

**Ключевые слова:** УФ-излучение, ультрафиолетовые лампы, бактерицидное обеззараживания, безозоновая лампа, УФ-поток.

**Семенов Анатолий Алексеевич**, кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра товароведения непродовольственных товаров, Полтавський університет економіки і торгівлі, Україна, e-mail: a-semenov@li.ru.

**Кожушко Григорій Мефодійович**, доктор технічних наук, професор, кафедра товароведения непродовольственных товаров, Полтавський університет економіки і торгівлі, Україна, e-mail: tovarovedkafedra@mail.ru.

**Баля Лілія Вікторівна**, кандидат технічних наук, кафедра товароведения продовольственных товаров, Полтавський університет економіки і торгівлі, Україна, e-mail: balja-lilija@rambler.ru.

**Семенов Анатолий Алексеевич**, кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра товароведения непродовольственных

ных товаров, Полтавський університет економіки і торгівлі, Україна.

**Кожушко Григорій Мефодієвич**, доктор технічних наук, професор, кафедра товароведения непродовольственных товаров, Полтавський університет економіки і торгівлі, Україна.

**Баля Лілія Вікторівна**, кандидат технічних наук, кафедра товароведения продовольственных товаров, Полтавський університет економіки і торгівлі, Україна.

**Seменов Anatoly**, Poltava University of Economics and Trade, Ukraine, e-mail: a-semenov@li.ru.

**Kozhushko Gregory**, Poltava University of Economics and Trade, Ukraine, e-mail: tovarovedkafedra@mail.ru.

**Balja Lilija**, Poltava University of Economics and Trade, Ukraine, e-mail: balja-lilija@rambler.ru

УДК 621.318.48:621.316

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.46866

**Синчук И. О.,  
Беридзе Т. М.,  
Яловая А. Н.,  
Винник М. А.**

## ПРАКТИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЕЙ ПРОГРЕССИВНОГО ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ПОДЗЕМНЫМИ ВИДАМИ ДОБЫЧИ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ

В статье представлен анализ энергопотребления горных предприятий, в ходе которого обоснованы факторы, влияющие на энергоэффективность и пути ее повышения в условиях современных железорудных шахт. Представлена методика для определения прогнозных уровней электропотребления, которая даст возможность снизить отклонения заявочных объемов электропотребления от фактических, а, следовательно, и материальные затраты предприятия.

**Ключевые слова:** энергоэффективность, уровни электропотребления, сезонность, прогноз электропотребления, факторная модель, горные предприятия.

### 1. Введение

Украина относится к числу ведущих стран мира по запасам, перспективам и объемам добычи железорудного сырья (в дальнейшем ЖРС).

Благодаря этому, в настоящее время более 70 % ежегодных валютных поступлений в казну Украины составляет продукция горно-металлургического комплекса — железорудное сырье. В силу этого для государства весьма важно сдерживание естественного процесса роста себестоимости добываемой руды и в том числе экологично падающими подземными способами — в шахтах и рудниках.

К сожалению, как показывает анализ, производственная себестоимость добываемой руды всеми без исключения железорудными предприятиями Украины, в том числе с подземными способами добычи ЖРС имеет совсем не желательную, но все же однозначно устойчивую тенденцию роста [1, 2]. Так, к примеру, по крупнейшему отечественному подземному железорудному ПАО «Криворожский железорудный комбинат» с 2005 по 2011 год себестоимость добываемой сырой руды выросла более чем в 2,5 раза. Еще более огорчает

то, что за это же время доля энергозатрат в анализируемом процессе увеличилась более чем в 3 раза [2].

В свою очередь, установлено, что более 30 % в общей себестоимости добываемой железной руды подземным (шахтным) способом составляет сегмент энергозатрат (рис. 1).



**Рис. 1.** Диаграмма слагаемых энергозатрат по железорудным предприятиям с подземным способом добычи руды

Еще один факт особенности энергопотребления подземных железорудных предприятий: если в общем объеме энергоресурсов сегмент потребления природного газа промышленными предприятиями Украины составляет 22,5 %, то железорудными с подземными способами добычи ЖРС не более 7 %, т. е. разница достигает более чем трехкратных значений. При этом в отличие от других способов добычи ПИ при подземном способе добычи ЖРС, около 90 % общих энергозатрат занимают электроэнергетические.

Не смотря на немалое количество научных работ в этой области, достаточными для повышения электроэнергоэффективности добычи ЖРС в условиях современных железорудных предприятий их признать нельзя. В частности, отсутствует обоснованная современная методология повышения энергоэффективности добычи ЖРС, конечной целью которой должно быть выявление экономически целесообразных мер, ориентированных на предельно возможную реализацию имеющегося на предприятии потенциала энергосбережения. Разработка методики определения уровней прогрессивного электропотребления горных предприятий даст возможность снизить уровень электроэнергозатрат, а следовательно, и себестоимость добываемого ЖРС. Безусловно, это не простая задача, учитывая настоящую экономическую ситуацию горнорудной подотрасли с отсутствием реальной плановой перспективы в объемах добычи ЖРС хотя бы на год вперед [1, 2]. Вместе с тем, как следует из опыта работ ряда зарубежных фирм [3–5], решение этой проблемы даже в таких жестких критериях позволит горнометаллургическим предприятиям снизить темпы роста энергоемкости добываемого ЖРС.

## 2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Анализ и обобщение результатов известных исследований в этой области подтвердили факт, что как энергоэффективность в целом, так и электроэнергоэффективность горнорудного производства, в частности, определяются способом вскрытия и добычи ПИ, а также как ранее говорили уровнем механизации, а точнее типами и видами горных машин и механизмов, задействованных в этих процессах [6].

Именно этими основополагающими факторами железорудные шахты отличаются (и значительно) от других видов промышленных предприятий, в т. ч. от своих ближайших сородичей — угольных, соляных, сланцевых и т. п. шахт [7–10]. И именно эти факторы являются базой разницы уровней и режимов электропотребления и, как будет показано далее, поиска направлений повышения электроэнергоэффективности добычи ПИ.

Однако это не закрывает проблему поиска путей повышения электроэнергоэффективности добычи ЖРС, а наоборот, в очередной раз диктует необходимость поиска реальных путей в данном направлении путем повышения эффективности электроэнергетического комплекса электроснабжение — электропотребление приемников электрической энергии железорудных производств [11–14].

Вместе с тем, необходимо четко представлять, что это поиск не на далекую перспективу, а на сегодня, с перспективой наступающего завтрашнего дня. Это утверждение основывается на том, что поиск должен вестись для условий и в условиях ныне действующих

предприятий и их технологий, поскольку в Украине в ближайшие 25–35 лет открытие новых железорудных предприятий не предусматривается [1, 2].

При этом комплексом научных задач, подлежащих решению, должен быть поиск в условиях неполной определенности исходных данных но на основе реальнодостижимой корректности, объединяющей при этом особенности существующих технологических процессов добычи ЖРС, режимов функционирования эксплуатируемых горных машин и механизмов в функции индивидуальных и групповых нагрузок последних, формирующих общую электрическую нагрузку предприятия на силовых трансформаторах ГПП [12, 15].

Анализ исследований, проводимых ранее, до исследования авторов [11–16], показал, что значимые по своей сути исследования в направлении повышения энергоэффективности добычи ЖРС, оптимизации режимов энергопотребления и совершенствовании структур систем электроснабжения для отечественных железорудных шахт проводились в лучшем случае более 30-ти лет тому назад, а то и более. В числе исследователей, применительно к железорудным шахтам, были доценты Гузов Э. С., Калинин В. Ф., Корнилов Г. И., Полтава Л. И., Синчук О. Н., Щётка В. Ф., и некоторые другие.

За прошедшие с тех пор десятилетия, глубины добычи ЖРС увеличились почти вдвое, достигнув 1500–1950 м, с проектом более 2500 м. Соответственно изменились объемы потребления ЭЭ, протяженность подземных ЛЭП (увеличилась в 3,5–4 раза), а главное значительно изменились временные режимы функционирования электроприемников [2].

Поэтому имеющийся «портфель наработок» по достижению требуемого уровня энергоэффективности систем электроснабжения и электропотребления железорудных производств для современных условий нельзя признать достаточными. Вместе с тем, как следует из опыта работ ряда зарубежных исследователей, в т. ч. США, Австралии, Швеции, Бразилии [3–5, 15, 16], и результатов реализации их исследований в практику работы горных предприятий, решение этой проблемы позволит эффективно получать, транспортировать и использовать электрическую энергию горнометаллургическими предприятиями с достижением конечной цели — снижения энергоемкости добываемого ЖРС.

С ростом и совершенствованием производства, улучшением материально-технической базы создаются условия для сглаживания неравномерности во внутригодовой динамике при использовании электроэнергии. Но ликвидация колебаний в потреблении электроэнергии была бы неправильной. Это обуславливается рядом обстоятельств, в том числе и факторами технологического и экономического порядка [15]. Следует также принимать во внимание и факторы сугубо экономического и технологического характера. Поэтому так важно решить проблему рационального сочетания во времени периода массового производства, времени потребления электроэнергии, а также влияние случайных факторов.

В настоящее время на предприятиях процесс определения и заявки лимитов или установления нормируемых внутрикомбинатных (шахтных) норм удельного электропотребления на электроэнергию осуществляется практически без достаточного анализа электропотребления и показателей работы предприятия, что часто приводит к отклонению фактического ЭП от заявочных значе-

ний [1, 2]. При корректировке лимитов не всегда учитывается текущее показатели работы предприятия, прогноз влияющих факторов и, как следствие — не эффективно используются заявленные лимиты. При превышении лимита электроэнергии с предприятий взимается в безакцентном порядке штраф за величину перебора электроэнергии. В связи с этим определение перспективных уровней потребления электроэнергии для правильной и своевременной заявки требуемых лимитов невозможно без применения прогнозных процедур. Процесс формирования электрических нагрузок горных предприятий носит случайный характер, поэтому для оценки перспективного электропотребления, наряду с прогнозированием среднего значения, необходимо определять и параметры, характеризующие разброс случайных значений признака. В этой связи прогноз должен обеспечивать интервальную оценку перспективного электропотребления.

### 3. Объект, цель и задачи исследования

*Объект исследования* — процесс потребления электрической энергии в системах электроснабжения железорудных шахт.

*Цель исследования* — анализ электроэнергопотребления и разработка рекомендаций по определению уровней прогрессивного электропотребления горных предприятий с подземными видами добычи железорудного сырья.

Для достижения цели в данном исследовании были поставлены для решения следующие научные задачи:

- анализ состояния энергопотребления подземных потребителей железорудных шахт;
- разработка системы комплексного анализа уровней электропотребления железорудных шахт и комбинатов;
- оценка потенциала повышения эффективности использования электро-энергopotенциала по видам приемников электрической энергии.

### 4. Разработка методики определения прогнозных уровней электропотребления железорудных шахт

Для описания режимов электропотребления горных предприятий целесообразно использовать разработанные известные методики оценки их состояний и моделирования [8–14].

В соответствии с этим определение прогнозных уровней электропотребления должно включать в себя следующие этапы:

- 1) сбор, передачу, формирование базы данных и хранение информации об электроэнергии;
  - 2) синтез математических моделей процессов электропотребления горных предприятий;
  - 3) определение с помощью полученных моделей прогнозных значений электропотребления на месячном и годовом уровнях;
  - 4) адаптация моделей при изменении факторов и корректировка прогнозных значений электропотребления.
- Последовательность реализации каждого этапа следующая.

*Первый этап.* Сбор данных об ЭП осуществляется на горном предприятии по показаниям счетчиков коммерческого и технического учета, по отчетным данным о производственной деятельности предприятия. Передача

данных на ВЦ осуществляется в виде ежемесячного отчета об использовании электроэнергии за прошедший месяц. Передачу данных необходимо осуществлять через систему «Энергодиспетчер». Формирование базы данных предполагает их организацию в матричном виде. Например, данные о месячном электропотреблении представляются в виде двумерной матрицы  $W(I, J)$ , где  $I$  — номер года:  $I = 1, N$ ;  $J$  — номер месяца:  $J = 1, M$ .

Каждая строка матрицы представляет изменение ЭП в течении  $I$ -го года по месяцам, а столбцы представляют собой значение электропотребления  $J$ -го месяца в различные годы. Построенные матрицы дают столбцы годового электропотребления (ГЭП), отображающие его изменение по годам:

$$W(I) = \sum_{j=1}^M W(I, J), \quad (1)$$

где  $M = 12$  (месяцев).

Каждое значение МЭП представлено в виде суммы значений суточного электропотребления [9, 10]:

$$W(I, J) = \sum_{K=1}^n W(I, J, K), \quad (2)$$

где  $n$  — количество дней в месяце.

*Второй этап.* Обработка данных об электропотреблении и синтез математической модели электропотребления осуществляется на базе разработанной методики, математические процедуры которой реализуются на ЭВМ.

*Третий и четвертый этапы* в методологическом плане базируются на результатах получаемых в ходе статического анализа, математических моделей, а также точных оценках режимов электропотребления. При этом надо учитывать, эти сведения естественно несвободны от погрешности, связанной с тем, что объем информации об электропотреблении, на основе которой проводилось моделирование, ограничен.

В этой связи требуется осуществление интервального прогноза, который указывает не только точечную оценку, но и интервал, в котором по предложению с заданной надежностью может оказываться фактическое значение прогнозируемой величины [15, 16].

Доверительный интервал для  $W$ , связанный с глубиной выборки (периодом наблюдения) и с интервалом упреждения, может быть подсчитан по формуле:

$$\Delta W \cdot (I + L, J) = S_w \cdot K^*, \quad (3)$$

где  $S_w$  — среднестатистическая ошибка прогноза:

$$S_w = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (W(I, J) - \widehat{W}(I + L, J))^2}{N - 1}}, \quad (4)$$

где  $K^* = K \cdot t_\alpha$  значения  $K^*$  табулированы;

$$K = \sqrt{\frac{N + 1}{N} + \frac{3(N + 2L - 1)^2}{N \cdot (N^2 - 1)}}, \quad (5)$$

где  $t_\alpha$  – значения  $t$  – статистики Стьюдента;  $N$  – число лет оценки (интервал наблюдения);  $L$  – число лет прогноза (интервал усреднения).

Таким образом, для моделей ЭП можно с определенной вероятностью построить интервальный прогноз, причем с увеличением надежности уменьшается точность прогнозирования. Достаточно надежный прогноз может быть получен при определенном интервале  $\Delta W^*(I+L, J)$ , который необходимо ввести в модель ЭП как интервал корректировки.

В соответствии с этим предлагается следующий алгоритм интервального прогнозирования электропотребления. В основу алгоритма положены синтез моделей электропотребления (рис. 2, 3), а также определение доверительного интервала прогнозирования.

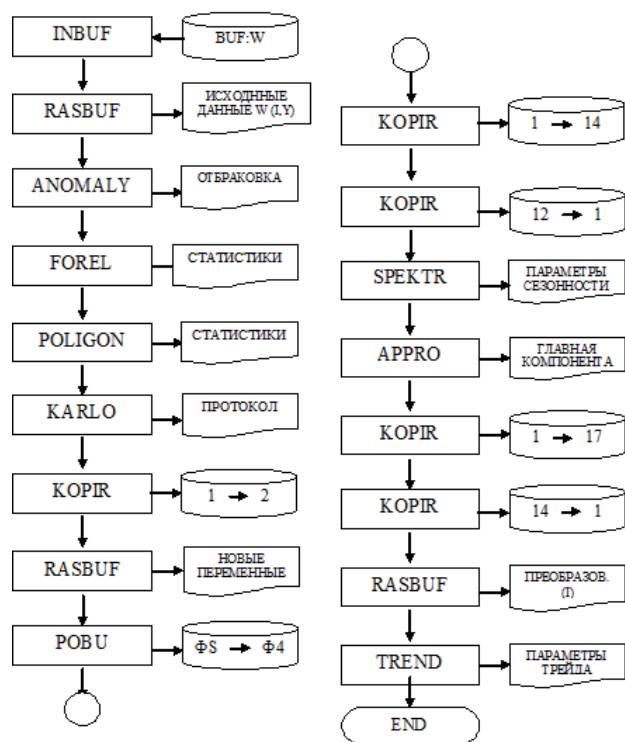


Рис. 2. Блок-схема алгоритма получения временной модели электропотребления железорудного предприятия с подземной добычей ископаемых

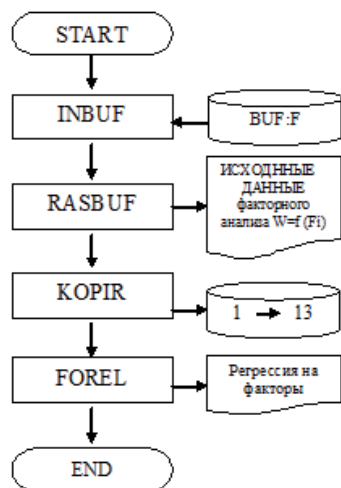


Рис. 3. Блок-схема алгоритма получения факторных моделей электропотребления подземного железорудного предприятия

### 5. К вопросу влияния сезонных колебаний на уровни электропотребления железорудных шахт

Меж тем, важным фактором подвергаемым оценке для прогнозирования уровней потребления ЭЭ является сезонность года, которая являясь результатом влияния природно-климатических условий, а также многочисленных и разнообразных факторов, также принадлежит к числу регулируемых [17].

В широком понимании к сезонным относят все явления, которые обнаруживают в своем развитии четко выраженную закономерность внутригодовых изменений, то есть более или менее устойчиво повторяются из года в год колебания уровней.

Большое практическое значение статистического изучения сезонных колебаний заключается в том, что получаемые при анализе рядов внутригодовой динамики количественные характеристики отражают специфику развития изучаемых явлений по месяцам и кварталам годового цикла [18]. Это необходимо для изучения закономерностей использования электроэнергии во внутригодовой динамике, прогнозирования и разработки оперативных мероприятий по квалифицированному управлению потреблением электроэнергии.

Статистические ряды внутригодовой динамики обычно складываются по материалам текущей отчетности. Одним из непременных условий статистического изучения сезонных колебаний является то, что ряды динамики должны быть приведены к сопоставимому виду. При этом надо иметь в виду, что разновеликие по продолжительности месяца и квартала годовых периодов является одной из причин, влияющих на изменения уровней рядов внутригодовой динамики. Для устранения этой причины объемные величины перечисляются в средние величины, характеризующие интенсивность развития изучаемого явления в единицу времени. Это имеет важное значение для повышения точности показателей сезонных колебаний.

В современной практике наиболее распространенные статистические методы исследования сезонных колебаний. В статистике существует ряд методов изучения и измерения сезонных колебаний. Самый простой заключается в построении специальных показателей, которые называют индексами сезонности. Совокупность этих показателей отражает сезонную волну. В общем виде они определяются отношением выходных (эмпирических) уровней ряда динамики к теоретическим (расчетным) уровням, выступающим в качестве базы сравнения:

$$i_{s1} = \frac{y_i}{y_{t1}} \tag{6}$$

Именно в результате того, что в этой формуле измерение сезонных колебаний осуществляется на базе соответствующих теоретических уровней тренда, в исчисляемых при этом индивидуальных индексах сезонности влияние основной тенденции развития элиминируется (устраняется). Для того, чтобы выявить устойчивую сезонную волну, на которой отображались бы случайные условия одного года, индексы сезонности вычисляются по данным за несколько лет, распределенным по месяцам. Поскольку на сезонные колебания могут накладываться случайные отклонения, для их устранения проводится усреднение

индивидуальных индексов одноименных внутригодовых периодов анализируемого ряда динамики. Поэтому для каждого периода летнего цикла определяются обобщенные показатели в виде средних индексов сезонности:

$$\bar{i}_{s1} = \frac{\bar{y}_i}{\bar{y}}. \quad (7)$$

Исчисленные на основе этой формулы средние индексы сезонности (с применением в качестве базы сравнения соответствующих уровней тренда) свободные от влияния основной тенденции развития и случайных отклонений.

В зависимости от характера тренда формула (7) принимает следующие виды:

1) для рядов внутригодовой динамики с ярко выраженной основной тенденцией развития:

$$\bar{i}_{s1} = \frac{\sum y_i}{n}. \quad (8)$$

Выступающие при этом в качестве переменной базы сравнения теоретические уровни представляют своего рода «среднюю ось кривой», так как их расчет основан на положении метода наименьших квадратов. Поэтому измерение сезонных колебаний на базе переменных уровней тренда называется способом переменной средней;

2) для рядов внутригодовой динамики, в которых повышается (понижается) тренд отсутствует или он незначителен:

$$\bar{i}_{s1} = \frac{\sum i_{s1}}{n}. \quad (9)$$

В формуле (9) базой сравнения является общий для рассматриваемого ряда динамики средний уровень. Поскольку для всех эмпирических уровней анализируемого ряда динамики этот общий средний уровень является постоянной величиной, то применение формулы (9) называется способом постоянной средней.

Для определения в формуле (6) теоретических уровней тренда важно правильно подобрать математическую функцию, через которую будет осуществляться аналитическое выравнивание в анализируемом ряду динамики. Это наиболее сложный и ответственный этап изучения сезонных колебаний. От обоснованности подбора той или иной математической функции во многом зависит практическая значимость полученных в анализе индексов сезонности.

При использовании способа аналитического выравнивания ход вычислений индексов сезонности следующий:

- по соответствующим полиному исчисляются для каждого месяца (квартала) выровненные уровни на момент времени  $t$ ;
- определяются отношение фактических месячных (квартальных) данных в соответствующих выравниваемых данными (в процентах);
- находится средний арифметические с процентных соотношений, рассчитанных по одноименной периодом в процентах.

Расчет заканчивается проверкой правильности вычислений индексов. Так как средний индекс сезонности для всех месяцев (кварталов) должен быть 100 %. Для решения вопроса адекватности используется критерий минимальной стандартной погрешности аппроксимации:

$$\sigma_{yi} = \sqrt{\frac{\sum (y_{t1} - y_i)^2}{n}}. \quad (10)$$

Целесообразно как реальный пример провести расчеты использования электроэнергии, в увязке с сезонными расходами. Сезонность — это более-менее стойкие периодические, повторяющиеся, ежегодные колебания в рядах динамики, обусловленные сезонным характером.

Расчеты проводятся следующим образом:

1. Вычислим коэффициенты сезонности — это отношение каждого фактического значения показателя ( $Y_{\phi}$ ) к вычисленному значению для каждого периода времени ( $Y$ ):

$$K_y = \frac{Y_{\phi}}{Y} \cdot 100\%. \quad (11)$$

Вычислим индекс сезонности — это усредненные значения коэффициентов сезонности, взятые для одинаковых субпериодов:

$$I_s = \frac{K_s}{K}. \quad (12)$$

2. Строим волну сезонности — это графики изменения индексов сезонности по субпериодам (рис. 4).

3. Формируем выводы.

Согласно приведенного алгоритма получили результаты, приведенные в табл. 1, 2.

**Таблица 1**

Коэффициенты сезонности по шахтам ПАО «КЖРК»

| Коэффициенты сезонности |                |            |                |               |
|-------------------------|----------------|------------|----------------|---------------|
| Месяц                   | ш. Октябрьская | ш. Рождина | ш. Гвардейская | ш. им. Ленина |
| январь                  | 1,034          | 0,966      | 1,015          | 1,006         |
| февраль                 | 1,024          | 1,030      | 0,997          | 0,973         |
| март                    | 1,004          | 1,032      | 1,017          | 1,023         |
| апрель                  | 0,934          | 0,971      | 0,996          | 0,922         |
| май                     | 0,980          | 1,034      | 0,946          | 0,960         |
| июнь                    | 0,941          | 1,006      | 1,022          | 1,063         |
| июль                    | 1,015          | 0,956      | 1,000          | 0,948         |
| август                  | 0,972          | 1,002      | 0,984          | 0,935         |
| сентябрь                | 1,026          | 0,977      | 0,970          | 1,016         |
| октябрь                 | 0,964          | 0,986      | 1,018          | 1,025         |
| ноябрь                  | 1,016          | 0,962      | 1,008          | 1,034         |
| декабрь                 | 1,091          | 1,078      | 1,028          | 1,096         |

Таблица 2

Пики сезонности по шахтам ПАО «КЖРК»

| Месяц    | Пики сезонности |           |                |               |
|----------|-----------------|-----------|----------------|---------------|
|          | ш. Октябрьская  | ш. Родина | ш. Гвардейская | ш. им. Ленина |
| январь   | 0,034           | -0,034    | 0,015          | 0,006         |
| февраль  | 0,024           | 0,030     | -0,003         | -0,027        |
| март     | 0,004           | 0,032     | 0,017          | 0,023         |
| апрель   | -0,066          | -0,029    | -0,004         | -0,078        |
| май      | -0,020          | 0,034     | -0,054         | -0,040        |
| июнь     | -0,059          | 0,006     | 0,022          | 0,063         |
| июль     | 0,015           | -0,044    | 0,000          | -0,052        |
| август   | -0,028          | 0,002     | -0,016         | -0,065        |
| сентябрь | 0,026           | -0,023    | -0,030         | 0,016         |
| октябрь  | -0,036          | -0,014    | 0,018          | 0,025         |
| ноябрь   | 0,016           | -0,038    | 0,008          | 0,034         |
| декабрь  | 0,091           | 0,078     | 0,028          | 0,096         |

Визуально-графический анализ показывает, что общая тенденция энергозатрат для всех составляющих ПАО «Криворожский железорудный комбинат» отсутствует. Лишь в конце года (декабрь) уровень энергозатрат растет на всех шахтах.

Следует отметить, что чем более сильные отклонения волны сезонности от базовой линии, тем выше уровень влияния сезонности. В периоды, где точка волны сезонности ниже базовой, сезонность влияет негативно (уменьшает показатель). В периоды, где точки волны сезонности выше базовой, сезонность влияет положительно (увеличивает показатель).

Рассчитанные показатели сезонности позволяют разбить прогнозные значения энергоснабжения (табл. 3, 4).

Таблица 3

Коэффициенты сезонности к 2-м месяцам по шахтам ПАО «Криворожский железорудный комбинат»

| Шахта          | Месяц       |             |           |
|----------------|-------------|-------------|-----------|
|                | январь      | февраль     | март      |
| ш. Октябрьская | 0,9812223   | 0,96326476  | 0,976518  |
| ш. Родина      | 0,94726938  | 1,00786543  | 1,033434  |
| ш. Гвардейская | 0,99752501  | 0,97610085  | 1,010988  |
| ш. им. Ленина  | 0,943943601 | 0,925613971 | 1,0339081 |

| Шахта          | Месяц       |             |            |
|----------------|-------------|-------------|------------|
|                | апрель      | май         | июнь       |
| ш. Октябрьская | 0,92086486  | 1,01088768  | 0,9832783  |
| ш. Родина      | 0,94154175  | 1,03293373  | 1,0036273  |
| ш. Гвардейская | 0,98873837  | 0,93956101  | 1,0534535  |
| ш. им. Ленина  | 0,924109869 | 0,987058812 | 1,12963008 |

Таблица 4

Прогноз на 2016 г.

| Месяц   | Прогноз на 2016 г. |           |                |               |
|---------|--------------------|-----------|----------------|---------------|
|         | ш. Октябрьская     | ш. Родина | ш. Гвардейская | ш. им. Ленина |
| январь  | 4091,835           | 6178,813  | 3629,48        | 3782,54       |
| февраль | 3982,809           | 5821,710  | 3993,44        | 3706,73       |
| март    | 3695,785           | 5636,549  | 3814,09        | 3235,78       |
| апрель  | 4173,794           | 6214,276  | 3720,90        | 4116,39       |
| май     | 3676,472           | 5297,533  | 3879,47        | 3645,17       |
| июнь    | 3713,089           | 5587,732  | 3330,95        | 2996,56       |

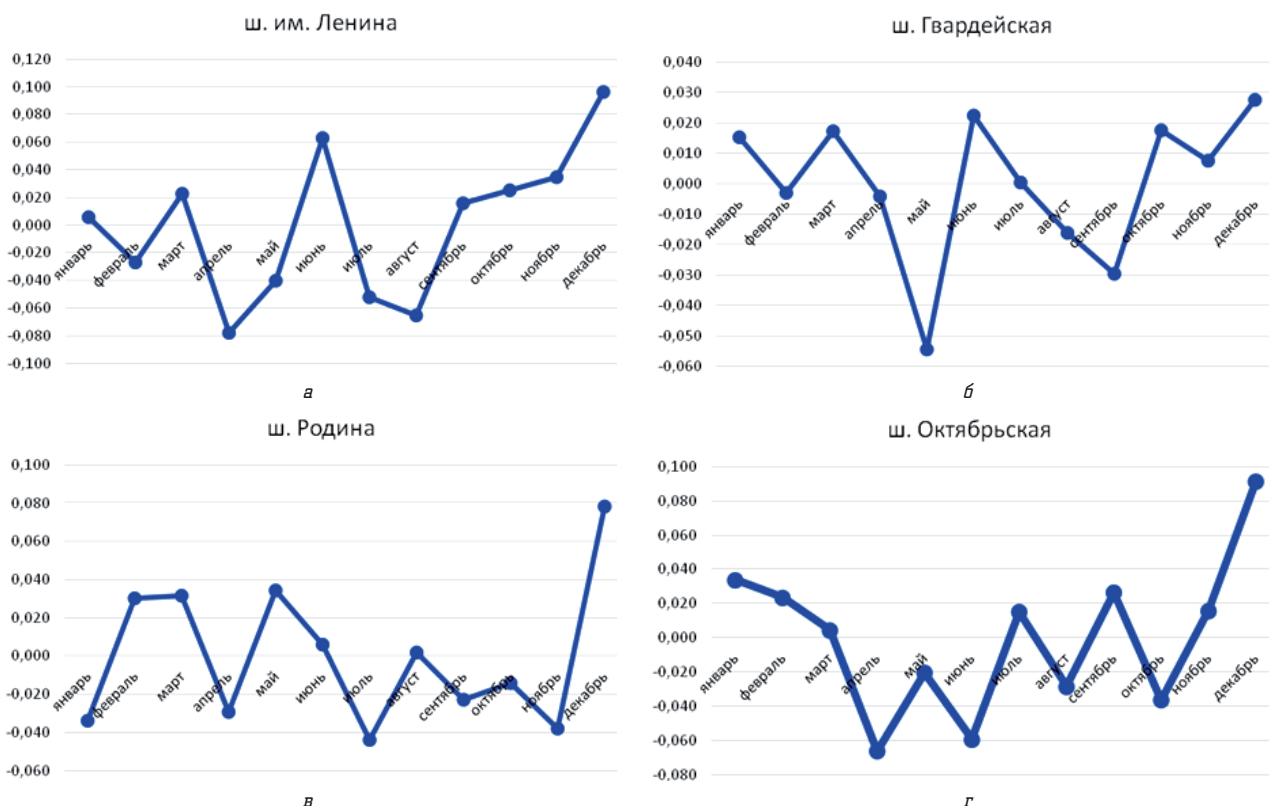


Рис. 4. Волны сезонности по шахтам ПАО «КЖРК»: а — ш. им. Ленина; б — ш. Гвардейская; в — ш. Родина; г — ш. Октябрьская

Таким образом, необходимо учитывать, что сезонность и сезонные колебания вызываются разными причинами, но при потреблении электроэнергии негативно влияет на эффективность управления железорудными предприятиями в целом, а это в свою очередь приводит к снижению производительности труда и повышению себестоимости продукции.

Неравномерность потребления электроэнергии обуславливает соответствующую неравномерность влияния на технологию горнорудного производства. Но не всякая сезонность преодолима и не всякая сезонность требует преодоления [16]. С увеличением и расширением объемов производства ЖРС потребление электроэнергии несомненно увеличивается и имеет смысл определять затраты потребления на производство и себестоимость прежде всего в целях обеспечения эффективного управления всем комплексом железорудного предприятия.

Следует отметить, что чем более сильные отклонения волны сезонности от базовой линии, тем выше уровень влияния сезонности. В периоды, где точка волны сезонности ниже базовой, сезонность влияет негативно (уменьшает показатель).

## 6. Обсуждение результатов исследования определения прогнозных уровней электропотребления железорудных шахт

Результаты вышеприведенных рассуждений являясь логическим продолжением ранее проведенного комплекса исследований по оценке уровня потенциала энергоэффективности добычи ЖРС подземным способом (рис. 5) и определения уровня влияния на этот процесс ряда факторов [12, 15], позволяют провести черту под данным изыскательским комплексом и перейти к вопросам практической реализации путем разработки автоматической системы контроля, учета и прогноза этого процесса на отечественных горнорудных предприятиях.

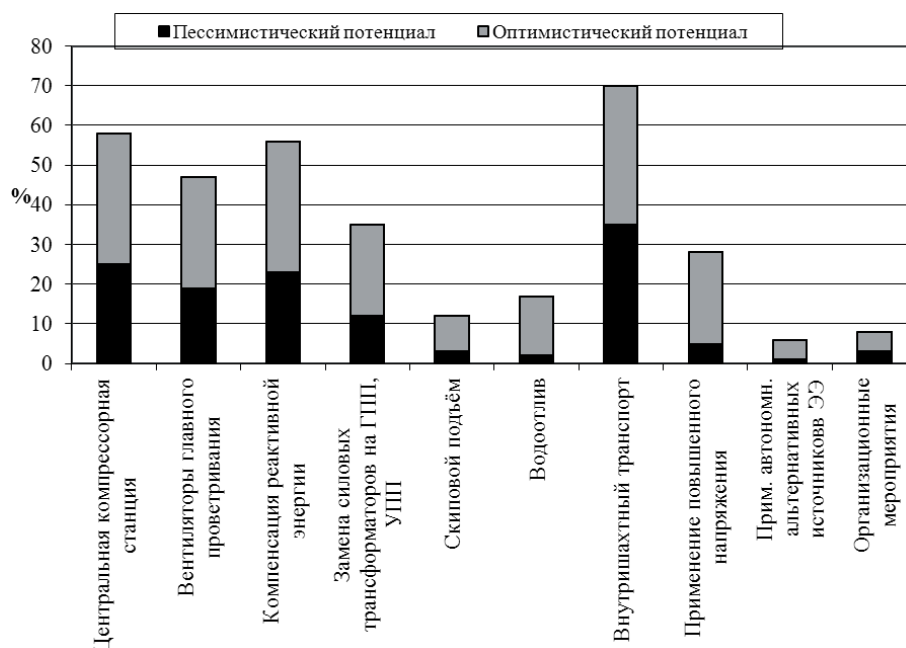


Рис. 5. Сопоставление оптимистического и пессимистического потенциалов повышения энергоэффективности слагаемых систем электроснабжения и электропотребления железорудных шахт

В качестве базового варианта может быть рекомендована система «Электропрогноз», но только при условии ее адаптации к условиям железорудных предприятий со спецификой их технологического влияния на процесс электропотребления, в т. ч. учитывая сезонные колебания, о чем изложено в данной статье.

Первый этап внедрения данной системы планируется к внедрению в ПАО «Криворожский железорудный комбинат» в 2016 году.

## 7. Выводы

В результате проведенных исследований:

1. Определены факторы, от которых зависит процесс уровней потребления электрической энергии подземными потребителями железорудных шахт. Одним из таких является сезонность.
2. Получены результаты по оценке уровней потребления электрической энергии железорудными предприятиями, которые позволили установить зависимость уровней потребления от времени года и предложить методику прогнозирования оценки этого влияния.
3. Определен ожидаемодостижимый потенциал повышения эффективности использования электрической энергии железорудными предприятиями, который можно оценить на уровне в оптимистическом варианте на 35–40 %, в пессимистическом — на 15–20 %.

## Литература

1. Стогній, Б. С. Основні параметри енергозабезпечення національної економіки на період до 2020 року [Текст] / Б. С. Стогній, О. В. Кириленко, А. В. Праховник, С. П. Денисюк, В. О. Негодуйко, П. П. Пертко, І. В. Блінов. — К.: Вид. Ін-ту електродинаміки НАН України, 2011. — 275 с.
2. Бабец, Е. К. Сборник технико-экономических показателей горнодобывающих предприятий Украины в 2009–2010 гг. Анализ мировой конъюнктуры рынка ЖРС 2004–2011 гг. [Текст] / Е. К. Бабец, Л. А. Штанько, В. А. Салганик и др. — Кривой Рог: Видавничий дім, 2011 — 329 с.
3. Lilienthal, P. HOMER the micro-power optimization model [Electronic resource] / P. Lilienthal, P. Gilman, T. Lambert. — National Renewable Energy Laboratory, 2005. — Available at: \www/URL: <http://www.nrel.gov/>
4. Manwell, J. F. Improvements to the Hybrid2 Battery Model I AWEA [Electronic resource] / J. F. Manwell, J. G. McGowan, U. Abdulwahid, K. Wu // Windpower 2005 Conference, Denver, CO. — May, 2005. — Available at: \www/URL: <http://www.umass.edu/windenergy/publication/improvements-hybrid2-battery-model>
5. Messner, S. MESSAGE-MACRO: linking an energy supply model with a macroeconomic module and solving it iteratively [Text] / S. Messner, L. Schrattenholzer // Energy. — Vol. 25, № 3. — P. 267–282. doi:10.1016/s0360-5442(99)00063-8
6. Пучков, Л. О. Електрифікація гірничого виробництва [Текст]: підручник для ВНЗ; у 2-х томах / за ред. Л. О. Пучкова, Г. Г. Півняка. — 2-ге вид., перероб. то допов. — Д.: Нац. гірн. університет, 2010. — Т. 1. — 503 с.

7. Розен, В. П. Оцінювання енергоефективності електроспоживання вугільних шахт [Текст] / В. П. Розен, Л. В. Давиденко, В. І. Волинець // Підвищення рівня ефективності енергоспоживання в електротехнічних пристроях і системах // Матеріали IV-ої міжнародної науково-технічної конференції «Підвищення рівня ефективності енергоспоживання в електротехнічних пристроях і системах», 30 червня – 1 липня 2012 р. – Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2012. – С. 130–132.
8. Беляк, В. Л. Повышение эффективности систем подземного электроснабжения высокопроизводительных угольных шахт в связи с технологическим и электромеханическим перевооружением отрасли [Текст]: дисс. ... канд. техн. наук. – М.: Московский государственный университет, 2010. – 200 с.
9. Захарова, А. Г. Закономерности электропотребления на угольных шахтах Кузбасса [Текст]: дисс. ... докт. техн. наук. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет, 2006. – 212 с.
10. Живов, Л. Г. Определение мощности штрековых подстанций железорудных шахт [Текст] / Л. Г. Живов, Л. И. Полтава // Горный журнал. – М., 1949. – № 6. – С. 18–22.
11. Баулина, М. А. К вопросу оценки процесса электропотребления горнорудных предприятий в условиях неопределенности и неполноты информации [Текст]: збірник матеріалів конференції Міжнародної з науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів, м. Кременчук, 09–11 квітня 2013 р. / М. А. Баулина, Р. А. Пархоменко, А. М. Ялова // Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. – Кременчук: КрНУ, 2013. – С. 190–191.
12. Синчук, О. Н. Метод оцінювання ефективності споживання електричної енергії залізрудними підприємствами [Текст] / О. Н. Синчук, І. О. Синчук, Т. М. Берідзе, А. М. Ялова // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – Одеський НПУ, 2013. – С. 49–57.
13. Праховник, А. В. К управлению электропотреблением в условиях дефицита энергоресурсов [Текст] / А. В. Праховник, В. П. Калинин, П. Я. Декель // Известия вузов СССР. Энергетика. – 1986. – № 10. – С. 12–15.
14. Соловей, О. І. Техніко-економічні розрахунки систем електропостачання промислових підприємств [Текст] / О. І. Соловей, О. О. Ситник, В. П. Розен та ін. – Черкаси: ЧДТУ, 2012. – 251 с.
15. Синчук, О. Н. Оценка потенциала и тактика повышения энергоэффективности подземных железорудных производств [Текст] / О. Н. Синчук, И. О. Синчук, Э. Г. Семёнович, А. Н. Яловая, М. А. Баулина // Технологический аудит и резервы производства. – 2014. – № 3/4(17). – С. 34–39. doi:10.15587/2312-8372.2014.25329
16. Синчук, І. О. Вплив сезонності на споживання електричної енергії на залізрудних підприємствах [Текст] / І. О. Синчук, Т. М. Берідзе, М. А. Баулина, А. М. Ялова // Проблеми енергоресурсозабезпечення в електротехнічних системах. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 281–283.
17. Werbos, P. J. Beyond regression: New tools for prediction and analysis in the behavior sciences [Text]: Ph. D. Thesis / P. J. Werbos. – Cambridge, MA: Harvard University, 1974. – P. 21–28.
18. Hopfield, J. J. Learning algorithms and probability distributions in feed-forward and feed-back networks [Text] / J. J. Hopfield // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 1987. – Vol. 84, № 23. – P. 8429–8433. doi:10.1073/pnas.84.23.8429

#### ПРАКТИКА ВИЗНАЧЕННЯ РІВНІВ ПРОГРЕСИВНОГО ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ З ПІДЗЕМНИМИ ВИДАМИ ВИДОБУТКУ ЗАЛІЗРУДНОЇ СИРОВИНИ

У статті представлений аналіз енергоспоживання гірничих підприємств, в ході якого обґрунтовано фактори, що впливають на електроенергоефективність та шляхи її підвищення в сучасних умовах залізрудних шахт. Представлена методика для визначення прогнозних рівнів електроспоживання, яка дасть можливість знизити відхилення заявочних обсягів електроспоживання від фактичних, а, отже, і матеріальні витрати підприємства.

**Ключові слова:** електроенергоефективність, рівні електроспоживання, сезонність, прогноз електроспоживання, факторна модель, гірничі підприємства.

**Синчук Ігор Олегович**, кандидат технічних наук, доцент, кафедра автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті, ГВУЗ «Криворізький національний університет», Україна, e-mail: [speet@ukr.net](mailto:speet@ukr.net).

**Берідзе Тат'яна Михайлівна**, кандидат технічних наук, доцент, кафедра економічної кібернетики, Криворізький економічний інститут ГВУЗ КНУ (Криворізького національного університету), Україна, e-mail: [beridzett2008@hambler.ru](mailto:beridzett2008@hambler.ru).

**Ялова Алёна Николаевна**, аспірант, кафедра автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті, ГВУЗ «Криворізький національний університет», Україна, e-mail: [speet@ukr.net](mailto:speet@ukr.net).

**Вінник Марина Анатоліївна**, аспірант, кафедра автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті, ГВУЗ «Криворізький національний університет», Україна, e-mail: [speet@ukr.net](mailto:speet@ukr.net).

**Синчук Ігор Олегович**, кандидат технічних наук, доцент, кафедра автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті, ДВНЗ «Криворізький національний університет», Україна.

**Берідзе Тет'яна Михайлівна**, кандидат технічних наук, доцент, кафедра економічної кібернетики, Криворізький економічний інститут ДВНЗ КНУ (Криворізького національного університету), Україна.

**Ялова Альона Миколаївна**, аспірант, кафедра автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті, ДВНЗ «Криворізький національний університет», Україна.

**Вінник Марина Анатоліївна**, аспірант, кафедра автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті, ДВНЗ «Криворізький національний університет», Україна.

**Sinchuk Igor**, State institution of higher education «Kryvyi Rih National University», Ukraine, e-mail: [speet@ukr.net](mailto:speet@ukr.net).

**Beridze Tatjana**, Kryvyi Rih Economic Institute, State institution of higher education «Kryvyi Rih National University», Ukraine, e-mail: [beridzett2008@hambler.ru](mailto:beridzett2008@hambler.ru).

**Yalova Al'ona**, State institution of higher education «Kryvyi Rih National University», Ukraine, e-mail: [speet@ukr.net](mailto:speet@ukr.net).

**Vinnik Marina**, State institution of higher education «Kryvyi Rih National University», Ukraine, e-mail: [speet@ukr.net](mailto:speet@ukr.net)