

Информатика, вычислительная техника и управление

УДК 519.816

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ПРИМЕРЕ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Д.В. Иванова

Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

E-mail: darya.i@inbox.ru

***Аннотация.** Исследуется деятельность генерирующих предприятий не только в производственном, но и в экологическом аспекте, отражающем влияние энергетики на окружающую среду. Построена структурная модель регионального промышленного комплекса, демонстрирующая многочисленные связи предприятий энергосистемы с промышленными предприятиями городского округа Самара и Самарской области. Региональная энергетика требует рассмотрения деятельности в совокупности с этими производственно-экономическими системами. Разработан алгоритм работы системы поддержки принятия решений для функционирования энергосистемы во взаимосвязи с производственно-экономическими системами городского и областного уровней. Проведено математическое моделирование деятельности энергосистемы на основе производственных функций Кобба – Дугласа. Построена двухконтурная имитационная система управления, позволяющая исследовать пути повышения экономической и экологической эффективности функционирования энергосистемы. Проведен анализ сценариев поведения энергосистемы и ее влияния на экологию. Предложены рекомендации для использования как на уровне отрасли промышленности (региональная энергосистема), так и на общепромышленном уровне региона (региональный промышленный комплекс).*

***Ключевые слова:** эффективность, энергосистема, системный анализ, математическое моделирование, производственная функция, система управления.*

Процессы сжигания органического топлива, применяемые для получения тепловой энергии в энергетических установках, вносят существенный вклад в загрязнение атмосферы. Ежегодно предприятиями на десятки экологических мероприятий направляются миллионы рублей [1; 2].

Одной из важных задач предприятий энергетики является минимизация негативного воздействия энергосистем на окружающую среду. В связи с ужесточением экологической политики в РФ и существенной неопределенностью условий развития промышленности актуальным является анализ эффективности энергетических производств с учетом их производственно-экономических пока-

зателей и проводимых экологических мероприятий.

Объект управления «региональная энергосистема» может быть представлен в виде многоэлементной производственно-экономической системы с разветвленной сетью внутренних и внешних связей. В работе в качестве типового примера рассматривается коммерческая структура: филиал ПАО «Т плюс» в Самарской области, объединяющий крупные энергетические генерирующие объекты региона. На функционирование энергосистемы оказывают влияние результаты деятельности производственно-экономических систем промышленности города и региона, поведение ее внешнего окружения и взаимодействие с муниципальными образованияами и отраслями.

Теплоэнергетика как одна из отраслей промышленности входит в региональный промышленный комплекс (РПК) Самарской области, объединяющий все отрасли промышленности региона, в т. ч. основных потребителей продукции энергосистемы – предприятия химической, нефтехимической, металлургической, автомобильной и машиностроительной промышленности.

Энергосистема Самарской области включает в себя семь теплоэлектроцентралей и несколько мощных отопительных котельных, которые снабжают крупные города Самарской области – Самару, Тольятти, Сызрань, Новокуйбышевск – тепловой энергией и частично электрической, выработанной по теплофикационному циклу.

Изначально ТЭЦ строились на окраинах городов, в настоящее время они вошли в городскую черту всех городов области. Вредные выбросы энергетических предприятий оказывают влияние на экологию как городских округов, так и Самарской области.

Некоторые районы г.о. Самара, такие как Самарский и Куйбышевский, находятся на близком расстоянии от энергетических предприятий города Новокуйбышевска (5–15 км), значительно ухудшающих экологическую обстановку сразу в нескольких городах области [3, 4, 5].

Для оценки действительного негативного влияния энергетических производств на атмосферный воздух необходимо наблюдение за концентрацией вредных веществ в атмосфере, наиболее актуальным в силу расположения производственных мощностей является исследование промышленно-экономической системы (ПЭС) городского округа Самара [3, 4].

Для адекватного анализа теплоэнергетической системы (ТЭС) Самарской области ее функционирование необходимо рассматривать вместе с деятельностью связанных с ней систем. Функционирование регионального промышленного комплекса Самарской области на агрегированном уровне представлено в виде структуры на рис. 1.

В структурной модели выделены три производственно-экономические подсистемы: ПЭС города Самара, РПК Самарской области, ТЭС Самарской области, взаимосвязанные между собой:

- используемыми ресурсами – капитальными, трудовыми, топливными;
- результатами функционирования энергетических предприятий – тепловой и электрической энергией;
- результатами деятельности всех промышленных предприятий, включая и экологические – выбросы вредных веществ в окружающую среду;
- совместной инвестиционной деятельностью – финансированием экологических мероприятий по улучшению экологической обстановки в регионе.

Регион является поставщиком капитальных K и трудовых ресурсов L для

энергосистемы и ПЭС г.о. Самара, и механизмы его функционирования следует учитывать при системном анализе энергетических производств.

Энергетический комплекс входит в первую десятку отраслей по доле вклада в выпуск региональной продукции. Объем производимой энергосистемой продукции ежегодно составляет 5–7 % от объема промышленного производства Самарской области. Электроэнергия в объеме Y_e поставляется на общероссийский рынок сбыта, и результат ее реализации в виде экономического дохода становится частью валового регионального продукта H . Вырабатываемая энергосистемой тепловая энергия Y_t поставляется для города Самары и всего региона. От состояния регионального спроса на продукцию энергосистемы зависит нагрузка энергетических предприятий, спрос на энергоресурсы влияет на эффективность функционирования энергетики и, следовательно, на региональную экологическую эффективность [6].

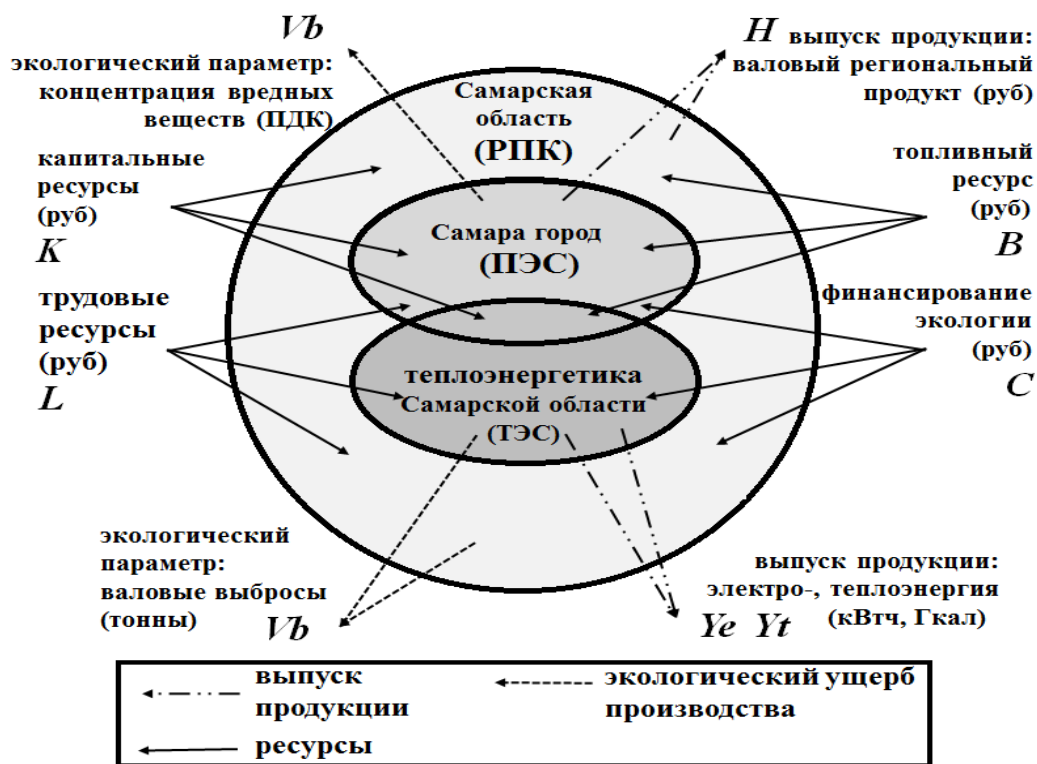


Рис. 1. Структурная модель регионального промышленного комплекса

При оценке влияния промышленности на экологию необходимо принимать во внимание экологический параметр V_b в виде величины валовых выбросов вредных веществ, измеряемый в тоннах вредных веществ, отходящих от промышленных установок в атмосферный воздух. Экологический параметр характеризует величину воздействия производственных предприятий на состояние атмосферного воздуха.

Для сокращения вредного влияния промышленных производств на окружающую среду ежегодно проводятся экологические мероприятия, которые финан-

сируются как самими отраслями промышленности, так и бюджетом города и региона. В качестве показателя финансирования экологических мероприятий *С* учтены инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей природной среды и рациональное использование природных ресурсов, включающие затраты на новое строительство, расширение, а также на реконструкцию и модернизацию объектов, которые приводят к увеличению экологической эффективности функционирования региона.

Структурная модель регионального промышленного комплекса Самарской области, в которой РПК представлен в виде многоуровневой зависимой системы отраслей промышленности, энергетики и территориальных образований – регион, городской округ, позволила выделить важные характеристики функционирования промышленности отдельных уровней и взаимосвязи между ними.

В целях повышения экологической эффективности энергетических производств разработан алгоритм работы системы поддержки принятия решений для функционирования энергосистемы, изображенный на рис. 2 [8].

Согласно алгоритму, выработка решений для функционирования энергосистемы происходит в результате итерационного процесса, поскольку по входным параметрам – капитальным, трудовым, топливным ресурсам и инвестиционной составляющей, а также по выходным параметрам – произведенной тепловой и электрической энергии, экологическому параметру энергосистема связана с промышленно-экономической системой городского округа Самара и региональным промышленным комплексом Самарской области.

Алгоритм работы системы поддержки принятия решений для функционирования теплоэнергетической системы (ТЭС) реализуется последовательностью процессов, которые включают в себя следующие этапы:

- 1) определение цели и применяемых методов системного анализа;
- 2) сбор и статистический анализ характеристик и показателей функционирования производственно-экономических систем;
- 3) математическое моделирование протекающих процессов;
- 4) исследование свойств полученных моделей и конструирование на их основе системы управления производственно-экономическими объектами;
- 5) имитационное моделирование протекающих в системах управления процессов и построение прогнозов функционирования объекта управления.

Применение представленного алгоритма возможно для каждой из систем – РПК, ПЭС – в отдельности аналогично этапам алгоритма работы системы поддержки принятия решений для функционирования ТЭС.

В работах [8–13] исследованы вопросы целеполагания, определены методы исследования, исследован объект управления, структурированы его связи с другими системами, проведено математическое моделирование деятельности энергосистемы, РПК и ПЭС на основе производственных функций Кобба – Дугласа. В процессе исследования экологической эффективности энергетических производств использованы методы системного анализа, в том числе разработка математических моделей, адекватно описывающих многоплановую деятельность производственных комплексов. Описанные в алгоритме работы системы принятия решений процедуры позволили получить характеристики функционирования предприятий промышленности всех трех уровней, определяющие их влияние на экологию всего региона и отдельных его районов. Результаты расчетов сопоставлены со статистическими данными по Самарской области и городскому округу Самара.

В работах [8–10] подробно рассмотрены вопросы построения математических моделей в форме степенных производственных функций типа Кобба – Ду-гласа, приведены примеры идентификации их параметров по статистическим данным функционирования энергетической системы Самарской области. В моделях в качестве выходной величины принята величина выпускаемой продукции, а входными являются величины используемых материальных, трудовых и топливных ресурсов.

В общем виде производственные функции (ПФ) описаны уравнением

$$Y = f(X, Z), \quad (1)$$

где f – производственная функция, описывающая процесс преобразования входных величин X, Z в выходную величину системы Y .

Математические модели функционирования энергетической системы для экологического параметра V_b с входными воздействиями в виде выпуска продукции – суммарной энергии Y_s , электрической энергии Y_e и тепловой энергии Y_t и используемых ресурсов – величины финансирования экологии $C(t)$, основных фондов $K(t)$ приняли вид:

$$V_b = AY_s^\alpha C^\beta K^\gamma; \quad (2)$$

$$V_b = AY_e^\alpha C^\beta K^\gamma; \quad (3)$$

$$V_b = AY_t^\alpha C^\beta K^\gamma, \quad (4)$$

где A – масштабный коэффициент, характеризующий интегральную эффективность;

α, β и γ – коэффициенты эластичности по соответствующим входным воздействиям.

Коэффициенты построенных моделей A, α, β, γ идентифицировались методом наименьших квадратов (МНК) по статистическим данным функционирования самарской энергосистемы за 2001–2016 гг. [1; 2].

В основе метода МНК лежит минимизация квадратичного отклонения модельных зависимостей V_b от статистических данных V :

$$\sum_{t=1}^T \varepsilon_t^2 = \sum_{t=1}^T (V(t) - V_b(t))^2 \rightarrow \min, \quad (5)$$

где $\varepsilon(t) = V(t) - V_b(t)$ – невязка статистических и расчетных значений; $[t, T]$ – временной интервал статистической совокупности исходных данных.

Качество построенных моделей оценивалось по следующим критериям: коэффициенту детерминации R^2 , F -критерию Фишера, среднеквадратичному отклонению σ , t -критериям Стьюдента и критерию Дарбина – Уотсона DW [14; 15; 16].

Общее качество уравнений линейной регрессии оценивалось коэффициентом детерминации R^2 , который является квадратом коэффициента множественной корреляции:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T \varepsilon_t^2}{\sum_{t=1}^T (V - V_{cp})^2}, \quad (6)$$

где $V_{cp} = \frac{\sum_{t=1}^T V_t}{T}$. Коэффициент детерминации R^2 определяет аппроксимативные свойства модели, для хорошего качества уравнения регрессии коэффициент должен быть близок к единице.

Статистическая значимость коэффициента детерминации проверяется нулевой гипотезой для F -статистики Фишера:

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{T - n - 1}{n}. \quad (7)$$

Погрешность расчетов по моделям характеризовалась среднеквадратичной ошибкой σ :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T \varepsilon_t^2}{(T - 2) \sum_{t=1}^T (x_t - x_{cp})^2}}, \quad (8)$$

где $X_t = \{Y_\lambda(t), C(t), K(t)\}$ – текущее значение входных воздействий, $\lambda = s; e; t$;

$$X_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^M x_i(t)}{M} \text{ – среднее значение входных воздействий;}$$

M – количество входных воздействий, $i = 1, 2, \dots, M$.

Оценка статистической значимости коэффициентов регрессионного уравнения проводилась на основе расчета t -статистики. Полагалось, что величины ошибок ε_t , меры разброса зависимой переменной относительно линии регрессии имеют распределение Стьюдента с $(T - n - 1)$ степенями свободы, где T – число наблюдений, $T \geq n + 1$, n – число коэффициентов множественной линейной регрессии. Если число степеней свободы не менее 8–10, то при 5%-м уровне значимости и двусторонней альтернативной гипотезе критическое значение t -статистики равняется практически двум. Если $t \in [2; 3]$, то значения коэффициента признаются весьма значимыми. Если t -статистика по модулю меньше единицы, то значение полученного коэффициента является малозначимым.

Для анализа независимости отклонений фактических данных и расчетных по модели применяют статистику Дарбина – Уотсона:

$$DW = \frac{\sum_{t=1}^{T-1} (\varepsilon_t - \varepsilon_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^T \varepsilon_t^2}. \quad (9)$$

Статистика Дарбина – Уотсона применяется для проверки гипотезы об отсутствии автокорреляции остатков ε_t первого порядка. Если статистика Дарбина – Уотсона близка к двум, то отклонения от регрессии считают случайными и автокорреляция остатков отсутствует. Это означает в целом высокое качество полученных уравнений, и построенные в этом случае модели обладают не только удовлетворительными аппроксимативными характеристиками, но и хорошими прогнозными свойствами.

Результаты идентификации параметров моделей (2), (3), (4) приведены в таблице. Значения коэффициентов детерминации R^2 свидетельствуют о достаточно хорошем качестве уравнений регрессии. Все оценки расчетов значимы по F -статистике. Согласно t -статистике значения полученных коэффициентов α , β , γ являются достаточно значимыми. Сопоставление модельных и статистических динамических характеристик производства приведены в относительных единицах на рис. 3.

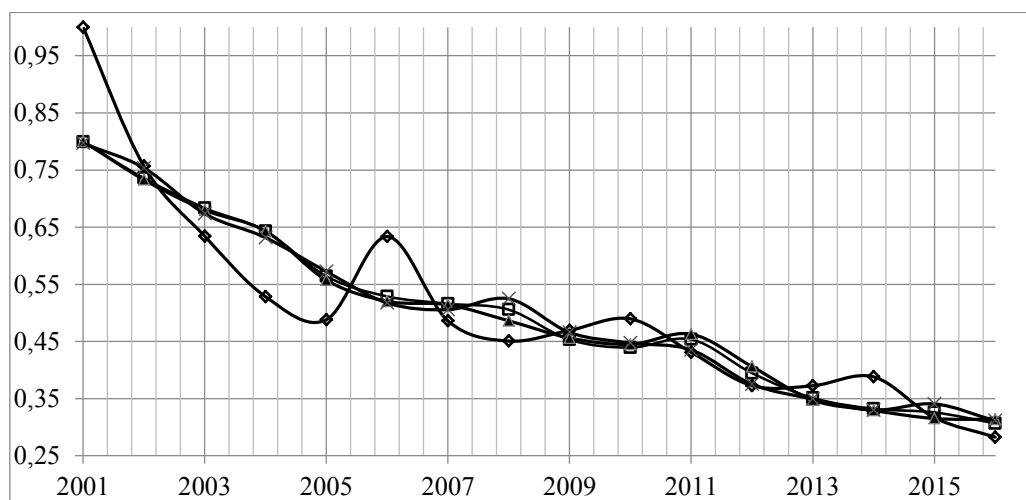


Рис. 3. Изменение экологического параметра в период 2001–2016 гг.: статистические данные V (◆), модельные данные V_b для ПФ с входным воздействием в виде выпуска суммарной энергии (■), электрической энергии (×), тепловой энергии (▲)

Значения параметров и показателей качества моделей (2), (3), (4)

Параметр	Модель (2)	Модель (3)	Модель (4)
A	0,41	0,36	0,41
α	1,36	0,77	1,33

Параметр	Модель (2)	Модель (3)	Модель (4)
β	-0,29	-0,26	-0,31
γ	-0,24	-0,46	-0,18
R^2	0,86	0,85	0,86
F	25,10	23,68	24,16
σ	0,13	0,13	0,13
t -критерий для А	-5,27	-9,04	-4,69
t -критерий для α	2,00	1,37	1,96
t -критерий для β	-2,63	-2,20	-2,74
t -критерий для γ	-0,84	-2,00	-0,56
DW	1,32	1,42	1,32

Анализ параметров моделей выявил, что экологический параметр V_b в виде величины выбросов наиболее чувствителен к изменению выпуска продукции ($\alpha_1=1,36$; $\alpha_2=0,77$; $\alpha_3=1,33$). Значения коэффициентов эластичности свидетельствуют о прогрессивном росте выбросов с увеличением производства любого вида энергии.

Согласно значениям коэффициента эластичности β имеющиеся финансовые вложения в экологию слабо влияют на величину вредных выбросов в атмосферу. Таким образом, улучшение экономической ситуации в регионе и рост выпуска суммарной энергии приводят к значительному увеличению величины выбросов вредных веществ, что отрицательно сказывается на экологии. Повышение нагрузки на энергосистему при имеющемся финансировании экологии неумолимо повлечет за собой ухудшение экологической ситуации как в городе Самаре, так и в области.

Полученные результаты позволяют применить сконструированные математические модели (2), (3), (4) в качестве имитационных для построения систем управления и определения необходимых объемов финансирования экологии.

Этап имитационного моделирования, представленный заключительным в алгоритме, позволяет строить прогнозы и исследовать механизмы улучшения экологической ситуации и повышения экономической эффективности энергетики [17–19].

На основе полученных в предыдущем этапе математических моделей представим имитационную двухконтурную систему управления энергосистемой Самарской области на рис. 4.

Во внутреннем контуре системы моделируется выработка продукции суммарной энергии $Y_s = Y_e + Y_t$ при использовании входящих ресурсов: объема основных фондов K , численности трудовых ресурсов L , количества топливных ресурсов B согласно исследованной в работе [10] трехфакторной математической модели вида

$$Y_s = AK^\alpha L^\beta B^\gamma. \quad (10)$$

Также в этом контуре моделируется накопление инвестиций на обновление

капитальных ресурсов K за счет ежегодной доли прибыли от выпуска продукции Y_s , s_I является управляющей величиной.

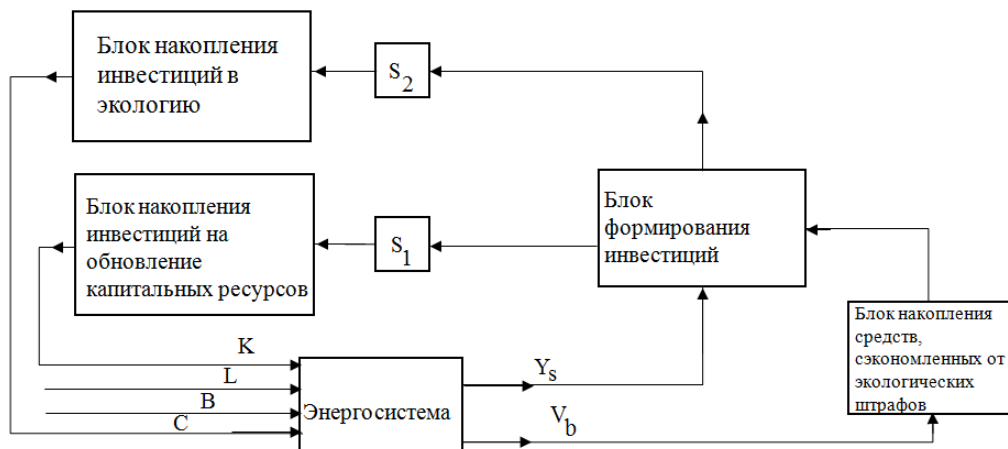


Рис. 4. Имитационная система управления энергосистемой Самарской области

Во внешнем контуре согласно построенной ранее трехфакторной математической модели (2) моделируется экологический параметр в зависимости от капитальных ресурсов, количества произведенной энергии и величины финансирования экологии. Управляющей величиной s_2 принята доля инвестиций в экологию, в зависимости от которых меняется и выходная характеристика V_b .

Таким образом, в системе управления в качестве управляющих переменных учтены относительная доля промышленных инвестиций s_1 на обновление капитальных ресурсов во внутреннем контуре системы и величина отчислений на экологические мероприятия s_2 во внешнем контуре системы.

Согласно алгоритму работы системы поддержки принятия решений, представленному на рис. 2, на этапе имитационного моделирования во внутреннем контуре на основе математической модели (10) и статистических данных функционирования энергосистемы при различных выбранных величинах управляющего воздействия s_I рассчитывались прогнозы по величине изменения основных фондов энергетики K и по выпуску суммарной энергии Y_s .

Полученные прогнозные значения по величине основных фондов и выпуску продукции далее используются для имитационного моделирования во внешнем контуре, моделирующем функционирование объекта в экологическом аспекте. В зависимости от прибыли энергосистемы за предыдущий год формируются инвестиции в экологию s_2 , которые являются управляющим воздействием во внешнем контуре. Для имитационного моделирования во внешнем контуре использовалась модель (2) и статистические данные функционирования энергосистемы.

Следует отметить, что построенные ранее модельные прогнозы поведения энергосистемы на 2016–2019 гг. на основе имитационной математической модели (2), (10) и статистических данных за 2001–2015 гг. не оправдываются в пол-

ной мере [10]. Установлено, что при величине отчислений на экологию не менее 5 % от прибыли энергосистемы за предыдущий год в региональной энергосистеме будет наблюдаться рост выпуска продукции на 3,5 %, незначительный рост (удорожание или замена оборудования на новое) основных фондов при одновременном уменьшении вредных выбросов в атмосферу на 8 %. Таким образом, будет повышена как экологическая, так и экономическая эффективность производства тепловой и электрической энергии. При этом полученные статистические данные за 2016 г. показывают, что по сравнению с 2015 г. величина валовых выбросов вредных веществ энергосистемой уменьшилась на 10,7 % при уменьшении величины выработки продукции на 4,95 %, что связано с уменьшением объема используемого топлива. Величина финансирования экологии все еще остается недостаточной. Необходимо либо кардинальное изменение величины инвестиций, либо изменение механизмов реализации экологических мероприятий.

Заключение

1. Построена структурная агрегированная модель регионального промышленного комплекса на примере Самарской области, рассмотрены вопросы использования основных ресурсов производственно-экономических систем и влияние их на экологические и экономические показатели функционирования энергосистемы.

2. Разработан алгоритм работы системы поддержки принятия решений для функционирования энергосистемы Самарской области с учетом показателей функционирования и проводимых экологических мероприятий.

3. Поставлена и решена задача математического моделирования деятельности энергосистем с помощью производственных функций. Анализ показателей эффективности энергосистемы, полученных в виде коэффициентов эластичности моделей, показал низкую эффективность финансирования экологии для снижения вредного влияния на окружающую среду.

4. Построена двухконтурная имитационная система управления энергосистемой, исследованы механизмы повышения экономической и экологической эффективности функционирования промышленности. Ретроспективный анализ известных прогнозов показал, что экологическая эффективность энергосистемы низка, увеличение производства тепловой и электрической энергии при имеющихся механизмах функционирования энергосистемы повлечет за собой ухудшение экологической ситуации как в городе Самаре, так и в области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Годовые отчеты Открытого акционерного общества «Волжская территориальная генерирующая компания» по результатам 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 финансового года. <http://www.myenergy.ru/>
2. Годовой отчет Публичного акционерного общества «Т плюс» по результатам деятельности за 2015, 2016 год. <http://www.tplusgroup.ru/org/ktk/ir/year-reports/>
3. *Лебедева Е.А.* Охрана воздушного бассейна от вредных технологических вентиляционных выбросов: учеб. пособие. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2009. – 196 с.
4. *Безуглая Э.Ю.* Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1986. – 116 с.
5. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10 января 2002 г.
6. *Дилигенский Н.В., Гаврилова А.А., Цапенко М.В.* Построение и идентификация математических моделей производственных функций. – Самара: Офорт, 2005. – 126 с.
7. *Ларин Е.А., Долотовский И.В., Долотовская Н.В.* Энергетический комплекс газоперерабатывающих предприятий. Системный анализ, моделирование, нормирование. – М.: Энергоатомиздат, 2008. – 440 с. ISBN 978-5-283-03274-0.

8. Гаврилова А.А., Салов А.Г., Иванова Д.В. Исследование экономических характеристик регионального промышленного комплекса методами статистического и модельного анализа. – М.: Научное обозрение, 2015. – № 15. – С. 327–333.
9. Гаврилова А.А., Салов А.Г., Иванова Д.В. «System Model Analysis of the Management Effectiveness of the Territorial Producing Company and Considering the Interrelations with the Macroevironment» 2016 2nd International-Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM).
10. Гаврилова А.А., Салов А.Г., Иванова Д.В. Система управления деятельностью региональной энергетики с учетом влияния на экологию. – Тольятти: Мат. XIV Международной науч.-практ. конф. «Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики», 2017. – С. 110–114.
11. Гаврилова А.А., Салов А.Г., Саксонова В.В., Иванова Д.В. Комплексный анализ и имитационное моделирование загрязнения атмосферного воздуха города Самары // Инфокоммуникационные технологии. – 2013. – Т. 12, № 2. – С. 50–54.
12. Гаврилова А.А., Салов А.Г., Иванова Д.В. Имитационное моделирование эффективности функционирования макроэкономического объекта по экологическому критерию // Инфокоммуникационные технологии. – 2015. – Т. 13, № 2. – С. 176–182.
13. Гаврилова А.А., Салов А.Г., Иванова Д.В. Комплексный анализ природоохранной деятельности промышленных систем регионального уровня // Промышленная энергетика. – 2014. – № 12. – С. 45–48.
14. Зоркальцев В.И. Метод наименьших квадратов: геометрические свойства, альтернативные подходы, приложения. – Новосибирск: Наука, 1995. – 220 с.
15. Диллигенский Н.В., Гаврилова А.А., Цапенко М.В. Построение и идентификация математических моделей производственных функций. – Самара: СамГТУ, 2005. – 126 с.
16. Замков О.О., Толстопятенко А.В., Черемных Ю.Н. Математические методы в экономике. – М.: МГУ, изд-во «ДИС», 1997. – 368 с.
17. Васильев С.Н. Моделирование и управление процессами регионального развития. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 432 с.
18. Имитационный подход к изучению больших систем энергетики. – Иркутск: СЭИ, 1986. – 171 с.
19. Диллигенский Н.В., Салов А.Г., Гаврилова А.А. Модельный анализ устойчивости региональной энергетической системы в условиях формирования рыночных отношений. – Казань: Тр. IX между. симпозиума «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение», ч. II, 2008. – С. 305–312.

Статья поступила в редакцию 13 сентября 2018 г.

SYSTEM ANALYSIS AND MODELING OF ENVIRONMENTAL EFFICIENCY OF REGIONAL POWER GRID: THE CASE OF SAMARA REGION

D.V. Ivanova

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

Abstract. Study of power grid activity has been mainstreamed not only in terms of productive, but also in environmental aspect, reflecting the impact of power grid on environmental. Analysis of infrastructural model of Samara region industrial system showed, that enterprises of power grid have multiple connections with industrial enterprises of Samara city and Samara region. This fact highlights the need for exploration of power grid activity in conjunction with this manufacturing and economic systems. A control algorithm for the activity of a regional power grid system of Samara in conjunction with region and city manufacturing and economic systems was developed. The mathematical modelling of power grid activity was carried out with the help of Cobb-Douglas production functions. Double loops simulation control system which allows to explore ways of enhancing the economic and environment efficiency of regional power grid has been built. Proposed scenarios of power grid functioning and their environmental impact were analyzed. Recommen-

dations on the management of activity of object could be applied on industry branch (region power grid) level as well as on industry region level (regional industrial complex).

Keywords: *efficiency, power grid system, system analysis, mathematical modeling, production function, control system.*

REFERENCES

1. The annual reports of Open Joint Stock Company «Volzhskaya territorial'naya generiruyushchaya kompaniya» for 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 financial years, <http://www.myenergy.ru/>.
2. The annual reports of Public Joint-Stock Company «T plus» for 2015, 2016 financial years, <http://www.tplusgroup.ru/org/ktk/ir/year-reports/>.
3. *Lebedeva E.A.* «Protection of atmospheric air against of harmful technological vent emissions». – Nizhny Novgorod: study guide, State Architectural and Engineering University NNGASU, 2009 – 196 p.
4. *Bezuglaya E.Y.* «Pollution monitoring from urban air». – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1986. – 116 p.
5. Federal law «On environmental protection» № 7-FZ 10.01.2002.
6. *Diligensky N.V., Gavrilova A.A., Tsapenko M.V.* «The development and identification of mathematical models of manufacturing functions». – Samara: Ofort Publishing House, 2005, p. 126.
7. *Larin E.A., Dolotovskij I.V., Dolotovskaya N.V.* «Fuel and eberg complex gazopererabatyvaiuschih predpriyatiei. Systemnyi analiz, modelirovanie, normirovanie». – Moscow: Energoatomizdat, 2008. – p. 440. ISBN 978-5-283-03274-0.
8. *Gavrilova A.A., Salov A.G., Ivanova D.V.* «A study of economic characteristics of a regional industrial complex by the methods of statistical and model analysis». – Moscow, Nauchnoe Obozrenie Journal, 2015. – Issue No. 15. – p. 327–333.
9. *Gavrilova A.A., Salov A.G., Ivanova D.V.* «System Model Analysis of the Management Effectiveness of the Territorial Producing Company and Considering the Interrelations with the Macro Environment». – Chelyabinsk: 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), 2016.
10. *Gavrilova A.A., Salov A.G., Ivanova D.V.* «Control system for regional power grid taking into account the influence on environment». – Togliatti: mat. XIV International scientifically-practical conference «Tatishchevskie chteniya: aktualnye problemy nauki i praktiki», 2017. – p. 110–114.
11. *Gavrilova A.A., Salov A.G., Saksonova V.V., Ivanova D.V.* «Complex analysis and simulation modelling of atmospheric air pollution in Samara city». – Samara: «Infokommunikacionnye tekhnologii» Science and Technology, Information and Analytical periodical, 2013. – Part 12, № 2. – p. 50–54.
12. *Gavrilova A.A., Salov A.G., Ivanova D.V.* «Simulation modelling of efficiency of macroeconomic subject activity on environmental criteria». – Samara: «Infokommunikacionnye tekhnologii» Science and Technology, Information and Analytical periodical, 2015. – Part 13, № 2. – p. 176–182.
13. *Gavrilova A.A., Salov A.G., Ivanova D.V.* «Complex analysis of environmental activity of regional industrial systems». – Samara: «Promyshlennaya ehnergetika» Science and Technology periodical, 2014. – Part № 12. – p. 45–48.
14. *Zorkalcev V.I.* «Least square method: geometric properties, alternative approaches, applications». – Novosibirsk: VO «Nauka», 1995. – 220 p.
15. *Diligensky N.V., Gavrilova A.A., Tsapenko M.V.* «Mathematical modeling and identification of production functions». – Samara: SamGTU, 2005. – 126 p.
16. *Zamkov O.O., Tolstopyatenko A.V., Cheremnyh Y.N.* «Mathematical methods in economic». – Moscow: MGU, publishing house «DIS», 1997. – 368 p.
17. *Vasilev S.N.* «Modeling and control of regional development processes». – Moscow: FIZMATLIT, 2001. – 432 p.
18. «Simulation approach to studying of large power grid systems». – Irkutsk: SEI, 1986. – 171 p.
19. *Diligensky N.V., Salov A.G., Gavrilova A.A.* «Model analysis of sustainability of regional power grid system in an emerging of market economy». – Kazan: materials of International Symposium on «Energy-resource effectiveness u energy conservation», Part II, 2008. – p. 305–312.