

УДК 338.5:621.311:658.58

ББК 65.305.142-801.8

Секретарев Юрий Анатольевич,
doctor of technical sciences,
professor of the department
of the enterprises' electric power supply systems
of Novosibirsk State Technical University,
Novosibirsk,
e-mail: sekretarevua@mail.ru

Moshkin Boris Nikolaevich,
candidate of technical sciences, associate professor
of the department of industrial management
and economics of power engineering
of Novosibirsk State Technical University,
Novosibirsk,
e-mail: bmoshkin@yandex.ru

Mechtiev Ali Dzhavanshirovich,
candidate of technical sciences, associate professor,
head of the department of communication technology
and system of Karaganda State Technical University,
Karaganda (Republic of Kazakhstan),
e-mail: barton.kz@mail.ru

Секретарев Юрий Анатольевич,
д-р техн. наук, профессор кафедры
систем электроснабжения предприятий
Новосибирского государственного
технического университета,
г. Новосибирск,
e-mail: sekretarevua@mail.ru

Мошкин Борис Николаевич,
канд. техн. наук, доцент кафедры
производственного менеджмента и экономики
энергетики Новосибирского государственного
технического университета,
г. Новосибирск,
e-mail: bmoshkin@yandex.ru

Мехтиев Али Джаванширович,
канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой технологии
и системы связи Карагандинского государственного
технического университета,
г. Караганда (Республика Казахстан),
e-mail: barton.kz@mail.ru

КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ СОСТАВЛЯЮЩИХ СЕБЕСТОИМОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ

CORRELATION-REGRESSION ANALYSIS OF COMPONENTS OF THE COST PRICE OF ENERGY PRODUCTION AT THERMAL POWER PLANTS

В статье рассмотрено использование корреляционно-регрессионного анализа составляющих затрат на производство тепловой и электрической энергии на теплоцентралях. Показано, что второй по важности после стоимости топлива составляющей в производстве энергии на станции являются ремонтные затраты, которые связаны с восстановительными процессами основного оборудования тепловых станций, а именно паровых котлов и паровых турбин. Приводятся доказательства того, что для поддержания нормального эксплуатационного состояния год от года требуются все большие затраты. Делается вывод о том, что создание оптимизационных моделей ремонтно-восстановительных процессов может дать существенное снижение себестоимости энергии на тепловых электростанциях.

The article examines using of correlation-regression analysis of the expenses components for production of thermal and electric power at the co-generation plants. It is demonstrated that expenses for repair are the second important component of power production besides the fuel costs, which are connected with rehabilitation of the master equipment of thermal power plants, namely the steam boilers and steam turbines. Keeping normal operating conditions year by year require more and more expenses. The conclusion is made that development of optimization models of the maintenance and repair processes can provide significant reduction of the power cost price at the thermal power plants.

Ключевые слова: издержки производства, ремонтно-восстановительные работы, оптимизационные модели, тепло-

вые станции, паровые котлы, паровые турбины, износ оборудования, себестоимость электрической энергии, себестоимость тепловой энергии, эффективность производства.

Keywords: production costs, maintenance and repair, optimization models, thermal stations, steam boilers, steam turbines. deterioration of equipment, the cost price of electric energy, thermal energy cost price, production efficiency.

Современное состояние энергетической отрасли характеризуется значительным износом оборудования [1] и снижением финансирования, связанного с поддержанием его в нормальном эксплуатационном состоянии. Это полностью относится и к основному оборудованию тепловых электрических станций. В настоящее время в Российской Федерации и Республике Казахстан более 90% всей электроэнергии вырабатывается тепловыми электростанциями. На этом фоне идет неуклонное снижение инвестиций в электроэнергетику, что приводит к дополнительному сокращению возможностей электроэнергетической отрасли в части строительства новых и замещения устаревших электроэнергетических объектов.

В процессе хозяйственной деятельности в результате комбинации факторов производства и взаимодействия между такими категориями, как цены, объемы производства и реализации продукции и различные виды издержек, формируется валовая прибыль предприятия как разница между ценой продукции и ее себестоимости. Следовательно, прибыльность бизнеса зависит от цены и себестоимости реализуемого продукта.

Реструктуризация энергетики направлена на создание конкурентного рынка в сфере производства и сбыта энергии. Поэтому повысить эффективность производства и получить конкурентные преимущества предприятие может за счет снижения производственных затрат (себестоимости).

Себестоимость продукции представляет собой выраженные в денежной форме затраты предприятия на потребленные в процессе изготовления этой продукции средства производства, заработную плату рабочих, управление и обслуживание производства, реализацию продукции и некоторые другие расходы. Себестоимость единицы произведенной продукции определяется как отношение затрат производства за определенный период времени (месяц, квартал, год) к количеству этой продукции. Учет себестоимости обусловлен необходимостью возмещения предприятием затрат производства и получения прибыли. Себестоимость продукции является одним из важнейших экономических показателей работы предприятия. В ней комплексно отражаются все основные факторы производственной деятельности: уровень производительности труда, экономичность расходования топлива, сырья, материалов и энергии, уровень использования производственных фондов, качество эксплуатации и организации производства.

Анализ себестоимости продукции направлен на выявление возможностей повышения эффективности использования материальных, трудовых и денежных ресурсов в процессе производства продукции. Изучение себестоимости продукции позволяет дать более правильную оценку уровню показателей прибыли и рентабельности, достигнутому на предприятии. В энергетике принята классификация затрат по статьям калькуляции: топливо на технологические цели, вода на технологические цели, основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих, отчисления на социальное страхование, расходы по содержанию и эксплуатации оборудования, цеховые и общезаводские расходы. Кроме того, в калькуляции определены как самостоятельная статья затраты на ремонт. По признаку зависимости от объема производства все затраты делятся на условно-постоянные и условно-переменные. Эта классификация служит для целей анализа. В ее основе лежит зависимость величин затрат от объема выпускаемой продукции. К условно-постоянным относится та часть затрат, которая практически не зависит от количества выпускаемой продукции. К условно-переменным относятся затраты, величина которых близка к пропорциональной зависимости от количества выпускаемой продукции. К последним относятся затраты на топливо и покупную воду, все остальные — к условно-постоянным.

Исходными материалами для составления калькуляции себестоимости продукции служат сметы затрат по основному производству, вспомогательным цехам и службам.

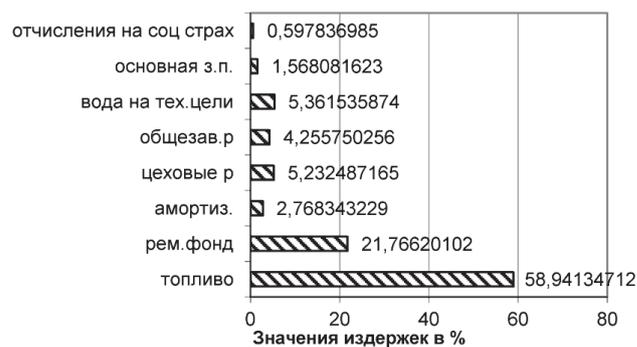
В работе анализ себестоимости проведен для двух станций — ТЭЦ-1 и ТЭЦ-3. Его целью являлось определение составляющих производственных затрат, в наибольшей степени влияющих на себестоимость продукции. Выбор данных станций не случаен. Коллектив ТЭЦ-1 недавно отметил пятидесятилетие станции. В большей части ее основное оборудование отработало положенный срок службы и значительно изношено, в то время как ТЭЦ-3 — сравнительно новая станция, ее оборудование еще не выработало нормативный ресурс. Сопоставление относительных значений составляющих затрат этих станций позволяет определить среднюю величину вклада каждой из составляющих и предположить, что аналогичная картина будет соблюдаться и для других ТЭЦ.

Для определения степени влияния различных статей калькуляции на себестоимость продукции в работе использовались два метода — корреляционно-регрессионный анализ и метод цепной подстановки. Исходной информацией служила статистическая информация калькуляции себестоимости электрической и тепловой энергии.

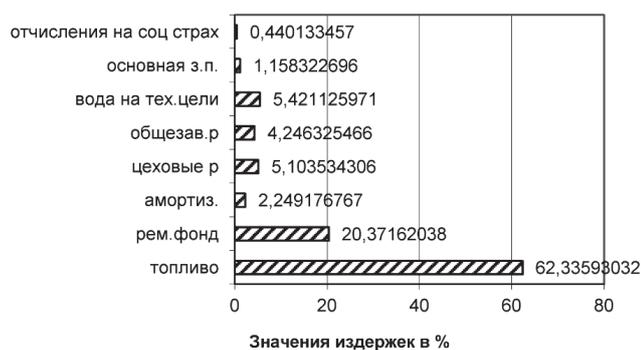
Себестоимость определялась как сумма затрат на топливо, ремонты, амортизацию, заработную плату и отчисления, воду на технологические цели, общезаводские и цеховые расходы. Поэтому связь между результирующим признаком (себестоимость) и факторными признаками (калькуляционные статьи) прямая.

И корреляционно-регрессионный анализ, и метод цепной подстановки дают схожие результаты: порядка 95% вариации себестоимости объясняется вариациями топливной составляющей. Эта величина возрастает до 99,7% при учете вариации ремонтного фонда и амортизационных отчислений для ТЭЦ-3 и до 99,5% при учете ремонтного фонда и затрат на воду на технологические цели для ТЭЦ-1. Таким образом, всего 0,5% вариации себестоимости определяется общей суммой всех других калькуляционных статей. На рис. 1 и 2 показаны средние за ряд лет относительные значения вклада каждой калькуляционной статьи в себестоимость продукции ТЭЦ-1 и ТЭЦ-3 соответственно. Затраты на топливо, безусловно, лидируют по своему влиянию и составляют 60—70% от совокупных затрат станций. На втором и третьем местах по значимости для ТЭЦ-1 стоят ремонтные затраты и затраты на воду на технологические цели. Для ТЭЦ-3 это амортизационные отчисления и расходы на ремонт. Причем если доли ремонтного фонда и амортизационных отчислений ТЭЦ-3 примерно одинаковы (по 10%), то доля ремонтных затрат ТЭЦ-1 — более 20%, а затраты на техническую воду — лишь 5%. Незначительность амортизационных отчислений ТЭЦ-1 объясняется тем, что большая часть основных средств работает сверх нормативного срока службы. Третья позиция статьи «Затраты на воду на технологические цели» связана со спецификой водоснабжения ТЭЦ-1, которая не имеет собственного водозабора, из-за чего администрация станции вынуждена покупать воду у посредника. В типичной ситуации эта статья затрат незначительна, следовательно, на третьем месте по величине будет статья «Цеховые расходы».

Таким образом, три калькуляционные статьи составляют около 90% производственных затрат ТЭЦ, а их отклонения характеризуют практически 100% вариации себестоимости продукции. Для новых и относительно новых станций это топливная составляющая затрат, амортизация и ремонтный фонд. Для станций, основное оборудование которых отработало выше нормативного срока службы, основной вклад вносят затраты на топливо, ремонтный фонд и цеховые расходы.



а) Структура затрат на электрическую энергию ТЭЦ-1

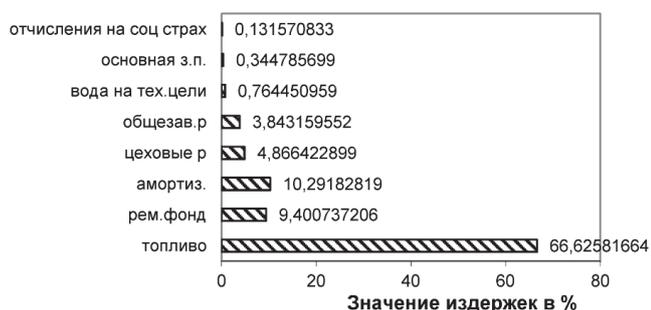


б) Структура затрат на тепловую энергию ТЭС-1

Рис. 1. Относительная величина вклада калькуляционных статей в себестоимость продукции ТЭС-1

Рассмотрим экономическое содержание основных элементов затрат на производство энергии и тепла ТЭС.

По статье «Топливо» учитывается стоимость топлива, сожженного в котлах для производства необходимого количества пара. При определении фактических затрат по топливу его расход принимается по данным оперативно-технического и бухгалтерского учета, а цена — с учетом затрат на его добычу, транспорт и поправок на качество. При планировании топливной составляющей затрат производства расход топлива определяется на основе энергобаланса станции, который рассчитывают исходя из плановых заданий станции на данный период времени по выработке электроэнергии и отпуску тепла потребителям.



а) Структура затрат на электрическую энергию ТЭС-3



б) Структура затрат на тепловую энергию ТЭС-3

Рис. 2. Относительная величина вклада калькуляционных статей в себестоимость продукции ТЭС-3

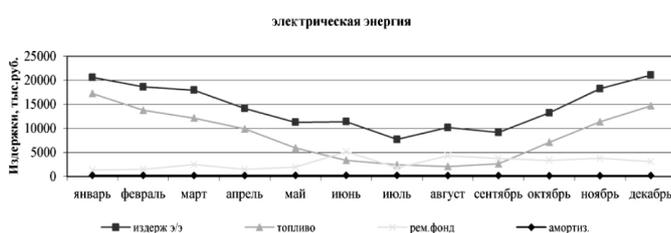
Статья «Затраты на ремонт» включает затраты на проведение ремонтов основных средств всех производствен-

ных цехов. К издержкам по этой статье относятся заработная плата рабочих, занятых на ремонте, затраты на приобретение необходимых материалов и запасных частей, стоимость услуг сторонних организаций и своих вспомогательных производств.

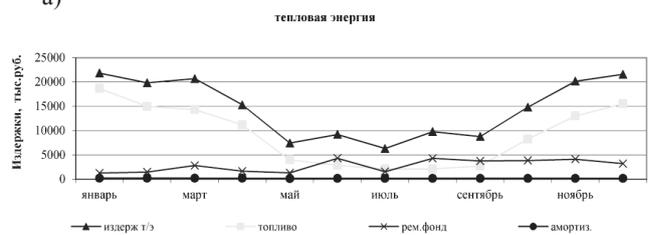
Статья «Амортизация» определяется величиной основных средств в текущем стоимостном выражении, а также сроком службы различных групп основных средств.

В состав статьи «Цеховые расходы» включают затраты по обслуживанию цехов и управлению ими (заработная плата и страховые взносы с заработной платы аппарата управления цехом, амортизация и затраты по содержанию и ремонту зданий и инвентаря общецехового назначения).

Статья «Вода на технологические цели» включает в себя затраты на воду, подпитку теплосети и плату за воду в бюджет. Необходимо заметить, что в разрезе года долевое участие отдельных составляющих производственных затрат меняется очень существенно (рис. 3, 4).



а)

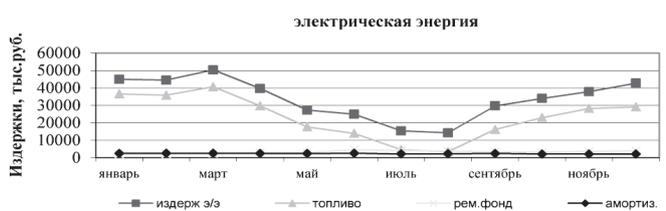


б)

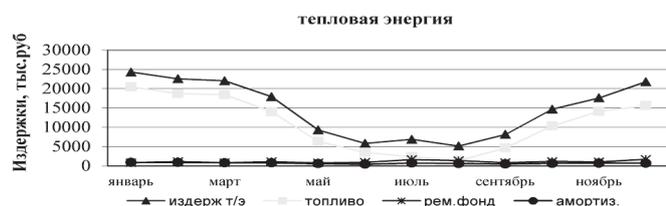
Рис. 3. Динамика некоторых составляющих производственных затрат ТЭС-1 в годовом разрезе

В первую очередь это касается условно-переменных затрат, напрямую зависящих от сезонного характера потребления электрической и тепловой энергии (топливная составляющая затрат меняется в два-три раза). Условно-постоянные затраты также подвержены колебаниям: ремонтные затраты заметно возрастают в летний период — основной период проведения капитальных ремонтов, когда происходит спад электрической и тепловой нагрузки. Флуктуации других составляющих условно-постоянных затрат объясняются в основном условиями финансирования.

Среднегодовая величина производственных затрат на ТЭС тоже нестабильна и во многом определяется положением в экономике. Например, в период спада наблюдается рост затрат на производство единицы продукции, что связано с изменением относительного уровня цен на используемые ресурсы и сокращением спроса на энергию. Наоборот, оживление экономической деятельности или стабильный рост экономики обычно сопровождаются увеличением энергопотребления и, как следствие, некоторым снижением себестоимости энергетической продукции. Практически синхронно изменяется и долевой вклад отдельных составляющих калькуляционных статей в себестоимость продукции.



а)



б)

Рис. 4. Динамика некоторых составляющих производственных затрат ТЭЦ-3 в годовом разрезе

Причины, по которым происходят изменения производственных затрат, можно разбить на две группы: зависящие и не зависящие от деятельности персонала станций. К первой группе относится практически все, что связано с организацией производственного процесса и технологией производства: уровень менеджмента, профессиональная подготовка персонала, используемая технология и т. п. Ко второй относятся так называемые внешние причины: цены на используемые ресурсы, законодательство и экономическая политика правительства и т. д. Внешние факторы с точки зрения станционного уровня являются неуправляемыми, то есть на них воздействовать нельзя. Что же касается внутренних факторов, то их относят к числу управляемых или, по крайней мере, частично управляемых менеджерами предприятия.

В рамках сравнительного анализа основных производственных затрат ТЭЦ решалась задача оценки существующего положения в производственно-хозяйственной сфере деятельности: качество планирования, степень использования ресурсов, а также выявление резервов для снижения затрат на производство единицы продукции.

Качество планирования оценивалось по величине отклонений плановых затрат от их фактических значений. Для этого рассчитывались относительные показатели реализации плана (ОПРП) как отношение фактических значений производственных затрат к их плановым значениям. Если величина ОПРП больше единицы, то это означает, что фактические показатели превышают плановые. При ОПРП меньше единицы — плановые превышают фактические. Значение ОПРП, равное единице, говорит о совпадении показателей.

Заметим, что для всех составляющих затрат на электроэнергию значения ОПРП имеют небольшой размах вариации и близки к единице. Это говорит о неплохом качестве планирования затрат на производство электрической энергии ТЭЦ.

Заметно иная картина имеет место для результатов планирования составляющих затрат на тепловую энергию. Аналогичные отклонения наблюдаются для всех состав-

ляющих производственных затрат на тепловую энергию ТЭЦ-3.

Графики ОПРП затрат на тепловую энергию для ТЭЦ-1 более ровные и, как правило, располагаются ниже линии плана.

Можно отметить более высокую точность прогноза всех производственных затрат на ТЭЦ-1 (в четыре-пять раз), что, безусловно, отражается на эффективности управления и приводит к снижению операционных расходов, связанных с обеспечением производства материальными и денежными ресурсами. В целом прослеживается тенденция повышения качества прогноза, хотя его нельзя считать удовлетворительным, в особенности по прогнозу затрат на тепловую энергию.

Отметим, что ТЭЦ-1 и ТЭЦ-3 имеют существенные различия по своим техническим характеристикам. Именно поэтому важен их сравнительный анализ по такому экономическому показателю, как себестоимость производства электрической и тепловой энергии, поскольку данный показатель характеризует практически все аспекты производственно-хозяйственной деятельности предприятия.

Величина затрат на выпуск 1 кВт·ч электроэнергии ТЭЦ-1 превышала аналогичную величину ТЭЦ-3 примерно на 30%, а себестоимость производства тепловой энергии на ТЭЦ-1 — на 20%.

Столь значительное расхождение величин затрат на выпуск единицы продукции объясняется технологическими особенностями станций: на ТЭЦ-3 установлено оборудование большей единичной мощности и, как следствие, более эффективное; большая величина износа основных средств ТЭЦ-1, а значит, достаточно малые амортизационные отчисления и повышенные затраты на ремонты.

Следует отметить, что себестоимость продукции на ТЭЦ на 60—70% складывается из затрат на топливо. Общие затраты на топливо зависят от его цены, удельного расхода на производство единицы энергии и выработки энергии. В свою очередь, удельный расход топлива определяется многими факторами: видом и качеством топлива, технологией его сжигания, единичной мощностью оборудования, его эксплуатационным состоянием, оптимальной степенью загрузки и рядом других факторов. При прочих равных условиях определяющими являются цена топлива (франко склад станции), а также степень эффективности эксплуатации оборудования станции. Вторым аспектом является одним из основных внутростанционных факторов экономии затрат по топливу и снижению себестоимости энергии на теплоэлектроцентрали [2]. Так, например, выработка электрической энергии ТЭЦ-1 возросла на 33%, ТЭЦ-3 — на 36%, что привело к снижению топливной составляющей на 13,3 и 6,8% соответственно. Заметно более существенное снижение топливной составляющей затрат на ТЭЦ-1 связано не только с возросшим спросом на энергетическую продукцию, но и с практическим использованием эксплуатационным персоналом станции результатов расчетов ее оптимальной загрузки по электрической мощности [3].

Тем не менее выигрыш от внутростанционной оптимизации режимов не может превалировать над выигрышем от технологического преимущества. В результате величина топливной составляющей, отнесенной на электрическую энергию, ТЭЦ-1 превышала аналогичную величину ТЭЦ-3 примерно на 19%. Величина топливной составляющей, отнесенной на тепловую энергию, ТЭЦ-1 превышала аналогичную величину ТЭЦ-3 на 8%.

Гораздо большее расхождение станции имеют по ремонтной составляющей себестоимости. В среднем затраты на ремонт основного оборудования по ТЭЦ-1 больше на 70%.

Основной причиной такого различия служит изношенность основных средств ТЭЦ-1 (98%) и, как следствие, потребность в больших средствах для поддержания генерирующих мощностей в удовлетворительном состоянии. Кроме того, снижение платежной дисциплины потребителей приводит к задержке денежных поступлений на счета энергокомпании и невозможности оплатить своевременную поставку запасных частей, что увеличивает продолжительность простоя оборудования в ремонте, а значит, и затраты. Это не означает исчерпания резервов по снижению ремонтной составляющей себестоимости. Наибольший потенциал здесь видится в совершенствовании организации управления ремонтами, что подробно рассмотрено в [4].

Что же касается амортизационной составляющей затрат, то ее величина на ТЭЦ-3, отнесенная на электрическую энергию, превышает аналогичную на ТЭЦ-1 в среднем в два раза, а по отнесенным на тепловую энергию — в три. Это, безусловно, отрицательный фактор для ТЭЦ-1 с точки зрения воспроизводства основных средств. Только переоценка основных средств может увеличить размер амортизационных отчислений, но это приведет к росту себестоимости производства и снижению конкурентоспособности станции.

Остальные составляющие производственных затрат

оказывают незначительное влияние на себестоимость продукции, и их сопоставление для нас не является информативным.

Выводы

1. Анализ себестоимости производства продукции на ТЭЦ показал, что три калькуляционные статьи составляют около 90% производственных затрат ТЭЦ, а их отклонения характеризуют практически 100% вариации себестоимости продукции. Для новых и относительно новых станций это топливная составляющая затрат, амортизация и ремонтный фонд. Для станций, основное оборудование которых отработало выше нормативного срока службы, — затраты на топливо, ремонтный фонд и цеховые расходы.

2. Причины, по которым происходят изменения производственных затрат, можно разбить на две группы: зависящие и не зависящие от деятельности персонала станций. Внешние факторы с точки зрения станционного уровня являются неуправляемыми, то есть на них воздействовать нельзя. Что же касается внутренних факторов, то их относят к числу управляемых или, по крайней мере, частично управляемых менеджерами предприятия.

3. Затраты на выпуск единицы продукции разными ТЭЦ заметно отличаются, что объясняется технологическими особенностями станций, величиной износа основных средств и, как следствие, увеличением ремонтной составляющей затрат, качеством планирования производственных затрат, а также различиями в эффективности эксплуатации энергооборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чернов С. С. Состояние энергосбережения и повышения энергетической эффективности в России // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2013. № 4 (25). С. 136—140.
2. Тупикина А. А. Механизмы реализации программ повышения энергетической эффективности // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2014. № 3 (28). С. 104—109.
3. Оптимизация режимов функционирования ТЭЦ как способ повышения энергетической эффективности / В. С. Карманов, Б. Н. Мошкин, Ю. А. Секретарев, Т. В. Чекалина, К. Н. Яковченко // Энергетика Татарстана. 2013. № 3. С. 61—67.
4. Секретарев Ю. А., Мошкин Б. Н. Модели управления ремонтно-восстановительными процессами на тепловых станциях // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2012. № 4 (21). С. 116—120.

REFERENCES

1. Chernov S. S. State of power saving and increasing the energy efficiency in Russia // Business. Education. Law. Bulletin of Volgograd Business Institute. 2013. № 4 (25). P. 136—140.
2. Tupikina A. A. Mechanisms for implementation of the energy efficiency increase programs // Business. Education. Law. Bulletin of Volgograd Business Institute. 2014. № 3 (28). P. 104—109.
3. Optimization of the thermal power station operation modes as a way of increasing power efficiency / V. S. Karmanov, B. N. Moshkin, Yu. A. Sekretarev, T. V. Chekalina, K. N. Yakovchenko // Power engineering of Tatarstan. 2013. № 3. P. 61—67.
4. Sekretarev Yu. A., Moshkin B. N. Management models of maintenance and repair processes at thermal stations // Business. Education. Law. Bulletin of Volgograd Business Institute. 2012. № 4 (21). P. 116—120.