

двухступенчатом каскаде при соотношении Ж:Т = 2.

Таким образом, исходя из представленных данных, противоточная промывка железосодержащей фазы в двухступенчатом каскаде при Ж:Т равном 2 и 5 на первой и второй ступенях, соответственно, позволяет получить насыщенный раствор сульфата калия, и выделить кристаллический K_2SO_4 путем политермической кристаллизации.

Список использованных источников

1. Попов, В. В. Закономерности образования нанокристаллических окидов и оксигидроксидов железа (III) при окислении соединений железа (II) в щелочной среде / В. В. Попов, А. И. Горбунов // Журнал неорганической химии. – 2010. – Т. 55. – № 10. – С. 1597–1603.
2. Агафонов, Г. И. Универсальная гидротермальная технология синтеза красных железоксидных пигментов / Г. И. Агафонов [и др.] // Лакокрасочные материалы и их применение. – 1999. – № 7–8. – С. 41–46.
3. Исследование состава и свойств промежуточных и конечных продуктов в системе $FeSO_4-H_2SO_4-KOH-H_2O$. Научный рук. д. т. н., проф. Л. С. Ещенко, Магистрант И.У. Рахманов, студ. В. В. Климович, студ. Д.В. Гайдук //71-я научно-техническая конференция учащихся, студентов и магистрантов БГТУ, 20-25 апреля 2020 г., г. Минск, БГТУ, -221с.
4. Общие основы химической технологии. Польша, 1973. Пер. с польск. под ред. чл.-корр. АН СССР П.Г. Романкова и к. т. н. М.И. Курочкиной. Л., «Химия», 1977.

УДК 332.1; 519.2

Р. А. Жуков, Н. О. Козлова, М. А. Плинская, Д. В. Одиноква
Тульский филиал Финансового университета при
Правительстве Российской Федерации
Тула, Россия

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНОЙ
ПОДСИСТЕМЫ СОЦИО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЫ НА БАЗЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА
«ЭФРА»**

Аннотация. Представлены результаты оценки функционирования социальной подсистемы на базе построенной модели социо-эколого-экономической системы и авторской методологии с применением программного комплекса «ЭФРА» на примере регионов Центрального федерального округа Российской Федерации.

R.A. Zhukov, N.O. Kozlova, M.A. Plinskaya, D.V. Odinkova
Financial University under the Government of the Russian Federation (Tula Branch)
Tula, Russia

MODELING OF THE FUNCTIONING OF THE SOCIAL SUBSYSTEM OF THE SOCIO-ECOLOGICAL-ECONOMIC SYSTEM BASED ON THE EFRA SOFTWARE PACKAGE

Abstract. The results of the evaluation of the functioning of the social subsystem on the basis of the constructed model of the socio-ecological-economic system and the author's methodology using the EFRA software package on the example of the regions of the Central Federal District of the Russian Federation are presented.

Обеспечение устойчивого регионального развития является одним из приоритетов государства в обеспечении его экономической безопасности. Цель исследования моделирование функционирования социо-эколого-экономических систем на основе многоуровневого оптимизационного подхода в условиях неопределенности. Для достижения указанной цели были решены следующие задачи:

- усовершенствован подход к обоснованию выбора моделей для формирования нормативов в рамках методологического подхода к оценке результативности и эффективности управления устойчивым развитием сложных систем;

- проведена оценка динамики влияния факторов состояния и воздействия на показатели результативности функционирования регионов Центрального федерального округа;

- построены скорректированные модели состояния и функционирования сложных систем для регионов Центрального Федерального округа и Тульской области по данным 2007-2020 гг.

Социо-эколого-экономическая система (СЭЭС) рассматривается как многоуровневая структура с множеством внутриуровневых и межуровневых связей. Элементы одного уровня относятся к одной из подсистем уровня в рамках принятой классификации элементов. Классификация элементов на каждом уровне одинакова. Каждый из элементов (базовые элементы) характеризуется результативными (фактическими и нормативными (эталонными, ожидаемыми)) признаками (могут вычислены по производственной функции для

элементов и агрегированной производственной функции для подсистем [1]) и факторами (условиями функционирования и воздействия). Факторы могут характеризовать результаты функционирования других элементов подсистемы, в том числе другой, отличной от рассматриваемой подсистемы, или элементов, являющихся частью базового элемента [2].

Цель субъекта управления базового элемента или подсистемы – обеспечить достижение своих нормативных значений результативных признаков с заданной степенью точности за счет изменения значений контролируемых и управляемых факторов. Такие изменения будем называть оптимальными.

Поиск изменения факторов, при которых результаты функционирования СЭЭС, ее подсистемы и элементы будут соответствовать нормативным значениям на всех уровнях управления, является заключительным этапом многоуровневого оптимизационного подхода.

С целью разработки региональным органам управления предложений, направленных на обеспечение устойчивого развития Тульской области, было осуществлено моделирование ее функционирования. Область рассматривалась как социо-эколого-экономическая система. В результате моделирования были получены изменения факторов, позволяющих улучшить целевые индикаторы развития региона. В качестве таких индикаторов выступили значения частных и интегральных показателей результативности функционирования социальной, экологической и экономической подсистем СЭЭС. Для проведения расчетов был использован программный комплекс «ЭФРА» и его расширенный в рамках исследования модуль принятия решений [3].

На базе построенных моделей: нормативных моделей (по данным для совокупности регионов ЦФО) и моделей для Тульской области (по данным для региона) была решена задача многокритериальной оптимизации. В результате оптимизации социальной подсистемы для Тульской области (таблица 1) выявлены необходимые изменения результативных признаков для достижения устойчивого развития Тульской области в соответствии с общими тенденциями развития регионов ЦФО.

Таблица 1 – Изменения результативных признаков модели оптимизации социальной подсистемы для Тульской области по данным 2020 г.

Модель/ Тип модели	Значение признака		Прирост признака
	до оптимизации	после оптимизации	
ВРП на душу населения по ППС в долларах США, руб / mul	17280,389	17468,51	188,126
Ожидаемая продолжительность жизни при рождении, лет / lin	70,200	70,2	2,359E-06
Индекс образования / lin	0,959	0,965	0,006

Примечание: mul – степенная мультипликативная модель, lin – линейная модель

Так, значение ВРП на душу населения по ППС следует увеличить на 188,126 руб. и довести до уровня 17468,51 руб. Ожидаемая продолжительность жизни при рождении в соответствии с моделью оптимизации составила 70,2 года, что соответствует уровню до оптимизации. Индекс образования в Тульской области близок к оптимальному, отклонение составляет 0,006.

Среди значимых факторов, влияющих на социальную подсистему (таблица 2), выявлена необходимость в увеличении естественного прироста на 2,766 чел. на 1000 чел. населения, миграционного прироста на 1 человека на 1000 чел. населения, снижении числа зарегистрированных преступлений на 7,822 ед. на 100000 человек населения. Следует увеличить расходы консолидированного бюджета на душу населения на 101 тыс. руб. в год, что будет способствовать росту рождаемости, увеличению индекса образования, снижению преступности. Для обеспечения благоприятной среды обитания следует сократить уровень сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты на 221 тыс. м³.

Таблица 2 – Изменения факторных признаков модели оптимизации социальной подсистемы для Тульской области по данным 2020 г.

Фактор	Значение	Верхняя граница изменения фактора (+/-)	Изменение фактора
Инвестиции в основной капитал на душу населения по ППС в долларах США, млн руб.	3107,480	1631,249	-144,417
Расходы консолидированного бюджета (всего) на душу населения по ППС в долларах США, млн руб.	2,827	0,100	0,101
Реальные денежные доходы населения,	139,735	2,561	-7,005E-13

в процентах к 2007 году			
Расходы населения на здравоохранение в среднем на душу населения, скорректированные на уровень инфляции и приведенные к 2007 году, руб.	356,153	51,122	-35,373
Число зарегистрированных преступлений на 100 000 человек населения, ед.	893,798	7,822	-7,822
Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты, млн м ³	152	2	-0,221
Естественный прирост на 1000 чел. населения, чел.	-11,3	3	2,766
Миграционный прирост на 1000 чел. населения, чел.	-3	1	1

В результате оптимизации социальной подсистемы Тульской области выявлена необходимость снижения уровня инвестиций в основной капитал на душу населения на 144,417 млн руб., что может быть интерпретировано, с одной стороны, тем, что расширение производств является причиной увеличения уровня загрязнений окружающей среды, а с другой стороны, тем, что не все инвестиции приносят ожидаемый эффект, в том числе социальный.

Отдельно следует обратить внимание на тот факт, что по сравнению с оптимальным значением население Тульской области несет избыточные расходы на здравоохранение в среднем на 35,37 руб. на душу населения.

Результатами проведенного исследования являются:

- разработка подхода к обоснованию выбора моделей, используемых для формирования нормативов устойчивого развития социо-эколого-экономических систем;

- модель функционирования для регионов Центрального Федерального округа и Тульской области и алгоритм оптимизации управления на разных уровнях с использованием экономико-математических методов и моделей, разработанных авторами;

- сформулированы практические рекомендации для органов управления Тульской области в части обеспечения устойчивого развития региона.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы для анализа состояния и функционирования региональных социо-эколого-экономических систем, оценки эффективности управления, при принятии обоснованных управленческих решений, направленных на обеспечение устойчивого и

сбалансированного развития регионов.

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-28-20061, <https://rscf.ru/project/22-28-20061/> и Тульской области

Список использованных источников

1. Жуков Р.А., Козлова Н.О., Манохин Е.В., Плинская М.А. Построение агрегированной производственной функции с реализацией на примере регионов Центрального федерального округа // Бизнес-информатика. – 2022. – Т. 16. – № 3. – С. 7–23.

2. Жуков Р.А. Многоуровневый оптимизационный подход к управлению развитием иерархических социально-экономических систем / Р.А. Жуков // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3. Экономика. – 2020. – Т. 22. – № 3. – С. 17-29.

3. Жуков Р.А. Подход к оценке функционирования иерархических социально-экономических систем и принятию решений на базе программного комплекса «ЭФРА» // Бизнес-информатика. 2020. Т. 14. № 3. С. 82–95. DOI: 10.17323/2587-814X.2020.3.82.95.

УДК 621.396.6

В.Г. Макаров, С.В. Игнаев

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева
Казань, Россия

БАЛАНСИРОВКА ЭКСЦЕНТРИЧНОГО РОТОРА СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Аннотация. Рассматривается синхронный двигатель с эксцентричным ротором, который позволяет получить скорость вращения 6000 об/мин при питании от сети 50 Гц, что позволит увеличить производительность турбомеханизмов. Эксцентричный ротор приводит к возникновению биений на высоких скоростях. Рассматриваются способы балансировки ротора.

V.G. Makarov, S.V. Ignaev

Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev - KAI