

А.П. Власов, Б.Я. Солон, Н.А. Марчук

Алексей Петрович Власов (✉), Наталья Александровна Марчук
Кафедра информационных технологий, Ивановский государственный химико-технологический университет, просп. Шереметевский, 7, Иваново, Российская Федерация, 153000
E-mail: vlasov-a-p@yandex.ru (✉), chyk85@rambler.ru

Борис Яковлевич Солон

Факультет математики и компьютерных наук, Ивановский государственный университет, ул. Ермака, 39, Иваново, Российская Федерация, 153025
E-mail: bysolon@gmail.com

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ИНФОРМАЦИОННОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕМ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Предложена модель информационного обеспечения управления энергосбережением. Введено понятие оценочной функции (или критерия качества) системы. Проведена оценка адекватности модели. Рассмотрены управляющие воздействия со стороны подразделения энергосбережения.

Ключевые слова: химико-технологическая система, автоматизированная информационная система, энергосбережение, общая теория систем

A.P. Vlasov, B.Ya. Solon, N.A. Marchuk

Alexeiy P. Vlasov (✉), Natalia A. Marchuk
Department of Information Technologies, Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Shermetievskiy ave., 7, Ivanovo, Russia, 153000
E-mail: vlasov-a-p@yandex.ru (✉), chyk85@rambler.ru

Boris Ya. Solon

Department of Mathematics and Computer Sciences, Ivanovo State University, Ermaka str., 39, Ivanovo, Russia, 153025
E-mail: bysolon@gmail.com

APPROACH TO INFORMATION ENERGY SAVING MANAGEMENT ON ENTERPRISES OF CHEMICAL COMPLEX

A model of information support of control of energy-saving was proposed. The concept of the evaluation function (or quality criterion) of system was introduced. The evaluation of model adequacy was carried out. Control actions of the department of Energy Saving were considered.

Keywords: chemical-technological system, automated information system, energy saving, general systems theory

На протяжении последних десятилетий проблема энергосбережения обсуждается на самых различных уровнях и в самых различных аспектах [1-5].

Предприятия химического комплекса подвержены большому количеству рисков вследствие нестабильной экономической ситуации в мире и достаточно высокой энергоемкости химического производства. Технологическая сложность производства, специфика используемого сырья характеризуют большинство химических предприятий. Ряд технологических процессов проходит при температурах до 3000 °С, что сопровождается большими энергетическими затратами. В то же время очень важным вопросом является использование вторичных энергетических ресурсов в качестве источников энергии [6].

При этом материальные индексы химических и родственных производств (отношение количества использованного сырья к количеству готовой продукции) могут составлять до 10-20 и более. Это пропорционально увеличивает важность и сложность экологических проблем, которые должны решаться одновременно с энерго-ресурсосбережением [5].

В [6] предусматривается такой вид государственного регулирования как наложение запретов или ограничений производства и оборота в Российской Федерации товаров, имеющих низкую энергетическую эффективность.

Наличие внешних угроз требует от системы управления энергосбережением способности быстро адаптироваться к изменениям внешней среды.

Проблема управляемости широко освещена в многочисленных источниках. Калман Р.Е. [7, 8] впервые поставил и исследовал задачи построения области управляемости при ограничении на величину управляющего воздействия. А. М. Формальский [9] исследовал случаи, когда на управление наложено несколько ограничений одновременно. М. Мессарович [10] рассматривал управляемость с использованием теоретико-множественного подхода.

В многочисленных типовых проектных решениях (ТПР), которые получили название Enterprise Resource Planning (ERP), предназначенных для использования при создании и модернизации автоматизированных информационных систем (АИС) химических предприятий [11], содержится много самых разнообразных подходов к управлению предприятием, но, к сожалению, информационное обеспечение управления энергосбережением в этих системах не рассматривается.

ERP-системы часто декомпозируются на такие подсистемы как маркетинг, техническая подготовка производства, персонал, основное производство, вспомогательное производство, финансы, запасы (материально-техническое снабжение), качество. Каждой подсистеме соответствует определенная организационная структура.

В соответствии с [6] энергосбережение – реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования (в том числе объема произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг).

С учетом вышесказанного становится очевидным, что управление энергосбережением – это задача не одного подразделения (бюро, отдела, службы), эта деятельность направлена на взаимодействие всех служб, что в условиях административной обособленности в ряде случаев оказывается весьма затруднительным.

Управление энергосбережением является довольно специфическим видом деятельности в сравнении с такими подсистемами, как «финансы», «материально-техническое снабжение», «управление персоналом», которые хорошо типизированы. Этим во многом объясняется тот факт, что в ERP-системах такой модуль как «управление энергосбережением» отсутствует.

По мнению авторов настоящей статьи это направление слабо формализовано, разнородно и не структурировано. В [11] было отмечено, что использование теоретико-множественного анализа [10] для исследования слабо формализованных систем является довольно плодотворным.

Для исследования управляемости энергосбережения целесообразно использовать подход, изложенный в [10] для исследования управляемости системы, суть которого в следующем.

При обобщении понятия типа управляемости необходимо сделать их пригодными для более общего контекста. Для этого необходимо отметить два момента:

- способность системы функционировать определенным образом обычно оценивается по характеру ее выходной величины, но, в конечном счете, она зависит лишь от поступающих на нее входных воздействий. Поэтому условия, определяющие, обладает система некоторыми свойствами или нет, будут выражены в терминах существования соответствующих входных воздействий;

- для того, чтобы определять понятия в этой категории, необходимо, вообще говоря, вводить

некоторую оценочную функцию, или показатель качества, позволяющий уточнить, что же считается желаемым поведением системы. задается отображение (1), которое называется оценочной функцией (или критерием качества) системы.

$$G: X \times Y \rightarrow V \quad (1)$$

где G – оценочная функция, V – множество оценок. X – множество входов, Y – множество выходов системы.

Исследование управляемости системы реализуется с помощью отображения (2), определенного на двух объектах M и U :

$$S: M \times U \rightarrow Y \quad (2)$$

где M и U – входная информация, поступающая из внешней среды и от руководства, соответственно.

Оценочная функция G для такого представления системы S имеет вид (3):

$$G: M \times U \times Y \rightarrow V \quad (3)$$

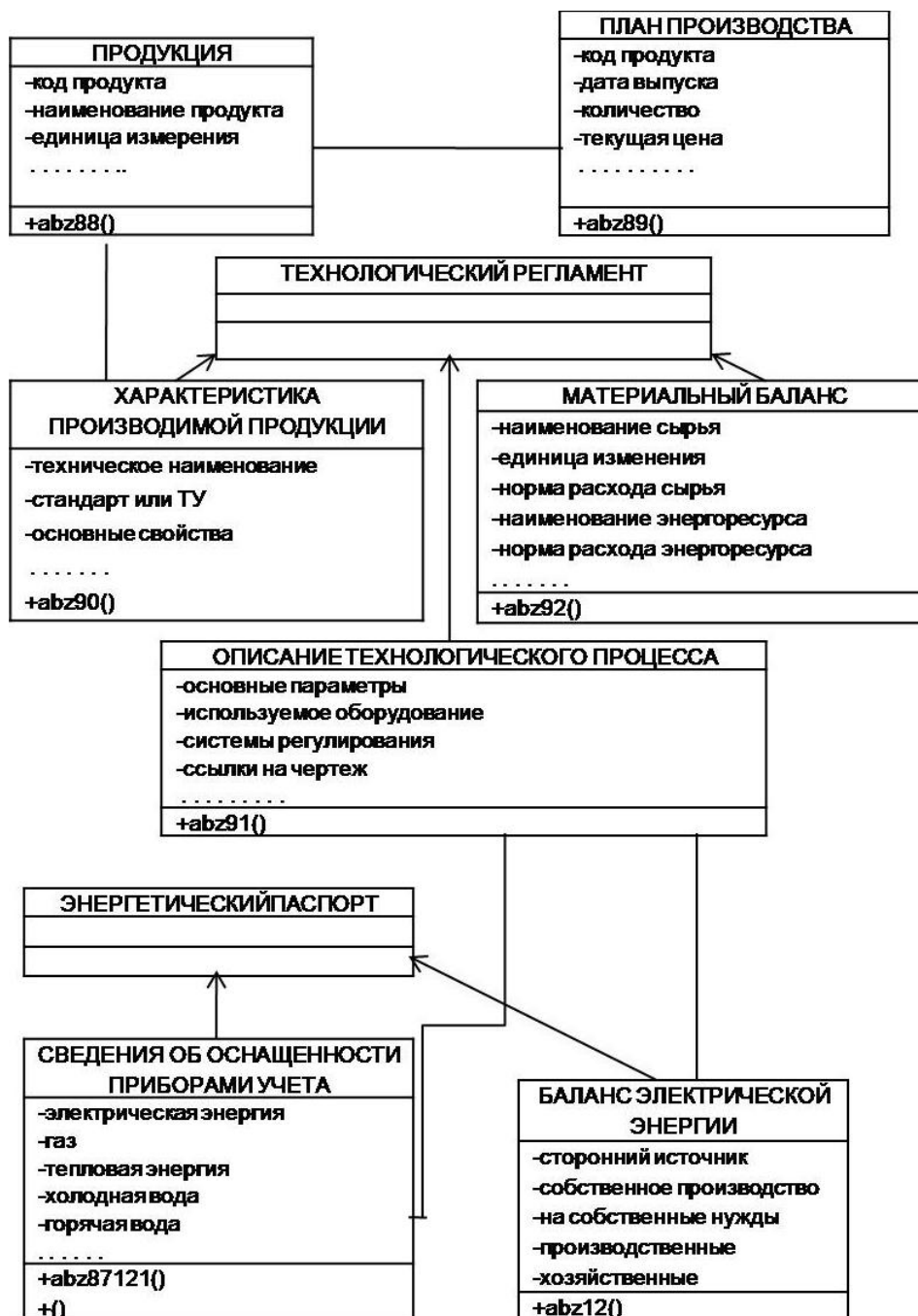


Рис. Диаграмма классов
Fig. The classes diagram

Для исследования управляемости системы вводится несколько понятий.

1. Множество $V' \subset V$ называется воспроизводимым (достижимым, доступным) относительно G тогда и только тогда, когда выполняется условие (4)

$$(\forall v)[v \in V' \Rightarrow (\exists (m, u))(g(m, u) = v)] \quad (4)$$

где v – элемент множества оценок V ; m – элемент множества (M) входной информации, поступающей из внешней среды; u – элемент множества (U) входной информации, поступающей от руководства предприятия; g – элемент отображения G .

2. Множество $V' \subset V$ называется вполне управляемым относительно g (или G и S) тогда и только тогда, когда выполняется условие (5)

$$(\forall v)(\forall u)[v \in V' \wedge u \in U \Rightarrow (\exists m)(g(m, u) = v)] \quad (5)$$

3. Если V имеет более одной компоненты, то соответствующая система называется многокритериальной. В этом случае оценочный объект V представляется в виде условия (6).

$$V = V_1 \times \dots \times V_k = \times \{V_j : j \in I_k\} \quad (6)$$

Множество $V' \subset V^k$ называется склеенным (при заданных S и G) тогда и только тогда, когда истинно предложение (7).

$$(\exists v)[v \in V' \wedge (\exists(m, u))(g(m, u) \neq v)] \quad (7)$$

Множество V' называется несклеенным тогда и только тогда, когда истинно предложение (8).

$$(\forall v)[v \in V' \Rightarrow (\exists(m, u, y))(g(m, u, y) = v) \wedge \exists(m', u', y') : [g(m', u', y') \neq v]] \quad (8)$$

Содержательный смысл понятия воспроизводимости очевиден. Любой элемент воспроизводимого множества можно получить, если возникнет такая необходимость. Управляемость – это более сильное свойство, которое гарантирует возможность достижения любой заданной оценки $v \in V'$ при любых внешних условиях, т. е. при любых $u \in U$. Наконец, склеенность – это специальное понятие, относящееся лишь к системам, оце-

ниваемым по векторному критерию. Система называется склеивающей относительно декартова множества $V' = V'_1 \times \dots \times V'_k$, если не все возможные комбинации компонент ее оценки возможно реализовать одновременно, т. е. если некоторое заданное значение одной из компонент может быть достигнуто лишь в сочетании с некоторыми (а не всеми) значениями остальных компонент.

Вышеприведенная теоретико-множественная модель явилась основой для конструирования системы с использованием языка UML. В качестве иллюстрации приведен фрагмент диаграммы классов на рисунке. Информационная основа системы построена с использованием [12].

Проверка системы проводилась на учебном варианте ERP-системы Microsoft Dynamics AX 2009.

Верификация и валидация модели проводилась следующим образом. До проведения расчета на компьютере готовился контрольный пример, включающий в себя все множества данных, в том числе и выходные на основании интуитивного представления экспериментаторов. Сопоставление данных контрольного примера с результатами компьютерного расчета продемонстрировали адекватность модели.

ВЫВОД

Предложенная система позволяет следующее:

- выявить те управляющие воздействия со стороны подразделения энергосбережения, которые реально влияют на энергетическую эффективность и, как следствие, на экологическую безопасность (например, оптимизация размещения приборов учета энергопотребления, предложения по снятию с производства продуктов, имеющих низкую энергетическую эффективность и др.);
- соответствующим образом настроить корпоративную информационную систему предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Междунар. науч.-практ. конф. «Логистика и экономика ресурсосбережения и энергосбережения в промышленности» // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2014. Т. 57. Вып. 9. С. 107-108.
2. **Власов А.П., Иоффе А.Я.** Проблемы информационного маркетинга АИС «Энергосбережение России» // Тез. докл. Всерос. науч.-практ. конф. «Интеллектуальные ресурсы регионов России на рубеже тысячелетий». Ярославль. 2000. С. 75.
3. **Коккина Н.Р., Натареев О.С., Натареев С.В.** // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2015. Т. 58. Вып. 2. С. 67-72.
4. **Власов А.П., Бобков С.П., Чаусова С.М.** // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2011. Т. 54. Вып. 11. С. 126-128.
5. **Коновалов В.И., Гатапова Н.Ц.** // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. 2008. Т. 14. № 4. С. 796 – 811.

REFERENCES

1. International scientific-practical conference "Logistics and economics of resource and energy conservation in industry" // Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol. 2014. V. 57. N 9. P. 107-108 (in Russian).
2. **Vlasov A.P., Ioffe A.Ya.** Problems AIS information marketing "Energy of Russia" // Abstracts. All-Russian Scientific-Practical Conference "Intellectual resources of Russia's regions in the turn of the millennium". Yaroslavl. 2000. P. 75 (in Russian).
3. **Kokkina N.R., Natareev O.S., Natareev S.V.** // Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol. 2015. V. 58. N 2. P. 67-72 (in Russian).
4. **Vlasov A.P., Bobkov S.P., Chausova S.M.** // Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol. 2011. T. 54. N 11. P. 126-128 (in Russian).

6. Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ(ред. от 13.07.2015)"Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации".
7. **Калман Р.Е.** Об общей теории систем управления. // Тр. I Международного конгресса ИФАК. Т. II. М.: Изд-во АН СССР. 1961.
8. **Калман Р., Фалб П., Арбиб М.** Очерки по математической теории систем. М.: Мир. 1971. 400 с.
9. **Формальский А.М.** Управляемость и устойчивость систем с ограниченными ресурсами. М.: Наука. 1974. 368 с.
10. **Mesarovich M.D., Yasuhico Takahara** General Systems Theory: Mathematical Foundations. New York, San Francisco, London: Academic press. 1975. P. 268.
11. **Власов А.П., Бобков С.П., Солон Б.Я.** // Российская академия естествознания. Регионал. прилож. к журн. «Современные наукоемкие технологии». 2009. № 2. С. 50 – 54.
12. Приказ Министерства энергетики РФ от 30 июня 2014 г. № 400 "Об утверждении требований к проведению энергетического обследования и его результатам и правил направления копий энергетического паспорта, составленного по результатам обязательного энергетического обследования".
5. **Konovalev V.I., Gatapova N.Ts.** // Vestn. Tambov. Gos. Tekh. Univ. 2008. V. 14. N 4. P. 796 – 811 (in Russian).
6. The federal law from 23.11.2009 N 261-FZ (ed. By 13.07.2015) "On energy saving and energy efficiency improvements and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation"
7. **Kalman R.E.** On the general theory of control systems. // Tr. I International Congress of IFAC. V. II. M.: Publishing House of the USSR Academy of Sciences. 1961. (in Russian).
8. **Kalman R., Falbi P., Arbib M.** Essays on mathematical systems theory. M.: Mir. 1971. 400 p.
9. **Formal'skiy A.M.** Handling and stability of systems with limited resources. M.: Nauka. 1974. 368 p. (in Russian).
10. **Mesarovich M.D., Yasuhico Takahara** General Systems Theory: Mathematical Foundations. New York, San Francisco, London: Academic press. 1975. P. 268.
11. **Vlasov A.P., Bobkov S.P., Solon B.J.** // Ross. Acad. Estesstv. Reg. Prilozh. k Zurn.Sovremennyye Naukoemkie Tekhnologii. 2009. N 2. С. 50 – 54 (in Russian).
12. Order of the Ministry of Energy of the Russian Federation from June 30, 2014 № 400 "On approval of requirements for the energy audit and its results and copies of the rules of the direction of energy certificates, drawn up as a result of mandatory energy audit" (in Russian).

Поступила в редакцию 22.12.2015 г.

Принята к опубликованию 18.02.2016 г.