

УДК 658.5.012.1

**ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ИЛИ
РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОИЗВОДСТВА****Василий Юрьевич Матвеев**

студент ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»,
начальник электрического цеха Томь-Усинской ГРЭС (АО «Кузбассэнерго»),
Россия, г. Мыски
MatveevVIu@sibgenco.ru

Алексей Викторович Щепетов

к.т.н., инженер по КИПиА Томь-Усинской ГРЭС (АО «Кузбассэнерго»),
Россия, г. Мыски
ShchepetovAV@sibgenco.ru

Аннотация

Рассмотрены вопросы модернизации технологии и реконструкции производства на основе экономико-математического моделирования процедур предельного перехода и анализа критериев, соответствующих структурно-параметрическим преобразованиям.

Ключевые слова: модернизация технологии, реконструкция производства, структурно-параметрическая адаптация, экономико-математическое моделирование, системный анализ, предельный переход.

**ECONOMIC-MATHEMATICAL MODELING FOR DECISION MAKING ON
TECHNOLOGY MODERNIZATION OR RECONSTRUCTION OF
MANUFACTURE****Vasiliy Yu. Matveev**

Kuzbass State Technical University
Tom-Usinskaya Power Electric Station, Russia
MatveevVIu@sibgenco.ru

Alexey V. Shchepetov

Candidate of Technical Sciences
Tom-Usinskaya Power Electric Station, Russia
ShchepetovAV@sibgenco.ru

ABSTRACT

The article deals with the issues of technology modernization and manufacture reconstruction based on economic-mathematical modeling of limit transition procedures and analysis of criteria corresponding to structural-parametric transformations.

Keywords: modernization of technology, reconstruction of manufacture, structurally-parametrical adaptation, economic-mathematical modeling, system analyzes, limit transition.

Промышленные предприятия в процессе функционирования подвергаются не только помехам и возмущениям, но и естественным процессам старения технологии, изменения ресурсной базы, изменения характеристик и режимов поставок энергоносителей. Кроме того, постоянно изменяется как среда реализации выходных продуктов, так и экономические характеристики взаимодействия предприятия с внешней средой. Перечисленные факторы и параметры определяют предприятие как систему со своими элементами, связями и границами, определяют и её место в системе более высокого порядка.

Считая, что глобальной целью производственной системы является максимизация времени жизненного цикла при условии выполнения в процессе жизненного цикла заданных ограничений и условий функционирования, задачей системы управления является поиск таких управленческих воздействий на структуру и параметры системы (промышленного предприятия), которые обеспечили бы максимальное время жизненного цикла. В общем случае управленческие воздействия могут быть направлены на изменение структуры управляемой системы и на параметры как системы в целом, так и отдельных ее элементов. Очевидно, что данные управленческие воздействия должны адаптировать состав, структуру и связи промышленного предприятия, компенсировать или снижать отрицательные воздействия внешней среды и внутренних изменений [1].

Практически, при неизменной номенклатуре выходных продуктов адаптация может выполняться в двух направлениях:

- в параметрическом (модернизация технологии), при котором изменяются параметры технологии, технико-экономические характеристики агрегатов, настройки технологических режимов, параметры энергетических и материальных ресурсов;

- в структурном (реконструкция производства), при котором изменяется структура производства за счет введения новых или исключения действующих технологических агрегатов, за счет изменения структуры транспортных операций, при введении новых технологических маршрутов, при изменении структур планирования и управления.

Эти направления связаны между собой – изменение структуры производства вызывает изменение параметров технологических и транспортных операций, технологических карт и инструкций. Мера качества структурной и параметрической адаптации производства определяется набором и значениями критериев, оценивающих их внутреннюю организационно-экономическую эффективность, потребительские свойства и эффективность рыночной реализации.

Наиболее рациональным способом выработки и реализации управленческих воздействий, направленных на структурно-параметрическую адаптацию производства (модернизацию и/или реконструкцию), является экономико-математическое моделирование этих процессов и прогнозирование ожидаемых результатов. Кроме того, наибольшую сложность в формальном описании изложенных процессов, представляет

увязка относительно простых частных моделей и соотношений в общую модель, адекватную реальным процессам.

Проведенный анализ известных экономико-математических моделей показал, что наиболее приемлемой является модель Беллмана (M) [2], определяемая формализуемым набором элементов, условий функционирования и связей между ними, правилами выбора параметрических изменений на основе предварительно сформулированной функции полезности

$$M = \{X, Y, [Y_x \subset Y, x \in X], Q(X | X \times Y), w(X \times Y)\}, \quad (1)$$

где X – множество состояний; Y – множество управляющих альтернатив; $[Y_x \subset Y, x \in X]$ – ограничения на допустимость управленческих альтернатив в зависимости от состояния; $Q(X | X \times Y)$ – функция, определяющая одношаговые переходы на множестве состояний в зависимости от управлений; $w(X \times Y)$ – функция полезности, представляющая априорные предпочтения на управлениях $y \in Y$ в соответствии с условием

$$(y' > y) \leftrightarrow [w(x, y') > w(x, y)],$$

которая устанавливает и классифицирует по полезности соответствие состояний и управленческих воздействий.

В рамках модели такой структуры проблема всесторонне исследована под различными названиями: «марковские процессы принятия решений», «динамическое программирование», «управляемые марковские процессы», «стохастическое оптимальное управление» и др. Однако, несмотря на известную универсальность этой модели, непосредственное ее применение в задачах определения системной живучести [3], структурно-параметрической адаптации [4], максимизации времени жизненного цикла [5] и других экономико-математических задачах требует ее существенной доработки. Доработка касается, прежде всего, введения и формального представления набора критериев $G(\cdot)$ и описания структуры производства $S(s, M_s, I_s)$ с материальными M_s и информационными связями I_s . Поэтому, модель (1), в части структурно-параметрического представления для задач модернизации технологии и реконструкции производства должна иметь вид

$$M = \{X, Y, [\cdot], Q(\cdot), w(\cdot), S(s, M_s, I_s) | G(\cdot)\}, \quad (2)$$

который учитывает состояние управляемой системы в сопоставлении с критериями $G(\cdot)$. В свою очередь, система критериев $G(\cdot)$ должна учитывать диапазоны допустимых параметрических изменений, связывать их с экономическими параметрами $\mathcal{E}(\cdot)$, на основе которых оценивается эффективность функционирования промышленного предприятия. Считая, что экономическая эффективность адаптации является определяющей

$$\mathcal{E}(\cdot) = f[M, Q(\cdot)]$$

модель становится неявной относительно $Q(\cdot)$. Аналитическое решение такой модели затруднительно, поэтому представляется возможным решение методами последовательной линеаризации. В качестве исходного управления задается описание (2). Из допустимых технологических и экономических переменных формируются начальные условия, и выполняется предварительный расчет параметров элементов, ресурсных ограничений, уравнений преобразований, которые соответствуют «свободному движению», то есть функционированию производства без помех и возмущений. Далее подбираются такие значения $Q(q_1, q_2, \dots, q_n)$, которые соответствуют (2). Вектор $Q(q_1, q_2, \dots, q_n)$ представляет собой «траекторию технологии» – вектор технологических операций, описывающий прохождение технологии по агрегатам.

Помехи и возмущения, действующие на производство, пересчитываются в их организационные, технологические и экономические эффекты – в изменения параметров и структуры при фиксированных ранее значениях $Q(\cdot)$. По существу, проводится анализ траектории или свободного движения из условий принципа минимума отклонения. Значения параметров, выходящие за минимум отклонения, являются уставками или заданиями для параметрической адаптации.

Таким образом, находя предельные допустимые значения параметров, входящих в (2), можно выполнить переход параметрического преобразования (модернизации технологии) в условия, когда их изменения невозможны и требуются структурные преобразования (реконструкция производства), в которых элементы структуры (технологические агрегаты, транспортные коммуникации) должны соответствовать значениям, полученным в результате параметрических преобразований.

Можно сказать, что процедуре определения состава и содержания модернизации технологии ставится в соответствие значение экономической компоненты (\mathcal{E}) затратной функции (F_{Zi}). Логика принятия решения основывается на предположении, что модернизация технологии экономически целесообразна и осуществима, то есть анализируется выполнение предельного неравенства:

$$\text{если } \mathcal{E}(\tau_0, \tau) < \sum_i F_{Zi}^i, \text{ то целесообразна модернизация,} \quad (3)$$

иначе, если $\mathcal{E}(\tau_0, \tau) > \sum_i F_{Zi}^i$, то целесообразна реконструкция.

Из этого неравенства следует основное условие перехода из расчетов по модернизации технологии в расчет условий реконструкции производства. Данная проблема есть классическая задача реконструкции: если существующая структура системы для достижения системных целей требует затрат, не совместимых с ее существованием, данную структуру следует заменить. Модернизация технологии, как процедура, направленная на повышение живучести системы, при невыполнении данного неравенства является не эффективной по сравнению с реконструкцией производства [6].

Следует отметить, что принятие решения по модернизации или реконструкции электроэнергетических объектов определяется технологическими особенностями этих объектов, а также системной спецификой совместной работы объектов электроэнергетической отрасли. К этим системным особенностям электроэнергетики относятся [7]:

1. Непрерывность и одновременность процессов производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии, что дополняется практической невозможностью мгновенного аккумулирования электроэнергии.

2. Сильная технологическая зависимость функционирования и эффективной работы всех отраслей экономики страны от бесперебойного и полного удовлетворения их потребностей в энергии.

3. Высокая частота протекания процессов, отсюда повышенные требования к автоматизации управления энергетическими установками.

4. Непосредственное соединение между собой всех агрегатов электростанций, подстанций и других элементов энергосистемы, обеспечивающих ее технологическое единство и вытекающая отсюда опасность практически мгновенного развития и распространения каждой аварии с возникновением большого ущерба для экономики региона или страны.

5. Переменный режим нагрузки энергетических предприятий в суточном, недельном, месячном и годовом разрезах, вызванный неопределенностью процессов включения, отключения и изменения режимов работы отдельных потребителей.

Так, в 2014 году на Томь-Усинской ГРЭС (АО «Кузбассэнерго») была завершена масштабная реконструкция энергооборудования (на энергоблоках № 4 и №5). В ходе работ были установлены две новые турбины (мощностью 121,4 и 124 МВт), генераторы, заменено вспомогательное и электротехническое оборудование, реконструированы гидротехнические сооружения, увеличены емкости золоотвалов.

При наличии финансирования предстоящих работ изложенные выше подходы были учтены при комплексном анализе обоснования принятия решения по виду обновления генерирующих мощностей энергообъекта.

Идея параметрической адаптации производства была использована при обосновании проектов модернизации котлоагрегатов прямоточного типа Томь-Усинской ГРЭС (АО «Кузбассэнерго») на 2021-2025 гг.

Список литературы

1. Кудрин Б.И. Структурно-параметрический подход к задачам модернизации технологии и реконструкции производства [Текст] / Б.И. Кудрин, В.К. Буторин, А.В. Щепетов // Вестник КемГУ. – 2005. – №3. – С. 26-29.
2. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа [Текст] / Н.Н. Моисеев. – М.: Наука, 1981. – 488 с.
3. Буторин В.К. Системные аспекты модернизации технологии и реконструкции производства [Текст] / В.К. Буторин, Р.А. Аршинов, А.В. Щепетов // Вестник ТГУ / Приложение «Информационные технологии и математическое моделирование - 2005». – 2006. – №16. – С. 190-193.
4. Аликов А.Ю. Базовые задачи модернизации технологии и реконструкции непрерывно-циклических производств [Текст] / А.Ю. Аликов, А.В. Щепетов // Перспективы развития технологий переработки вторичных ресурсов в Кузбассе. Экологические, экономические и социальные аспекты: Сборник трудов III Всероссийской научно- практической конференции с международным участием / Под общ. ред. Ф.И. Иванова, С.А. Шипилова. – Новокузнецк: Изд-во НФИ КемГУ, 2009. – С. 313-319.
5. Щепетов А.В. Системные аспекты увеличения времени жизненного цикла угольного предприятия [Текст] / А.В. Щепетов, Р.А. Аршинов // Материалы Международной научной конференции «Методы и алгоритмы принятия эффективных решений (МАПР-09)». Часть 4. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – С. 4-7.
6. Щепетов А.В. Предельный переход от модернизации к реконструкции промышленных предприятий [Текст] / А.Ю. Аликов, А.В. Щепетов // Информационные системы и технологии. Известия ОрелГТУ. – 2010. – №1/57(584). – С. 18-22.
7. Коллектив авторов под ред. А.Н. Раппопорта. Практические рекомендации по оценке эффективности и разработке инвестиционных проектов и бизнес-планов в электроэнергетике (с типовыми примерами). Книги 1. Методические особенности оценки эффективности проектов в электроэнергетике. – М.: НЦПИ, 2000. – 222 с.

References

1. Kudrin B.I. Structural-parametric approach to the problems of modernization of technology and reconstruction of production [Text] / B.I. Kudrin, V.K. Butorin, A.V. Shchepetov // Bulletin Of KemSU, 2005, No. 3, Pp. 26-29 [in Russian].
2. Moiseev N.N. Mathematical problems of system analysis [Text] / N.N. Moiseev. - Moscow: Nauka, 1981. - 488 p. [in Russian].
3. Butorin V.K. System aspects of modernization of technology and reconstruction of production [Text] / V.K. Butorin, R.A. Arshinov, A.V. Shchepetov // TSU Bulletin / Application "Information technologies and mathematical modeling - 2005". - 2006. - №16. - Pp. 190-193 [in Russian].
4. Alikov A.Yu. Basic tasks of modernization of technology and reconstruction of continuous-cyclic productions [Text] / A.Yu. Alikov, A.V. Shchepetov // Prospects for the development of technologies for processing secondary resources in Kuzbass. Environmental, economic and social aspects: proceedings Of the III all-Russian scientific and practical conference with international participation / Edited by F.I. Ivanov, S.A. Shipilov. Novokuznetsk: publishing house of NFI KemSU, 2009, Pp. 313-319 [in Russian].
5. Shchepetov A.V. System aspects of increasing the life cycle time of a coal enterprise [Text] / A.V. Shchepetov, R.A. Arshinov // Materials of the International scientific conference "Methods and algorithms for making effective decisions (MAP-09)". Part 4. - Taganrog: Publishing house of TTI SFU, 2009. - P. 4-7 [in Russian].
6. Shchepetov A.V. Ultimate transition from modernization to reconstruction of industrial enterprises [Text] / A.Yu. Alikov, A.V. Shchepetov // Information systems and technologies. Izvestiya OrelSTU. - 2010. - №1/57(584). - Pp. 18-22 [in Russian].
7. Team of authors under the editorship of A.N. Rappoport. Practical recommendations for evaluating the effectiveness and developing investment projects and business plans in the electric power industry (with typical examples). Book 1. Methodological features of evaluating the effectiveness of projects in the electric power industry. - Moscow: NCPI, 2000. - 222 p. [in Russian].