

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
MODELLING OF ECONOMIC PROCESSES**

УДК 66-935

DOI: 10.18413/2409-1634-2016-2-4-28-31

Кантарджян С. Л.  
Рафян Т. А.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ (ХТС) С ПОМОЩЬЮ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ**

Ереванский государственный университет, ул. Абовяна, д. 52, г. Ереван, 375025, Армения, *intellekt13@rambler.ru*  
Ереванский государственный университет, ул. Абовяна, д. 52, г. Ереван, 375025, Армения, *tatevik.rafyanyan@ysu.am*

**Аннотация**

В статье рассматриваются вопросы, связанные с совершенствованием процессов управления непрерывными ХТС. Предлагается возможность такой организации производственных процессов в химической промышленности, которая позволяет оптимальным образом организовать это производство при изменении производственных заданий. Сформулирована гипотеза о том, что наличие экономико-математических моделей процессов, протекающих в типовой химической аппаратуре (реакторы, абсорберы, десорберы, теплообменники, ректификационные колоны и т.д.) позволяет развить системный подход к управлению производством и не требует существенных финансовых вложений.

**Ключевые слова:** типовые процессы химической технологии, математические описания, маркетинг, оптимальное управление

Sargis L. Khantaryan  
Tatevik A. Rafyan

**IMPROVING THE MANAGEMENT OF CHEMICAL-TECHNOLOGICAL SYSTEMS (CTS) WITH THE USE OF ECONOMETRIC MODELS**

Yerevan State University, 52 Abovyan St., Yerevan, 375025, Armenia, *intellekt13@rambler.ru*  
Yerevan State University, 52 Abovyan St., Yerevan, 375025, Armenia, *tatevik.rafyanyan@ysu.am*

**Abstract**

The article deals with the issues related to the improvement of continuous CTS management processes. An effective organization of production processes in the chemical industry by creating an optimal way of organization, facing production target change, is suggested. The authors make an assumption that economic and mathematical modeling in chemical units (reactors, absorbers, strippers, heat exchangers, distillation columns, etc.) provides a system approach to the production management and does not require significant financial investment.

**Keywords:** chemical engineering unit processes; mathematical descriptions; marketing; optimal control

**Введение**

Производство химических продуктов должно удовлетворять главным требованиям сегодняшнего дня: они должны производиться в нужное время и удовлетворять требованиям по качеству. Особенно они актуальны для производств с непрерывной химической технологией, которые, как правило, представляют из себя сложные системы, состоящие из большого числа взаимодействующих типовых процессов.

**Основная часть**

Методы нахождения экономически наиболее выгодных решений при проектировании и эксплуатации химического производства рассматривались нами при разработке одного из

новых направлений в отраслевой экономике – экономике типовых процессов химической технологии [1]. Она базируется на экономико-математических моделях (ЭММ) типовых технологических процессов и производств, базирующихся на математическом описании взаимозависимостей между технологическими и конструктивными параметрами химической аппаратуры и их технико-экономическими показателями.

**Цель работы**

Современное понимание различных по степени сложности химико-технологических систем (ХТС) связано, прежде всего, с их представлением в виде цепочки, состоящей из

типовых процессов, каждый из которых представляет собой самостоятельный объект исследования и поэтому нуждается в обособлении от остальных элементов ХТС. Изучение разрываемых в данном случае взаимосвязей невозможно без выделения в самостоятельную группу показателей, характеризующих степень влияния оптимизируемого объекта на внешнюю среду. Эти показатели предлагается называть выходными и использовать для оценки роли и значения оптимизируемого объекта в ХТС. Если объектом является типовой процесс химической технологии, его выходными показателями могут быть количество готовой продукции, ее качество, температура и т. д. Для ХТС, представляющих промышленные предприятия, выходными показателями выступают номенклатура производимой продукции, потребность в ней, пункты размещения и т. п.

#### Материалы и методы исследования

Группу показателей, характеризующих внутреннюю способность системы к решению стоящих перед нею задач, в частности, ее технический и экономический потенциалы называют показателями состояния. Применительно к типовой химической аппаратуре в число этих показателей можно включить основные конструктивные параметры оборудования, его стоимостные показатели, данные о загрузке и т. д. Для более сложных ХТС такими величинами могут быть стоимость основных и оборотных фондов, показатели технического уровня предприятий и т. п.

Заметим, что группировка показателей, характеризующих внешние связи разных по степени сложности элементов ХТС, на входные показатели и показатели состояния в значительной степени условна. Состав показателей, включаемых в ту или иную группу, может трансформироваться в зависимости от целей, которые ставит перед собой исследователь системы.

Заметим, что в числе входных, выходных показателей и показателей состояния могут быть показатели, отражающие как количественные, так и качественные признаки оптимизируемых объектов. Включение качественных признаков осуществлено с целью получения более полных описаний объектов оптимизации, сводящихся к перечислению всех характеризующих показателей и составлению уравнений связей между ними. Наборы этих показателей в отличие

от векторов рекомендуется называть кортежами входных показателей состояния ХТС.

Обозначим указанные кортежи соответственно через:

$$\begin{cases} X = \langle x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n \rangle \\ Y = \langle y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_m \rangle \\ Z = \langle z_1, z_2, \dots, z_k, \dots, z_l \rangle \end{cases} \quad (1)$$

Схематически кортежи, в которые вошли показатели, отражающие связи оптимизируемой ХТС с внешней средой, изображены на рис. 1.

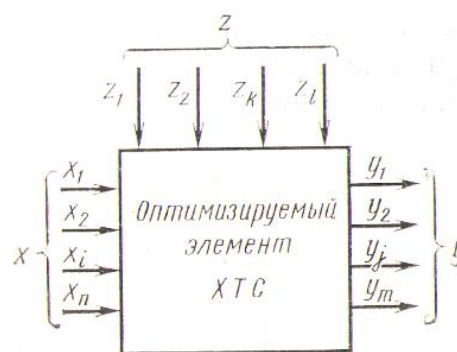


Рис. 1. Кортежи входных, выходных показателей и показателей состояния ХТС

Fig. 1. Trains of entrance, output indicators and indicators of a condition of HTS

Очевидно, множество возможных значений входных показателей оптимизируемой системы есть некоторое множество кортежей длины \$n\$, которое удобно обозначать через \$X\$.

Таким образом, запись \$x \in X\$ будет соответствовать рассмотрению возможного значения входных показателей кортежа \$x\$. Обозначив через \$Y\$ множество возможных выходных показателей, а через \$Z\$ – множество показателей состояния оптимизируемой системы, можно в любой момент времени заданием кортежей \$x, y, z\$ полностью охарактеризовать эту систему. Используя введенное К. А. Багриновским понятие портрета системы, объединим указанные три кортежа в один кортеж

\$s = \langle x, y, z \rangle\$ Очевидно, что \$s\$ есть элемент множества \$S\$, которое само является декартовым произведением трех множеств – \$X, Y, Z\$:

$$S = X \times Y \times Z \quad (2)$$

Состав показателей, включаемых в кортежи \$x, y\$ и \$z\$ будет изменяться в зависимости от тех конкретных целей, которые ставит перед собой исследователь ХТС. Соответственно изменятся и

элементы  $s$  множества портретов  $S$ , определяемые переменным составом показателей входа, выхода и внутреннего состояния.

По способу преобразования этих показателей в оптимизируемых ХТС можно подразделить системы на три типа. Системы, для которых каждому входу  $x$  отвечает определенный и единственный выход  $y$ , относятся к первому типу. Связь между ними в этом случае представляется в виде функциональной зависимости  $y=f(x)$ . Применительно к наиболее простым элементам ХТС – типовым процессам химической технологии в качестве таковых могут быть использованы явные и неявные функциональные зависимости между величинами  $x$  и  $y$ . Очевидно, что для систем первого типа должно существовать однозначное соответствие между множеством  $X$  возможных входов и множеством  $Y$  возможных выходов оптимизируемой системы:  $X \rightarrow Y$ . В предположении, что не каждую пару  $X, Y$  можно реализовать в реальных системах, вводится понятие допустимого портрета системы. Для систем, отнесенных к первому типу, им окажется любая пара кортежей  $\langle x, y = f(x) \rangle$ , а всякая другая комбинация входных и выходных кортежей  $\langle x, y \rangle$  будет считаться недопустимой.

Аналогично для систем второго типа, в которых одновременно учитываются:

1) изменение показателей внутреннего состояния в зависимости от изменения входов  $z = \varphi(x)$  и

2) изменение выходов, обусловленное изменением входов и показателей внутреннего состояния  $y = f(x, z)$ , можно записать, что  $X \rightarrow Z, (X \times Z) \rightarrow Y$ . Таким образом, допустимый портрет для систем второго типа представляется как

$$s = \langle x, z = \varphi(x), y = f(x, z) \rangle. \quad (3)$$

В системах первого и второго типов все возможные варианты выходов и внутренних состояний полностью определяются заданием входных показателей. Но существуют и более общие системы, в которых каждому входу  $x \in X$  в принципе может отвечать более чем одно состояние, реализуемое в зависимости от выбора конкретных управляющих воздействий. В этих системах, отнесенных к третьему типу, паре  $\langle \langle \text{вход и внутреннее состояние} \rangle \rangle$ , также может соответствовать не одно, а несколько возможных значений выходных данных системы. Для

формирования допустимых портретов систем третьего типа предлагается задавать два подмножества:

$$\phi \subset X \times Z \quad \text{и}$$

$$F \subset (X \times Z) \times Y.$$

Тогда портретсистемы  $S = \langle x, y, z \rangle$  является допустимым, если элементы  $\exists X, y \exists Y, z \exists Z$ , пара  $\langle x, z \rangle \in \phi$ , а сама тройка  $\langle x, y, z \rangle \in F$ .

#### Результаты исследования и их обсуждение

Применительно к ХТС, рассматриваемым в настоящей статье, к первому типу будут отнесены системы, обладающие большим числом закрепленных управляющих параметров. Параметры систем, относимых ко второму классу, обладают большим числом переменных характеристик. Системы третьего типа формируются из общих для них свойств многовариантности, неоднозначности выбора внутреннего состояния при заданном входе или неоднозначности выхода при определенном внутреннем состоянии.

Заметим, что всем трем типам систем присуще свойство управляемости, как для отдельных стадий, так и для всей цепочки в целом.

#### Заключение

Таким образом, задачу оптимального управления можно сформулировать следующим образом: предположим, по результатам маркетинговых исследований поступило задание вдвое снизить месячную производительность технологической цепочки. Подобную задачу можно решить двояким способом:

1. Остановить работу ХТС, настроенную на выполнении месячного планового задания и оставшиеся 15 дней использовать для очистки, промывки и сушки химического оборудования. Понятно, что это очень трудоемкий и затратный способ решения поставленной задачи.

2. Имея математические описания процессов, протекающих в каждом из аппаратов оптимизируемого производства, можно не останавливая производство рассчитать тот набор управляющих параметров, которые позволят выполнить заниженное вдвое плановое задание с минимальными затратами на производство [3].

В следующей статье будут показаны результаты решения подобной задачи на примере многостадийной ХТС, задействованной в производстве моновинилацетилена, основного мономера для производства хлоропреновых каучуков и латексов.

### Список литературы

1. Кантарджян, С. Л. Экономические проблемы оптимизации химико-технологических процессов. – М. «Химия». – 1980. – 152 с.

2. Багриновский, К. А., Бендиков, М. А., Хрусталева, Е. Ю. Современные методы управления технологическим развитием. – М. Росизн. – 2001. – 271 с.

3. Маслов, Д. В., Рубаник, Ю. Т., Адлер, Ю. П., Тишков, Ю. С. Форум Деминга: стратегия качества для России: колл. мон. Астраханский ун-т. – 2011. – 255 с.

### References

1. Kantardzhyan, S. L. Economic Problems of Optimization of Chemical Engineering Processes. M. «Chemistry». 1980. 152 p.

2. Bagrinovsky, K. A., Bendikov, M. A., Khrustaleva, E. Yu. Modern Management Techniques of Technological Development. M. Rosien. 2001. 271 p.

3. Maslov, D. V., Rubanik, Yu. T., Adler, Yu. P., Tishkov, S. Yu. Deming's Forum: a quality strategy for Russia: a collective monograph Astrakhan University Press. 2011. 255 p.

**Кантарджян Саркис Леонович**, профессор кафедры управления и менеджмента Ереванского государственного университета, доктор экономических наук

**Рафян Татевик Акоповна**, аспирантка Ереванского государственного университета

**Sargis L. Kantardzhyan**, Doctor of Economics, Professor, Department of Administration and Management, Yerevan State University

**Tatevik A. Rafyan**, Post-graduate Student