для его обработки универсальную модель авторегрессионного проинтегрированного скользящего среднего (АРПСС).

Кривая прогнозных данных показана пунктирной красной линией – 1, а доверительные интервалы – двумя зелеными пунктирными линиями – 2, показывающими диапазон отклонений и представленными на рис. 2.

Из графика, показанного на рис. 2, видно, что прогнозная кривая практически повторяет фрагмент кривой исходного ряда, причем все наблюдаемые значения ряда попадают в доверительный интервал.

### Выводы

Методы расчёта электрических нагрузок и электропотребления с помощью коэффициентов при планировании и прогнозировании могут давать значительную погрешность, поэтому область их применения – это контроль за показателями электропотребления предприятия в режиме текущего времени.

Проведена оценка значимости этих факторов и сформулированы задачи дальнейших исследований для управления электропотреблением предприятия. Исследование процесса электропотребления с помощью приведенной модели позволяет рассчитывать количество заказываемой ЭЭ предприятием на будущий период с большей точностью и математически обоснованной погрешностью. Также с помощью этой методики можно получить регрессионные модели с учётом других факторов.

Установлено, что использование современных статистических методов обработки экспериментальных данных позволяет с достаточной для промышленных целей точностью прогнозировать потребность в электроэнергии на среднесрочную перспективу. Это позволит получить существенную (до 5%) экономию.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эффективное использование электроэнергии и топлива в угольной промышленности / [Волощенко Н. И., Островский Э. П., Мялковский В. И. и др.] ; под ред. Э. П. Островского, Ю. П. Миновского. – М. : Недра, 1990. – 407 с.
2. Руководящий технический материал. Указания по расчету электрических нагрузок: РТМ 36.18.32.4-92: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 1992. – №6 – 7. – С. 4 – 27.
3. Грядущий Б. А. Баланс электропотребления угольных шахт: Справочное пособие / Грядущий Б. А., Халимов В. В., Стукан Р. Н. – Донецк: ООО «Юго-Восток, ЛТД», 2005. – 250 с.
4. Электрические нагрузки промышленных предприятий / [Волобринский С. Д., Каялов Г. М., Клейн П. Н., Мешель Б. С.]. – Л. : Энергия, 1971. – 264 с.
5. Шидловский А. К. Введение в статистическую динамику систем электроснабжения / А. К. Шидловский, Э. Г. Куренный. – К.: Наукова думка, 1984. – 271 с.
6. Бурый С. В. Разработка метода перспективного планирования электропотребления с применением регрессионных моделей / С. В. Бурый // Кривой Рог. Технические средства и информационные системы, используемые для реализации функций управления. Вестник. – 2013. – № 3. – С. 64 – 68.
7. Сучасні проблеми систем електропостачання промислових та побутових об'єктів : зб. науку праць за матеріалами Всеукраїнської наук.-техн. конф. викладачів і студентів, 17 – 18 жовт. 2013 р. / відп. ред. О. П. Ковальов. – м. Донецьк «ДВНЗ»ДонНТУ, 2013. – 195 с.

**Бурый Сергей Валерьевич** – магистр, ассистент кафедры горной энергомеханики и оборудования, e-mail: sb112@yandex.ru.

**Халимов Владимир Владимирович** – к. т. н., доцент кафедры горной энергомеханики и оборудования, e-mail: sb112@yandex.ru.

Донецкий государственный технический университет.