

УДК 621.311.1:658 + 658.26

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ ЗАТРАТАМИ НА ПОКУПКУ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРОМЫШЛЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ**

*Баев Игорь Александрович*

*д. э. н., профессор, декан факультета «Экономика и управление»*

*Южно-Уральского государственного университета*

*e-mail: [baev@econom.susu.ac.ru](mailto:baev@econom.susu.ac.ru)*

*Соловьева Ирина Александровна*

*к. э. н., доцент кафедры «Экономика и финансы»*

*Южно-Уральского государственного университета*

*e-mail: [dubskih@mail.ru](mailto:dubskih@mail.ru)*

*Дзюба Анатолий Петрович*

*соискатель кафедры «Экономика и финансы»*

*Южно-Уральского государственного университета*

*e-mail: [dzyuba-a@yandex.ru](mailto:dzyuba-a@yandex.ru)*

*Статья посвящена описанию модели управления затратами на электропотребление промышленными предприятиями России, осуществляющими покупку электроэнергии в условиях оптового и розничного рынков электроэнергии. Представленная в данной статье модель управления затратами на электропотребление промышленными предприятиями основана на снижении затрат как на покупку электроэнергии, так и на покупку мощности. Статья содержит общий алгоритм формирования модели управления затратами на электропотребление, укрупненный пример выполнения основных этапов для реального промышленного предприятия, а также оценку экономического эффекта от применения предложенной модели.*

*Ключевые слова: электропотребление, управление затратами, прогнозирование, моделирование, промышленность, энергоэффективность.*

В настоящее время одной из наиболее актуальных задач для российских промышленных предприятий является снижение затрат на потребление энергетических ресурсов, а в частности электрической энергии. В первую очередь, данная необходимость вызвана высокой удельной долей потребления электрической энергии российской промышленностью по сравнению с общемировыми показателями, а также высокой долей промышленного электропотребления в общем балансе электропотребления страны. Также нисходящая динамика роста цен на глобальных энергетических рынках приводит к повышению цен на электроэнергию на внутреннем рынке России. В связи с этим задача управления затратами на электропотребление российскими промышленными предприятиями имеет чрезвычайную актуальность [9].

В настоящее время структура затрат на электропотребление российских промышленных предприятий включает четыре основных компонента: электроэнергия, мощность, услуга по передаче и обеспечение рыночной инфраструктуры. Соотношение между указанными составляющими представлено на рисунке 1.

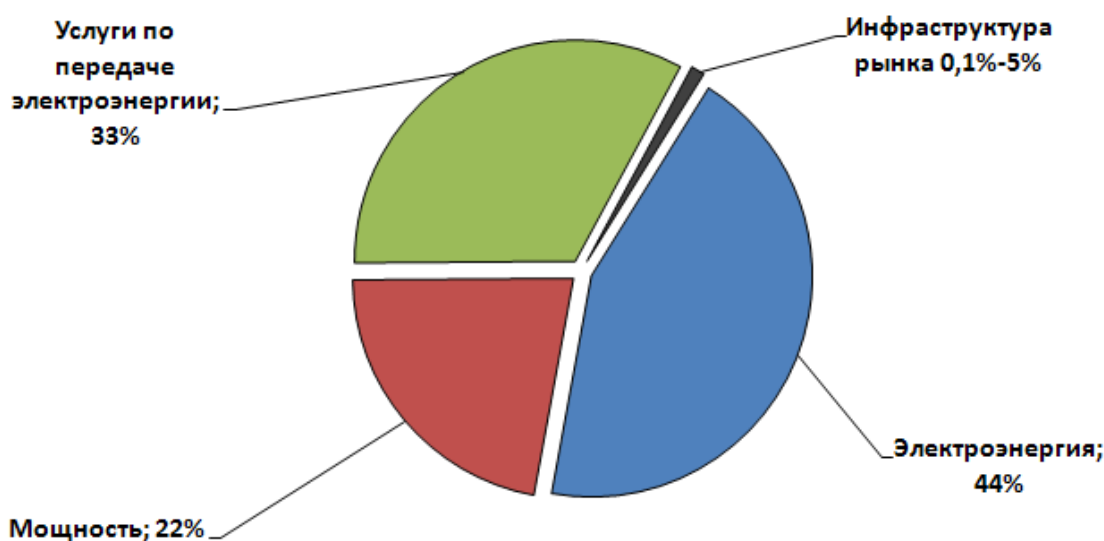


Рисунок 1 – Структура затрат на покупку электроэнергии российскими промышленными предприятиями

С позиции управления затратами, наиболее гибкими компонентами затрат на электропотребление, поддающимися управлению со стороны промышленных предприятий, являются затраты на покупку электроэнергии и затраты на покупку мощности. Это связано с тем, что величина затрат по ним формируется посредством механизма рыночного ценообразования, что приводит к постоянным изменениям объемов обязательств и требований между участниками.

Остальные компоненты затрат на электропотребление, такие как услуга по передаче электроэнергии и услуги инфраструктуры рынка, являются регулируемыми видами деятельности с фиксированными величинами затрат на их обеспечение и в меньшей степени поддаются влиянию со стороны промышленных предприятий.

Электрическая энергия – это товар, который приобретают участники оптового и розничного рынков у генерирующих и энергосбытовых компаний. Цена на электрическую энергию выражается в рублях за потребленный киловатт-час (руб./кВт·ч).

Электрическая мощность – это товар, покупка которого предоставляет участнику оптового и розничного рынков право требования обеспечения готовности генерирующего оборудования к выработке на конкурентных условиях электрической энергии установленного качества в количестве, необходимом для удовлетворения потребности в электрической энергии данного участника. Цена на электрическую мощность выражается в рублях за потребленный киловатт-час в месяц (руб./кВт в месяц).

Вся электрическая энергия и мощность, обращаемые в рамках единого экономического пространства Российской Федерации, продаются и покупаются на оптовом рынке. Основной уникальностью оптового рынка электроэнергии являются особенности ценообразования на обращаемую электрическую энергию и мощность, цены на которые зависят от поведения участников оптового рынка – поставщиков и покупателей.

Не все промышленные предприятия осуществляют покупку электроэнергии и мощности на оптовом рынке. Большинство промышленных предприятий приобретают данные товары на розничном рынке у гарантирующих поставщиков электроэнергии, которые также осуществляют покупку электроэнергии и мощности на оптовом рынке для последующей поставки обслуживаемым потребителям, взимая плату за обеспечение инфраструктурных услуг на розничном рынке.

Таким образом, в случае покупки электроэнергии и мощности промышленными предприятиями как на оптовом, так и на розничном рынках электроэнергии формирование стоимостных показателей поставляемой электроэнергии осуществляется по принципам ценообразования оптового рынка. Отличие заключается лишь в том, что в случае покупки электроэнергии на оптовом рынке промышленные предприятия могут влиять на процесс ценообразования посредством индивидуальной стратегии поведения. В случае покупки электроэнергии на розничном рынке предприятия оплачивают электроэнергию по ценам, сформированным на оптовом рынке электроэнергии на основании стратегии поведения гарантирующего поставщика.

Для управления затратами на покупку электроэнергии и мощности промышленными предприятиями мы предлагаем использование моделей снижения затрат отдельно для покупки электрической энергии и для покупки мощности. Общий алгоритм модели управления затратами на электропотребление промышленными предприятиями представлен на рисунке 2.

Как видно из алгоритма, модель управления затратами состоит из трех основных компонентов:

- 1) модель формирования прогноза планового почасового электропотребления;
- 2) модель снижения затрат на покупку мощности;
- 3) модель ежедневной стратегии поведения по учету факторов рыночной среды в прогнозном почасовом графике электропотребления.

Как видно из алгоритма, применение модели ежедневной стратегии поведения по учету факторов рыночной среды в прогнозном почасовом графике электропотребления осуществляется в том случае, если промышленное предприятие осуществляет покупку электроэнергии на оптовом рынке.

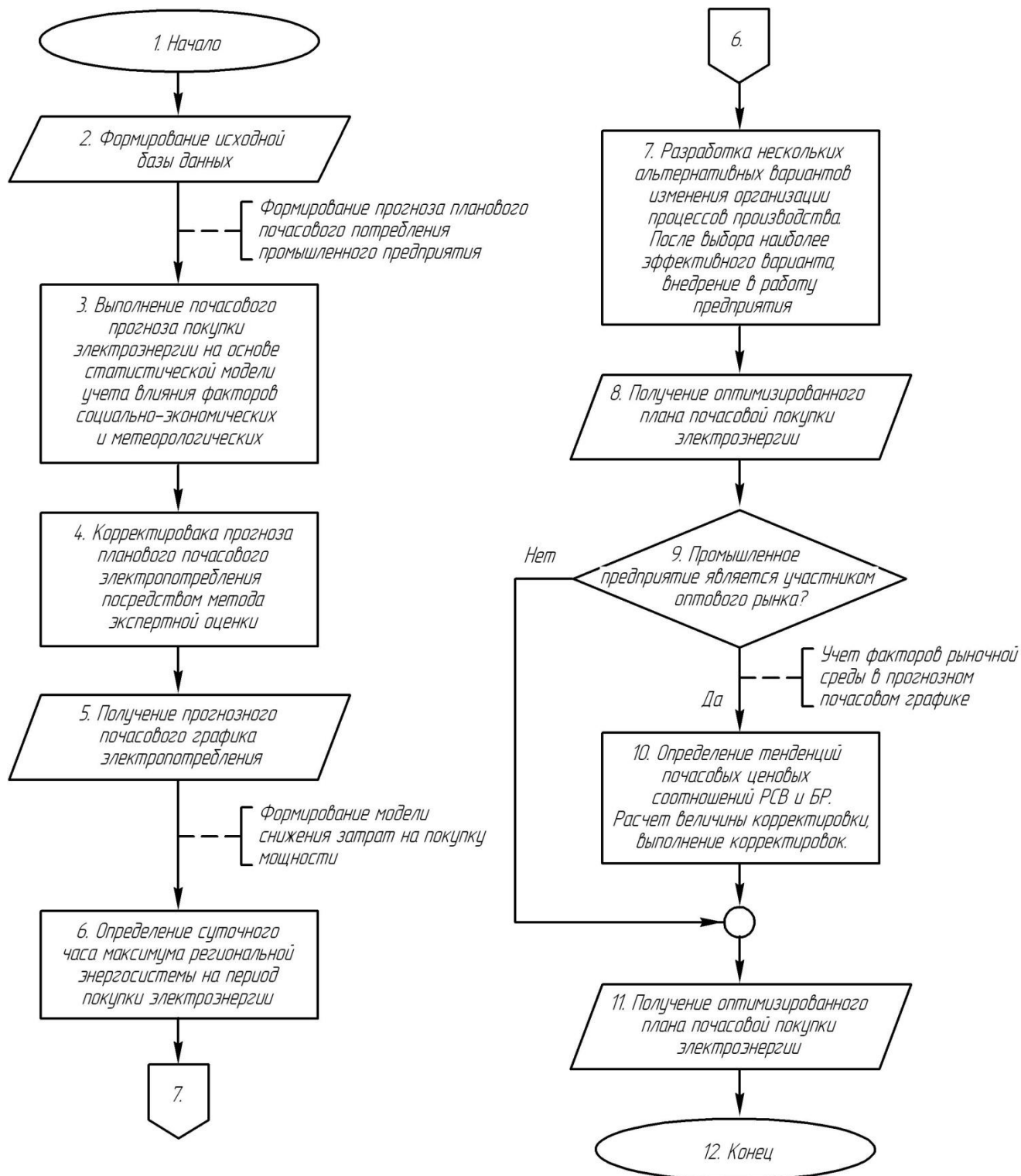


Рисунок 2 – Общий алгоритм построения модели управления затратами на покупку электроэнергии промышленными предприятиями

На основании представленного алгоритма приведем пример построения модели ежедневного управления затратами на электропотребление для промышленного предприятия, осуществляющего покупку электроэнергии на оптовом рынке на территории Свердловской области на 15 марта 2013 года.

На первом этапе производится прогноз планового почасового электропотребления для каждого крупного электропотребляющего объекта промышленного предприятия.

Общий объем электропотребления рассматриваемого предприятия условно можно разделить на два крупных электропотребляющих объекта:

- 1) цех с основным производственным оборудованием предприятия;
- 2) складской комплекс, транспортный комплекс, котельная предприятия, административно-хозяйственный комплекс, освещение территории предприятия.

Диаграммы почасового электропотребления двух представленных объектов потребления промышленного предприятия представлены на рисунках 3 и 4.

В качестве факторов, действующих на почасовое электропотребление промышленных предприятий, можно выделить:

- ✓ плановый объем загрузки производственных линий;
- ✓ продолжительность технологических циклов работы оборудования;
- ✓ изменение сортности обрабатываемого сырья;
- ✓ продолжительность рабочей смены.

Как видно из представленных графиков, характер электропотребления указанных объектов отличается не только объемами, но и особенностями формы, что объясняется различным составом электропотребляющего оборудования в общей структуре электропотребления. Таким образом, для первого объекта электропотребления основными действующими факторами будут являться плановые почасовые объемы загрузки основных производственных линий, для

второго объекта потребления – степень освещенности, долгота светового дня и производственный календарь административного персонала.



Рисунок 3 – Почасовой график электропотребления электропотребляющего объекта № 1

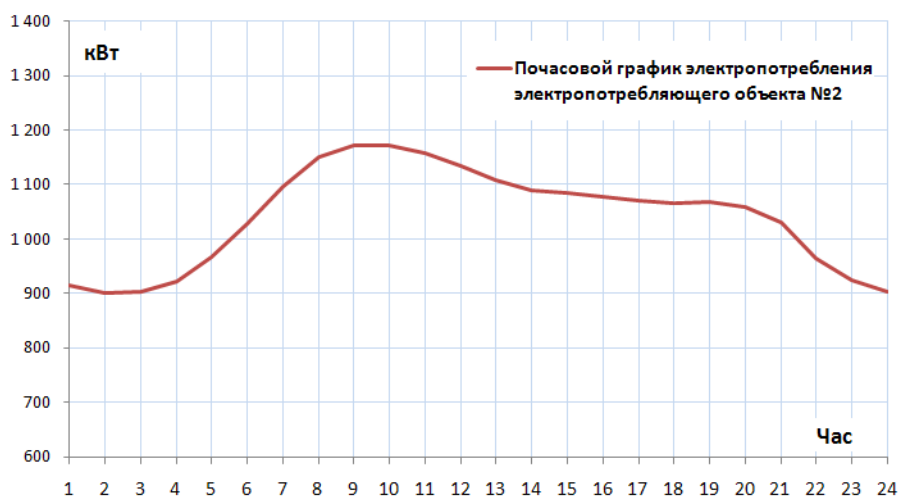


Рисунок 4 – Почасовой график электропотребления электропотребляющего объекта № 2

Прогноз электропотребления также производится в два основных этапа: учет факторов, влияющих на электропотребление, статистическим методом прогнозирования и учет факторов методом экспертной оценки.

Указанные два этапа производятся для каждого крупного электропотребляющего объекта.

В процессе уточнения прогнозного почасового графика электропотребления производится сбор и анализ исходной базы данных факторов,

влияющих на электропотребление. Определяются наиболее влияющие факторы, рассчитываются регрессионные коэффициенты прогнозной модели. После этого регрессионные коэффициенты применяются к плановым почасовым значениям показателей факторов.

По результатам формирования прогнозного почасового графика электропотребления на основе метода регрессионного анализа выполняется второй этап. На втором этапе формирования прогнозного почасового графика электропотребления производится уточнение факторов, влияющих на почасовой график электропотребления методом экспертной оценки.

Таким образом, указанные два этапа формирования прогнозного почасового графика электропотребления выполняются для всех крупных электропотребляющих объектов предприятия. После этого для целей формирования общего объема прогнозного почасового электропотребления предприятия производится почасовое сальдирование полученных прогнозных показателей отдельных объектов.

Результатом выполнения первого этапа формирования модели управления затратами на электропотребление промышленного предприятия является почасовой график электропотребления, плановая величина которого является максимально приближенной к фактическим данным.

На втором этапе формирования модели управления затратами на покупку электроэнергии промышленного предприятия осуществляется управление величиной покупаемой мощности.

Данный этап состоит из двух подэтапов. Первый подэтап состоит в прогнозировании часа суточного максимума региональной энергосистемы, в которой работает промышленное предприятие. Вторым подэтапом является разработка нескольких альтернативных вариантов изменения организации процессов производства промышленного предприятия на основе двух базовых критериев: максимальный экономический эффект и минимальные технологические затраты.



Для определения суточного максимума региональной энергосистемы требуется сформировать исходную базу регионального электропотребления. Также промышленные предприятия могут использовать не только базу чистого электропотребления региона, но и отдельную базу значений часов суточных максимумов региональных энергосистем.

Прогнозную оценку часов суточного максимума электропотребления региональной энергосистемы можно производить методом экстраполяции тенденций. Проведем сравнение диаграмм долей распределения часов максимума электропотребления региональной энергосистемы Свердловской области за февраль 2012 и 2013 годов (рисунок 5). Как видно из диаграмм, тенденция часов суточного максимума энергосистемы Свердловской области в феврале является достаточно явной, 80 – 90 % значений выпадает на 8-й и 9-й часы суточного графика. На основании этого можно строить прогноз часа суточного максимума региональной энергосистемы и на следующие месяцы.

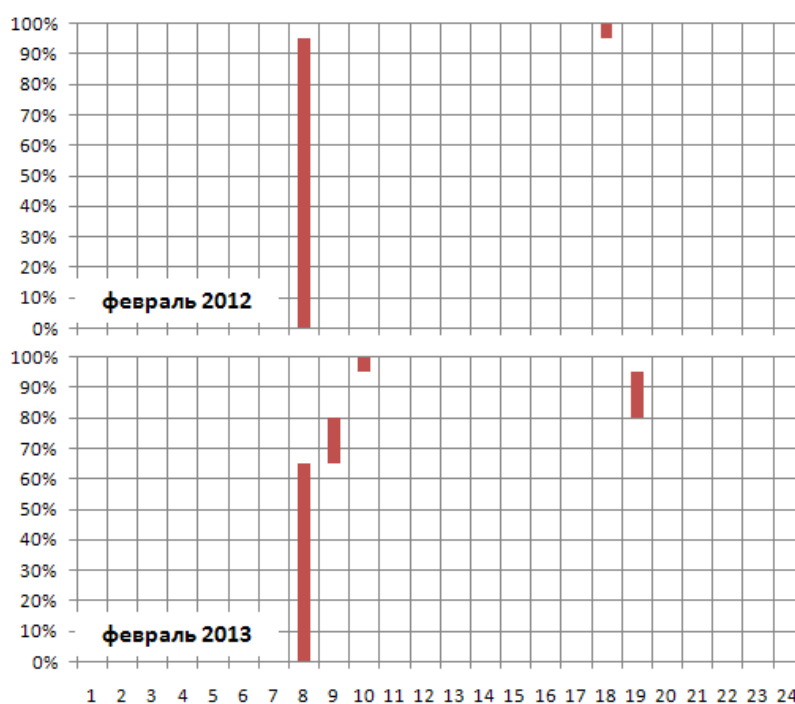


Рисунок 5 – Диаграмма долей распределения часов максимума электропотребления региональной энергосистемы Свердловской области в феврале 2012 и 2013 гг. (время московское)

На рисунке 6 представлена диаграмма долей распределения часов максимума электропотребления региональной энергосистемы Свердловской

области за март 2012 г. Как видно из диаграммы, величина суточного максимума электропотребления в 81 % случаев находится в 8-м часе. На основании этого прогноз часов суточного максимума региональной энергосистемы Свердловской области можно производить на основании экстраполяции выявленной тенденции. Таким образом, за прогнозное значение часа суточного максимума региональной энергосистемы примем 8-й час (время московское).

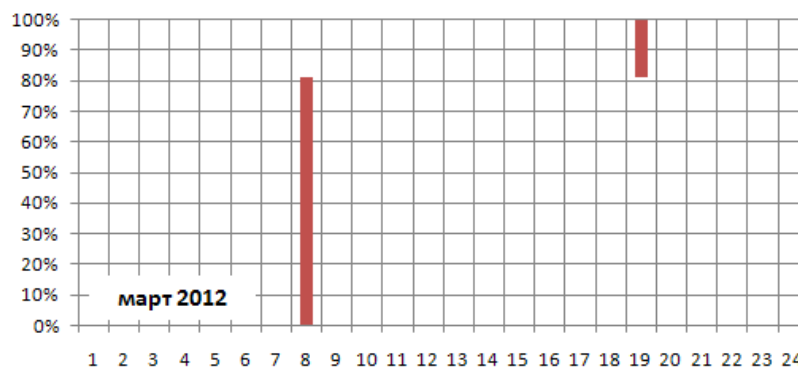


Рисунок 6 – Диаграмма долей распределения часов максимума электропотребления региональной энергосистемы Свердловской области в марте 2012 г. (время московское)

На основании выявленного прогнозного часа максимума региональной энергосистемы производится анализ прогнозного электропотребления рассматриваемого предприятия. В процессе анализа выявляются производственные объекты, влияющие на покупку мощности в выявленный час максимума энергосистемы. Далее разрабатываются несколько альтернативных вариантов изменения организации процессов производства для каждого объекта электропотребления, в нашем случае для производственных площадок № 1 и № 2.

Наиболее эффективные варианты изменения организации процессов производства определяются по критериям:

- 1) максимальный экономический эффект;
- 2) минимальные технологические затраты.

После выбора наиболее эффективных вариантов производственной программы согласно заданным критериям производится корректировка

производственной программы и прогнозных графиков электропотребления соответственно (рисунок 7).

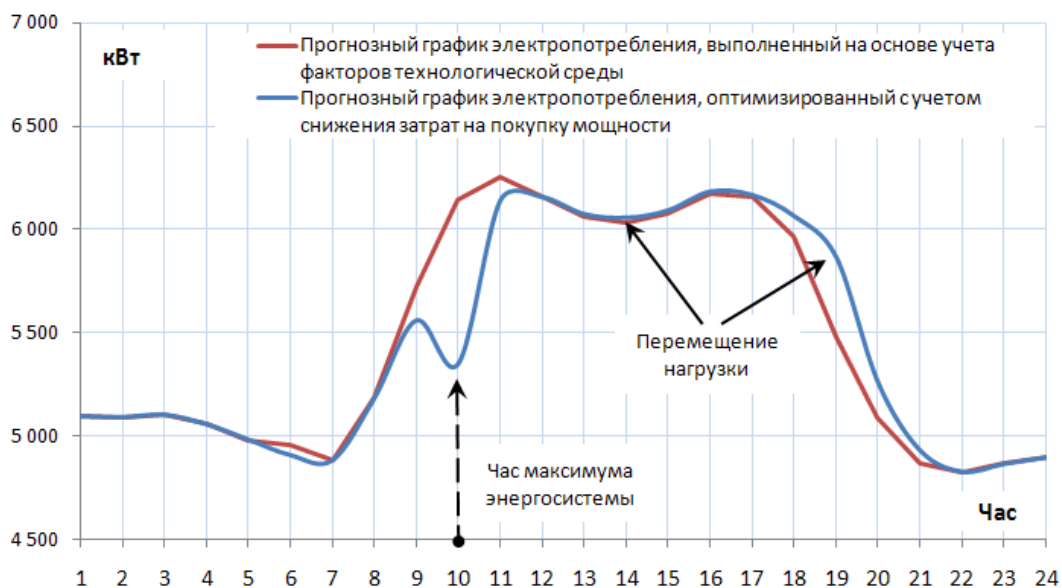


Рисунок 7 – Диаграмма почасового графика рассматриваемого промышленного предприятия до и после изменения производственной программы на 15 марта 2013 года (время местное)

Третьим этапом формирования модели управления затратами на покупку электроэнергии промышленным предприятием является выполнение ежедневной стратегии учета факторов рыночной среды в прогнозном графике электропотребления. Как было упомянуто ранее, стратегия учета факторов рыночной среды выполняется промышленными предприятиями, являющимися участниками оптового рынка электроэнергии.

Для учета факторов рыночной среды в прогнозном графике электропотребления необходимо использовать стратегию поведения, основанную на учете ценовых соотношений. Для реализации стратегии требуется сформировать базу данных ценовых индикаторов рынка на сутки вперед и балансирующего рынка для рассматриваемого промышленного предприятия и на ее основе выявить почасовые тенденции ценовых соотношений [4]. На основе данных базы ценовых соотношений выявляются почасовые тенденции ретроспективных периодов, на основании которых производится прогноз тенденций ценовых соотношений на прогнозный период.

Исходя из результатов выявленных часовых тенденций ценовых соотношений определяются направления корректировки прогнозного графика электропотребления, полученного по завершении второго этапа формирования модели управления затратами промышленного предприятия. После определения направлений корректировок производится выявление их величин на основании средних ошибок прогноза и коэффициента риска.

Результатом применения стратегии по учету факторов рыночной среды является почасовой график электропотребления (Рисунок 8). Данный график в составе ценовой заявки на плановое почасовое потребление направляется Администратору торговой системы для целей участия в конкурентном отборе.

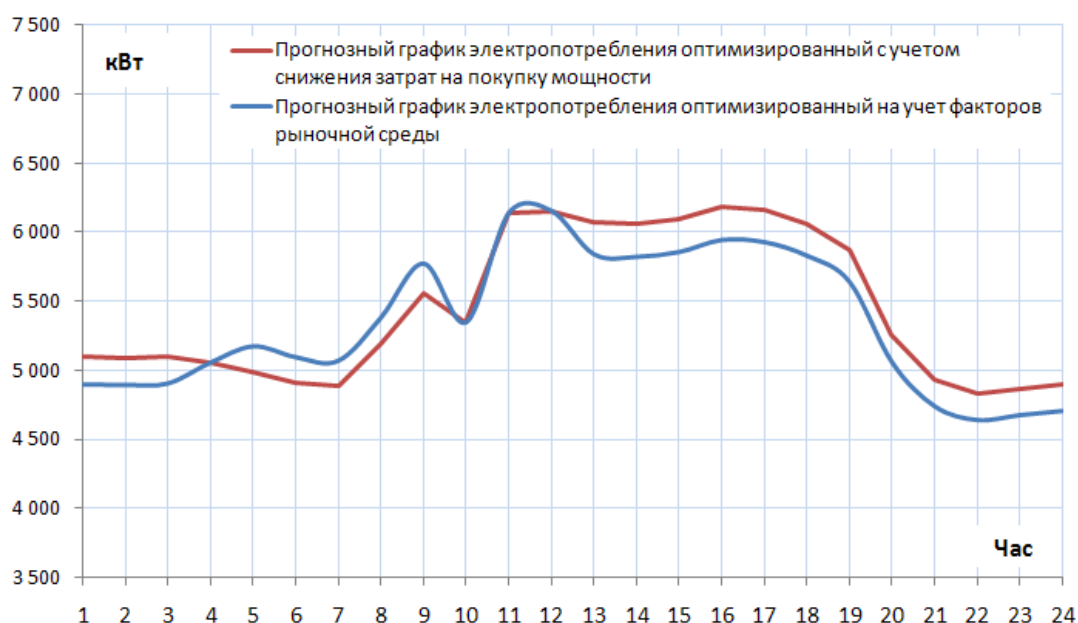


Рисунок 8 – Прогнозный график электропотребления рассматриваемого промышленного предприятия, оптимизированный на учет факторов рыночной среды

Результаты расчета экономического эффекта от применения модели управления затратами рассматриваемого промышленного предприятия сведем в общую таблицу (таблица 1).

Таблица 1

Результаты расчета экономического эффекта от применения модели управления  
затратами на электропотребление промышленного предприятия

	Тип модели	Показатели	Показатели до применения модели	Показатели после применения модели	Эффект за 2012 год
Снижение величин отклонений	Регрессионный анализ	Ошибка прогноза	15 %	7 %	7 %
		Сумма отклонений	6 458 МВт*ч в год.	3 013 МВт*ч в год.	3 445 МВт*ч в год.
		Величина штрафов	3 270 тыс. руб.	1 526 тыс. руб.	1 744 тыс. руб.
	Экспертная корректировка	Ошибка прогноза	7 %	5,5 %	1,5 %
		Сумма отклонений	3 013 МВт*ч в год.	2 368 МВт*ч в год.	645 МВт*ч в год.
		Величина штрафов	1 526 тыс. руб.	1 199 тыс. руб.	327 тыс. руб.
Снижение величины покупки мощности	Применение модели прогнозирования часа суточного максимума энергосистемы	Ошибка прогноза	5,5 %	5,5 %	5,5 %
		Величина покупки мощности	6 147 кВт в мес.	5 350 кВт в мес.	797 кВт в мес.
		Величина затрат на мощность	23 604 тыс. руб. в год	20 544 тыс. руб. в год	3 060 тыс. руб. в год
Снижение размеров штрафов	Применение стратегии поведения на основании учета ценовых соотношений	Ошибка прогноза	5,5 %	6,1 %	- 0,6 %
		Сумма отклонений	2 368 МВт*ч в год.	2 628 МВт*ч в год.	- 260 МВт*ч в год.
		Величина штрафов	1 199 тыс. руб.	971,2 тыс. руб.	227,8 тыс. руб.
Итого: экономический эффект для рассматриваемого промышленного предприятия за 2012 год					5 358,8 тыс. руб.

В таблице представлено поэтапное уточнение показателей прогнозного почасового графика электропотребления, влияющих на затраты участников до и после применения предложенных моделей. Эффект от сокращения затрат предприятия в результате применения моделей на покупку электрической энергии и мощности составил 5 358,8 тыс. руб. в год.

На рисунке 9 представлена диаграмма сравнения месячных величин среднегодовой ошибки прогноза и годовых величин штрафов балансирующего рынка при уточнении различных факторов: при среднеотраслевой величине ошибки прогноза промышленными предприятиями, при уточнении прогноза посредством регрессионного метода, при доуточнении прогноза посредством метода экспертной оценки и при реализации стратегии поведения на основе учета факторов рыночной среды. Как видно из диаграммы, при каждом этапе уточнения месячные величины штрафов промышленных предприятий снижаются. Как было отмечено ранее, при реализации стратегии поведения на основе учета факторов рыночной среды, несмотря на снижение затрат участников рынка, происходит возрастание среднемесячных величин ошибок прогноза.

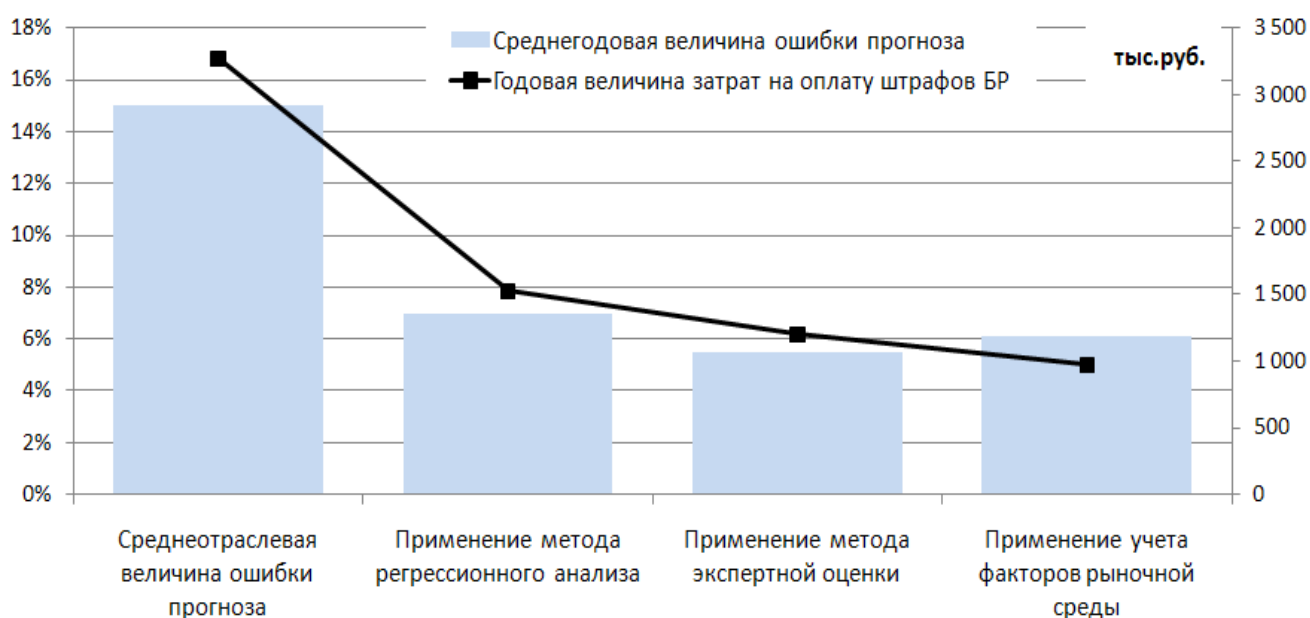


Рисунок 9 – Помесячные величины среднегодовой величины ошибки прогноза электропотребления и штрафов балансирующего рынка при уточнении различных факторов

На рисунке 10 представлена диаграмма общей структуры экономического эффекта от применения модели управления затратами на примере рассматриваемого промышленного предприятия. Как видно из диаграммы, основной долей в общей структуре снижения затрат является снижение оплаты за мощность, при том, что согласно диаграмме общей величины затрат промышленных предприятий на покупку электроэнергии величина затрат на покупку мощности составляет самую меньшую долю в общей величине затрат (22 %).

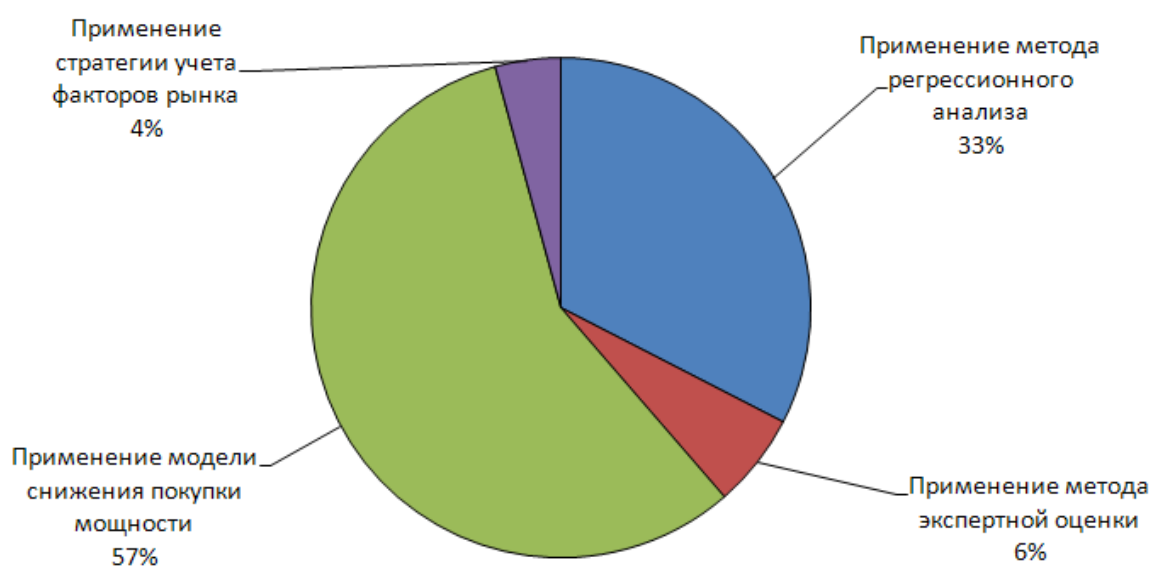


Рисунок 10 – Структура экономического эффекта от применения модели управления затратами промышленных предприятий

Также в результате управления объемами покупки мощности промышленными предприятиями производится выравнивание суточного графика электропотребления, что приводит к следующим эффектам для Единой энергетической системы:

- ✓ повышение пропускной способности региональных и межсистемных линий электропередач, приводящее к снижению затрат на инвестиционные программы по строительству и модернизации электросетевого комплекса;

- ✓ снижение объемов резервных мощностей в процессе планирования оперативных режимов работы электроэнергетических систем, приводящее к снижению стоимости выработки электроэнергии;
- ✓ повышение надежности функционирования объединенных энергетических систем и Единой энергетической системы;
- ✓ повышение надежности работы противоаварийной автоматики, приводящее к снижению затрат на ремонты и устранение аварий;
- ✓ повышение надежности и сроков эксплуатации высоковольтной коммутационной аппаратуры и трансформаторов, что также снижает затраты на ремонты и замену оборудования;
- ✓ повышение качества электроэнергии;
- ✓ развитие экономики регионов в части повышения доступности подключения к электрическим сетям;
- ✓ развитие промышленного производства.

Таким образом, эффект от применения предложенных моделей управления затратами на покупку электроэнергии промышленными предприятиями России проявляется не только для предприятий, применяющих данные модели, но и для всей электроэнергетической системы [2].

#### Библиографический список

1. Баев, И. А. Прогнозирование промышленного электропотребления в условиях волатильности ценовых сигналов / И. А. Баев, И. А. Соловьева, А. П. Дзюба // Экономика региона. – 2012. – № 4. – С. 109–116.
2. Гительман, Л. Д. Энергетический бизнес / Л. Д. Гительман, Б. Е. Ратников. – М. : Дело, 2006. – 599 с.
3. Надтока, И. И. Прогнозирование электропотребления с учетом температуры воздуха и естественной освещенности для региональных диспетчерских управлений / И. И. Надтока, А. В. Демура // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2012. – № 1.



4. Официальный сайт ОАО «Администратор торговой системы оптового рынка электроэнергии и мощности». – <http://www.atsenergo.ru/>.

5. Постановление Правительства РФ «Об утверждении Правил оптового рынка электрической энергии и мощности и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам организации функционирования оптового рынка электрической энергии и мощности» № 1172 от 27 декабря 2010 г. – [www.government.consultant.ru](http://www.government.consultant.ru).

6. Постановление Правительства РФ «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии» № 442 от 04 мая 2012 года. – [www.government.consultant.ru/](http://www.government.consultant.ru/).

7. Приложение № 13.2 к договору о присоединении к торговой системе оптового рынка. Регламент определения объемов покупки и продажи мощности на оптовом рынке. Утвержден НС НП «АТС» 30 августа 2010 года с изменениями НС НП «СР» от 17 марта 2014 года. – [www.np-sr.ru](http://www.np-sr.ru).

8. Соловьева, И. А. Показатели рыночной среды в прогнозировании электропотребления / И. А. Соловьева, А. П. Дзюба // Вестник Южно-Уральского государственного университета. – 2013. – № 3. – С. 47–57.

9. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 № 261-ФЗ. – [www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_132068](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_132068).

# THE EFFECTIVE MANAGEMENT OF EXPENSES FOR PURCHASE OF ELECTRIC POWER FOR INDUSTRIAL ENTERPRISE

*Baev I. A.*

*doctor of Economics, Professor, Dean of the faculty «Economy and management»*

*South Ural state University*

*e-mail: baev econom.susu.ac.ru*

*Solovieva I. A.*

*Ph. D. associate Professor of the Department «Economy and Finance»*

*South Ural state University*

*e-mail: dubskih@mail.ru*

*Dzyuba A. P.*

*Applicant for the Department of "Economics and Finance"*

*South Ural state University*

*e-mail: dzyuba-a@yandex.ru*

***Abstract.** The article is devoted to the description of the model management costs electricity consumption by industrial enterprises of Russia engaged in the purchase of electricity in the wholesale and retail electricity markets. Presented in this article the model of management costs electricity consumption by industrial enterprises, based on the reduction of expenses on purchase of electricity and in the purchase power. The article contains General algorithm of forming a model of cost management on power consumption, rough-cut example of the basic stages for real industrial enterprises, as well as evaluating the economic benefit of application of the proposed model.*

***Keywords:** power consumption, cost management, forecasting, modeling, industry, energy efficiency.*