

9. Трофимов С.А. CASE-технологии: практическая работа в Rational Rose. — М.: Изд-во БИНОМ, 2001. — 272 с.
10. Вендоров А.М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем: Учебник. — М.: Финансы и статистика, 2002. — 325 с.
11. Уокер Р. Управление проектами по созданию программного обеспечения. — М.: Лори, 2002. — 448 с.
12. Основы построения АСУ /Под ред. Костюка И.В. — М.: Советское радио, 1977.
13. Коберн А. Современные методы описания функциональных требований к системам. — М.: Лори, 2002. — 288 с.
14. Свиридов А.С. Методика проведения предпроектного обследования с целью проектирования информационной сети предприятия. — М.: Телекоммуникации, 2004. Вып. 4.
15. Васильев В.И. Системы связи: Учебное пособие для вузов. — М.: Высшая школа, 1982.
16. Данилевский Ю.Г. и др. Информационная технология в промышленности. — Л.: Машиностроение, 2002.
17. Организованные структуры управления производства /Под редакцией Михьнера Б.З. — М.: Экономика, 1975.
18. Rogozov Ю.И., Свиридов А.С. Концепция построения информационной модели предприятия. — М.: Техноцентр, 2004.
19. Месарович М., Такахара И. Общая теория систем. — М.: Мир, 1978.
20. Э.Д. Якубойтис. Локальные информационно-вычислительные сети. — Рига: Зинатне, 1985.
21. Урсул А.Д. Природа информации. — М.: Наука, 1968.
22. Хакен Г. Информация и самоорганизация. — М.: Мир, 1991.
23. Волкова В.Н. и др. Теория систем и методы системного анализа в управлении и связи. — М.: Радио связь, 1983.

УДК 519.7

Е.В. Заргарян

КРИТЕРИИ НЕЧЕТКОГО БАЛАНСА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Рассматриваются системы, состоящие из элементов производства энергоресурсов и потребителей видов энергоресурсов. Равновесными будут называться такие системы, связанные с производством-потреблением, когда ни один из элементов производства или элементов потребления видов энергоресурсов не стремится к изменению состояния.

Каждый потребитель выбирает и приобретает для себя желаемый набор энергоресурсов, а каждый из элементов производства производит виды энергоресурсов, которые считает нужным. Регулятором в подобной системе служат цены на энергоресурсы, которые будут называться равновесными, если в системах «производство-потребление» установлено равенство между производимыми и потребляемыми энергоресурсами.

Равновесная система сбалансирована по материальным потокам, то есть суммарное производство энергоресурсов должно быть в точности равно потребляемому количеству. Данное представление соответствует идеалу.

На практике всегда существуют ограничения и на производимые и на потребляемые энергоресурсы, поэтому в реальных системах существует «неравное равновесие» [1].

В неравновесных системах установлены и зафиксированы цены (как регулятор), отличные от цен в равновесных системах. В данных системах независимое поведение элементов производства и элементов потребления невозможно, так как самостоятельное принятие решения ими привело бы к нарушению материального баланса между производством и потреблением энергоресурсов. Для согласования и планирования состояний элементов потребления и элементов производства применяют дополнительные средства. Одним из таких средств является предварительное моделирование и планирование сбалансированного технологически реализуемого состояния неравновесной системы. Необходимо найти такие средства обеспечения сбалансированных и технологически реализуемых состояний неравновесной системы, которые можно представить как средства согласования состояний, выбираемых элементами производства и элементами потребления энергоресурсов внутри неравновесной системы. Однако планирование до точного задания производства и потребления невозможно по многим причинам, поэтому элементам производства и элементам потребления энергоресурсов необходимо предоставить определенную степень свободы в самостоятельности такого выбора.

В неравновесной системе существует выбор, связанный с ограничениями элемента неравновесной системы. Ограничения могут быть заданы самим элементом и могут быть заданы извне. Заданные извне ограничения – внешние ограничения, при производстве-потреблении энергоресурсов – это стоимостные ограничения (цены). Внешние ограничения назовем ограничениями-квотами на производство-потребление энергоресурсов.

В результате введения внешних ограничений изменение выбора может быть достигнуто путем изменения ограничений (множества допустимых состояний) и путем изменения максимизируемой (минимизируемой) целевой функции, правил принятия решений по производству-потреблению. Накладываемые ограничения-квоты на состояния элементов производства и элементов потребления неравновесной системы или на отдельные элементы могут быть разными. В этом случае элементы неравновесной системы получают ограничения на количество производимых энергоресурсов и количество потребляемых энергоресурсов.

Введение ограничений-квот определяется несбалансированностью материальных потоков энергоресурсов, связанной, например, с избыточностью одних энергоресурсов на рынке и недостатком других. Следовательно, в реальных неравновесных системах вводят ограничения-квоты на количества отдельных энергоресурсов, производимых и потребляемых элементами неравновесной системы.

Следует особенно отметить следующее. Ограничения-квоты при тех или иных видах планирования целесообразно рассматривать не как строго заданное число, а как некоторую, в общем случае, неопределенную величину, описанную в виде нечетких оценок, которая может быть задана не только на основании расчетов (как правило, связанных с неопределенностью), но и экспертным путем. Рассмотрение возможности достижения балансов материальных потоков подобным путем позволит получить новые научные и практически полезные результаты при построении математических моделей неравновесных систем с ограничениями-квотами на отдельные виды энергоресурсов.

Рассмотрим производство-потребление в неравновесной системе при наложении ограничений-квот в условиях модели свободного рынка. В такой нерав-

новесной системе элементы производства и элементы потребления ведут себя так, как, если бы они были уверены в том, что любые количества любых требуемых ими энергоресурсов будут им предоставлены, а любые количества производимых продуктов найдут сбыт. В данной модели квоты могут указывать только те пределы, в которых эта уверенность оправдана. Данные пределы можно также формально определять на основе обработки знаний экспертов.

Сформулируем общие признаки неравновесной системы «производство-потребление». В рассматриваемой неравновесной системе для каждого вида энергоресурсов, который является дефицитным по условиям функционирования, устанавливаются нечеткие ограничения-квоты на его потребление. Для каждого недефицитного вида энергоресурса также устанавливаются нечеткие ограничения-квоты на его производство. Каждый элемент системы (производитель и потребитель) самостоятельно выбирает свое состояние в пределах установленных квот на потребление дефицитных и производство недефицитных видов энергоресурсов. Понятие согласованности также предусматривает сбалансированность производства и потребления по каждому виду энергоресурса.

Рассмотрим замкнутую модель неравновесной системы на уровне производства-потребления, т.е. производители и потребители энергоресурсов находятся в одной и той же неравновесной системе. Определим замкнутую модель неравновесной системы, где учтены «внутри» модели все существенные для проводимого анализа величины и их взаимосвязи. Классическими моделями такого рода являются модели Вальда, Вальраса и Эрроу-Дебре [2]. Одним из примеров такой модели могут являться модели межцеховых связей на предприятии, так называемая «модель чистых обменов» (модель Гейла [3]).

Пусть номенклатура всех энергоресурсов определена номерами i из множества Ω так, что $i \in \Omega = \{1, 2, \dots, n\}$. Набор энергоресурсов определим вектором $Z = \{\tilde{Z}_1, \tilde{Z}_2, \dots, \tilde{Z}_n\}$, в котором $\tilde{Z}_i, i = \overline{1, n}$ – нечетко задаваемое количество i -го вида энергоресурсов. Компонента \tilde{Z}_i задана в виде нечеткого интервала [4].

Исходные продукты назовем затратами, а выпускаемые энергоресурсы, которые гарантированно могут быть проданы – выпусками. При нечетком задании ограничений-квот на потребление и нечетких ограничения-квот на производство затраты и выпуски также будут описываться в виде интервалов.

Определим формально набор затрат в виде вектора $X = \{\tilde{X}_1, \tilde{X}_2, \dots, \tilde{X}_m\}$, а выпуски – в виде вектора $Y = \{\tilde{Y}_1, \tilde{Y}_2, \dots, \tilde{Y}_n\}$, где $\tilde{X}_i, i = \overline{1, m}$ и $\tilde{Y}_j, j = \overline{1, n}$ – нечетко задаваемое количество i -го исходного и j -го выпускаемого вида энергоресурса соответственно.

Нечетким стационарным состоянием процесса производства энергоресурсов называется двойка (\tilde{Y}, \tilde{X}) . Разность векторов $\tilde{Z} = \tilde{Y} - \tilde{X}$ называется нечетким вектором чистых выпусков.

Производство представляет собой систему элементов производства неравновесной системы, занятых производством энергоресурсов. Определим множество $P = \{P_1, P_2, \dots, P_m\}$, как множество элементов производства. Каждый элемент производства $P_k, k = \overline{1, m}$ характеризуется технологическим множеством $G = \{\tilde{G}_1^k, \tilde{G}_2^k, \dots, \tilde{G}_n^k\}, k = \overline{1, m}$, т.е. вектором всех возможных для $P_k, k = \overline{1, m}$

производственных процессов, где \tilde{G}_l^k – l -й нечеткий производственный процесс (состояние) k -го элемента производства.

Определим состояние элемента производства P_k , $k = \overline{1, m}$ в виде нечеткой двойки $\langle \tilde{Y}_k, \tilde{X}_k \rangle$, где $\tilde{X}_k = \{\tilde{x}_1^k, \tilde{x}_2^k, \dots, \tilde{x}_m^k\}$ – нечеткий вектор затрат (изделий продуктов, необходимых для производства), а $\tilde{Y}_k = \{\tilde{y}_1^k, \tilde{y}_2^k, \dots, \tilde{y}_n^k\}$ – нечеткий вектор выпусков k -го элемента производства.

Множество $W = \{\langle \tilde{Y}_1, \tilde{X}_1 \rangle, \langle \tilde{Y}_2, \tilde{X}_2 \rangle, \dots, \langle \tilde{Y}_m, \tilde{X}_m \rangle\}$ состояний всех элементов производства P_k , $k = \overline{1, m}$ называется состоянием производственной части неравновесной системы.

Если \mathcal{R}_+^n – неотрицательный октант n -мерного евклидова пространства \mathcal{R}^n , то $G_k \subseteq \mathcal{R}_+^n \times \mathcal{R}_+^n$.

Технологически реализуемым назовем такое нечеткое состояние $\langle \tilde{Y}_k, \tilde{X}_k \rangle$ элемента производства P_k , если выполняется условие

$$\langle \tilde{Y}_k, \tilde{X}_k \rangle \tilde{\subset} G_k, \quad k = \overline{1, m}, \quad (1)$$

где $\tilde{\subset}$ – операция включения нечеткого состояния $\langle \tilde{Y}_k, \tilde{X}_k \rangle$ в k -е технологическое множество. Если условие (1) выполняется для каждого нечеткого элемента из множества W , то нечеткое состояние элементов производства неравновесной системы технологически реализуемо.

Нечеткий вектор всех (полных) выпусков неравновесной системы определим, как $\tilde{Y} = \sum_{k=1}^m \tilde{Y}_k$, вектор всех (полных) затрат неравновесной системы определим, как $\tilde{X} = \sum_{k=1}^m \tilde{X}_k$. Тогда нечеткий вектор, производимых энергоресурсов для потребления (нечеткий вектор чистых выпусков) неравновесной системы, определится как:

$$\tilde{Z} = \tilde{Y} - \tilde{X} = \sum_{k=1}^m \tilde{Y}_k - \sum_{k=1}^m \tilde{X}_k. \quad (2)$$

Нечеткую компоненту \tilde{Z}_i , $i = \overline{1, n}$ вектора \tilde{Z} следует рассматривать как чистый выпуск i -го вида энергоресурса в неравновесной системе, например, как алгебраическое превышение полного выпуска i -го вида энергоресурса над величиной полных затрат этого вида энергоресурса по всем элементам производства неравновесной системы.

Для замкнутой неравновесной системы условие технологической реализуемости состояний (1) элементов производства дополняется условием неотрицательности нечеткого вектора (2) чистых выпусков, которое имеет вид

$$\tilde{Z} \tilde{\succeq} 0, \quad (3)$$

так как затрачиваемые энергоресурсы производятся в этой же неравновесной системе. Причем проверка на положительность интервала \tilde{Z} производится при сравнении интервала \tilde{Z} и действительного числа -0 .

Условие (3) отвечает требованию сбалансированности производственного процесса в неравновесной энергетической системе.

Поведение элемента производства энергоресурсов называется целесообразным, если принятие и осуществление решений осуществляется в пределах существующих в замкнутой неравновесной системе ограничений, исходя из некоторого критерия выбора. Целесообразное поведение предусматривает выбор элементом производства $P_k, k = \overline{1, m}$ нечеткого производственного процесса из технологического множества $G_k, k = \overline{1, m}$. Определим выбранное k -м элементом производства состояние нечеткой двойкой $\langle \tilde{Y}_k, \tilde{X}_k \rangle, k = \overline{1, m}$, причем

$$\langle \tilde{Y}_k, \tilde{X}_k \rangle \subseteq g_k(G_k, M_k), k = \overline{1, m}, \quad (4)$$

где g_k – нечеткое функциональное отображение, M_k – совокупность некоторых дополнительных параметров.

Пусть для каждого элемента производства $P_k, k = \overline{1, m}$ задана целевая функция $f_k(\tilde{Y}_k, \tilde{X}_k), k = \overline{1, m}$ на множестве допустимых состояний \tilde{W}_g^k , которое может быть получено из технологического множества $G_k, k = \overline{1, m}$ при заданных ограничениях. Тогда элемент производства $P_k, k = \overline{1, m}$ будет принимать решение о выборе своего состояния, максимизируя целевую функцию $f_k(\tilde{Y}_k, \tilde{X}_k), k = \overline{1, m}$.

Пусть элемент производства $P_k, k = \overline{1, m}$ имеет возможность приобретать и продавать по заданным ценам любые количества энергоресурсов. Зададим цены на энергоресурсы в виде вектора $S = \{\tilde{s}_1, \tilde{s}_2, \dots, \tilde{s}_n\}$, где $\tilde{s}_i, i = \overline{1, n}$ – цена на i -й вид энергоресурса, представленная в виде интервалов, причем, вектор S характеризует состояние неравновесной системы и входит как параметр в компоненту $M_k, k = \overline{1, m}$ (4) критерия выбора нечетких состояний. Цена $\tilde{s}_i, i = \overline{1, n}$ на каждый i -й вид энергоресурса задается в виде некоторого интервала. Условие максимизации целевой функции имеет вид

$$f_k(\langle \tilde{Y}_k, \tilde{X}_k \rangle, S) = \max, (\tilde{Y}_k, \tilde{X}_k) \in G_k, k = \overline{1, m}, \quad (5)$$

а зависимость (4) примет вид

$$\langle \tilde{Y}_k, \tilde{X}_k \rangle \subseteq g_k\{G_k, f_k(\langle \tilde{Y}_k, \tilde{X}_k \rangle, S)\}, k = \overline{1, m}. \quad (6)$$

Под максимумом понимаем максимизацию верхнего модального значения интервала. Целевая функция $f_k(\langle \tilde{Y}_k, \tilde{X}_k \rangle, S), k = \overline{1, m}$ может быть представлена, например, в виде критерия прибыли, критерия валового выпуска или критерия рентабельности для энергетических предприятий.

Критерий прибыли для k -го элемента производства энергоресурсов определится формулой

$$\tilde{I}_k(\langle \tilde{Y}_k, \tilde{X}_k \rangle, S) = S\tilde{Y}_k - S\tilde{X}_k, \quad (7)$$

где $S\tilde{Y}_k$ и $S\tilde{X}_k$ – произведение соответствующих нечетких составляющих двух множеств.

Критерий валового выпуска определим формулой

$$f_k = SY_k, \quad k = \overline{1, m}. \quad (8)$$

Критерий рентабельности определим формулой

$$f_k = \frac{SY_k - SX_k}{SX_k}, \quad k = \overline{1, m}. \quad (9)$$

В случае, если фиксированы параметры технологического вектора G_k , $k = \overline{1, m}$ и функции f_k , $k = \overline{1, m}$, то зависимость (4) может быть представлена в виде

$$\langle \bar{Y}_k, \bar{X}_k \rangle \subseteq g_k(S), \quad k = \overline{1, m}, \quad (10)$$

В этом случае нечеткое состояние $\langle \bar{Y}_k, \bar{X}_k \rangle$, $k = \overline{1, m}$ элемента производства P_k будет целесообразно достижимо при множестве S .

Множество производственной части неравновесной энергетической системы $\bar{W} = \{ \langle \bar{Y}_1, \bar{X}_1 \rangle, \langle \bar{Y}_2, \bar{X}_2 \rangle, \dots, \langle \bar{Y}_m, \bar{X}_m \rangle \}$ называется целесообразно реализуемым при векторе цен S , если нечеткое состояние $\langle \bar{Y}_k, \bar{X}_k \rangle$ элемента производства P_k , $k = \overline{1, m}$, целесообразно реализуемо.

Если для каждого элемента нечеткого множества \bar{W} определить вектор чистых выпусков $\tilde{Z} = \tilde{Y} - \tilde{X} = \sum_k \tilde{Y}_k - \sum_k \tilde{X}_k$, то нечеткий вектор \tilde{Z} можно представить функцией предложений h :

$$\tilde{Z} = h(S), \quad (11)$$

которая исходит из функции (10) и называется функцией чистых производственных выпусков. В связи с тем, что выпуски нельзя рассматривать как определенное число, то целесообразно функцию h назвать функцией нечетких чистых производственных выпусков.

Рассмотренные модели отличаются от ранее известных моделей представлением параметров в виде интервалов и возможностью дальнейшего решения оптимизационных задач с применением аппарата теории возможности и нечеткой логики. Это позволяет расширить границы применения математических моделей неравновесных систем и получать решение оптимизационных задач, отвечающих реальным условиям функционирования неравновесных систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Заргарян Е.В. Модель нечеткого производственного баланса / Тезисы докладов Международной научной конференции «Проблемы развития естественных, технических и социальных систем». – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2007.
2. Карлин С. Математические методы в теории игр, программировании и экономики. – М.: Мир, 1964.
3. Гейл Д. Теория линейных экономических моделей. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1963.

4. Берштейн Л.С., Финаева Е.В. Формализация исходных данных для модели неравновесных систем. Математические методы и информационные технологии в экономике; Сборник материалов VI Международной научно-технической конференции. Ч. II. – Пенза: Пензенский технологический институт, 2000.

УДК 533.6

В.А. Костюков, В.Х. Пшихопов

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА NUMECA INTERNATIONAL ДЛЯ РАСЧЕТА АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Введение. Многие задачи, которые приходится решать при проектировании подвижных объектов и разработке их математических моделей, связаны с учетом влияния внешней среды, в которой происходит их движение. Это влияние, как известно, зависит как от самой этой среды, так и от параметров тела, в том числе его геометрической формы. Поскольку это влияние во многих практически важных случаях существенно, задача развития методов расчета аэрогидродинамических характеристик твердого тела, движущегося в сплошной среде, представляется весьма актуальной.

В связи с этим особого внимания заслуживают численные методы расчета указанных характеристик, которые не требуют наличия дорогостоящих продувочных установок и, по сравнению с аналитическими методами, позволяют решить значительно более широкий круг аэрогидродинамических задач.

В ряду имеющихся на сегодняшний день программных комплексов в области вычислительной гидроаэродинамики особого внимания, на наш взгляд, заслуживает программный пакет производства бельгийской фирмы NUMECA International.

1. Отличительные особенности программного продукта NUMECA International.

Преимущества программного комплекса NUMECA International перед другими известными программными комплексами в области вычислительной гидро- и аэродинамики заключаются в том, что:

- 1) построение сетки – разбиение вычислительной области на гексаэдры – производится почти автоматически и, следовательно, быстрее; пользователь лишь задает значимые для построения сетки параметры;
- 2) интегральный показатель качества – точность/время сходимости – не только не уступает известным программам, но в некоторых случаях и превосходит их;
- 3) диапазон решаемых аэродинамических и гидродинамических задач достаточно широк, что достигается посредством гибких вычислительных алгоритмов, достаточного набора управляющих физических параметров;
- 4) можно рассчитывать не только установившиеся, но и переходные режимы обтекания твердых тел;
- 5) можно не только рассчитать интегральные характеристики тела – например, аэродинамические коэффициенты лобового сопротивления и подъемной силы, моментов вращения относительно осей, но также найти распределения произвольных функций от аэродинамических пара-