

## ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПРИНЦИПА НЕОБХОДИМОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЭШБИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К УПРАВЛЕНИЮ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

*Управление в социально-экономических системах рассматривается на основе системной методологии. Показано, что использование принципа необходимого разнообразия Эшби позволяет выявить некоторые особенности поведения сложных организационных систем.*

**Ключевые слова:** энтропия, организационная система.

I.S. Klimenko

## THE ASHBY PRINCIPLE INTERPRETATION ACCORDING TO MANAGEMENT IN SOCIAL-ECONOMICAL SYSTEMS

*The management in social-economical systems is analyzed on the basis of system methodology. There is pointed that the using of Ashby principle allows to identify some features of complex organizing systems.*

**Keywords:** entropy, organizing system.

Принцип необходимого разнообразия, сформулированный У.Р. Эшби [1], составляет один из основополагающих положений теории систем. Он применим к весьма широкому кругу информационных процессов (исследование, управление, обучение) и получил широкую известность благодаря образной формуле: «Только разнообразие может уничтожить разнообразие».

Однако принятая интерпретация принципа Эшби, которая проводится, как правило, с привлечением понятия энтропии (см., например [2]), может приводить к неоднозначным толкованиям и, в то же время, не учитывает специфики сложных социально-экономических систем, важнейшим элементом которых является человек. К тому же, односторонне воспринимаемое понятие «уничтожение разнообразия» может служить дополнительным источником неопределенности.

Применительно к анализу сложных систем, признаком которых является наличие неоднородных (векторных) связей, понятие разнообразия тесно связывается с понятиями информации и энтропии. Это выглядит совершенно оправданно, однако, по нашему мнению, для исключения возможности возникновения противоречий следует непременно учитывать тонкую грань, различающую информационную и термодинамическую (физическую) энтропию.

Введение в рамках статистической физики понятия энтропии как меры вероятности осуществления какого-либо макроскопического состояния системы позволило дать наиболее общую формулировку второго начала термодинамики.

Из хорошо известной формулы Больцмана следует, что чем большим числом микросостояний может быть реализовано определенное макросостояние, тем в большей степени не упорядочена система, и энтропия выступает в качестве меры этой неупорядоченности. Возрастание энтропии в изолированной системе обусловлено, в конечном счете, равновероятностью множества ее микросостояний, приводящих такую систему в наиболее вероятное макросостояние (состояние термодинамического равновесия).

Таким образом, здесь энтропия выступает в качестве меры разнообразия возможных микросостояний, уводящего систему от детерминированного (упорядоченного) состояния. При этом, как известно, закон возрастания энтропии выполняется с точностью до флуктуаций, ограничивающих разнообразие микросостояний гауссовым распределением вероятностей, уводящим систему от предельной неопределенности.

Важнейшим шагом на пути понимания сущности феномена информации и природы информационных процессов явилось привлечение понятия энтропии для введения меры количества

<sup>1</sup> Доктор физико-математических наук, профессор НОУ ВПО «Российский новый университет».

информации. К. Шеннон, развивая идеи Г. Найквиста и Р. Хартли [3], предложил [4] исчислять количество информации, переданной по каналу связи, по формуле

$$H = \sum P_i \log_2 P_i, \quad (1)$$

где  $P_i$  – вероятность того, что будет выбран  $i$ -ый символ из полного набора символов, вырабатываемых источником сообщений.

Первоначально такое заимствование выглядело как чисто формальный прием, однако, после того как Л. Бриллюэн показал [5], что между вычисленным согласно (1) количеством информации и уровнем физической (термодинамической) энтропии существует содержательная взаимосвязь, стал очевидным универсальный характер шенноновской меры. Она, как выяснилось, позволяет выявить соотношение между количеством априори неизвестной и предсказуемой (избыточной) информации. В целом же теория информации рассматривает энтропию как меру априорной (а также возникающей в ходе опыта) неопределенности, тем большей, чем меньше вероятность последующего события зависит от предыдущих событий.

При формализации принципа Эшби исходят из аксиом теории управления, определяющих, что управление заключается в ограничении разнообразия состояний объекта управления. В идеале неопределенность относительно состояний объекта управления в управляющей системе должна полностью отсутствовать, и объект управления должен находиться в требуемом состоянии с вероятностью, равной единице. Это означает, что энтропия объекта управления для ЛПР управляющей системы должна быть равна нулю.

Естественным критерием эффективности управления является степень соответствия управляющих воздействий состояниям объекта управления в каждом цикле управления. При реальном же управлении имеет место отклонение состояния объекта управления от требуемого состояния, что обусловлено рядом причин.

Для формального представления принципа Эшби используются понятия безусловной и условной энтропии. Безусловная энтропия определяется как вся потенциальная информация, т.е. мера априорной неопределенности. Условная энтропия – это остаточная энтропия после получения сообщения. Разность между условной и безусловной энтропией составляет количество полученной информации.

Смысл принципа необходимого разнообразия Эшби, определяющего предельные возмож-

ности управления при наличии информационного обмена между управляющей системой (УС) и объектом управления (ОУ), выражается соотношением:

$$H(X/Y) = H(Y)_{max} - H(X) + H(Y/X), \quad (2)$$

где  $H(X/Y)$  – степень несоответствия управляющих воздействий состояниям ОУ, т.е. условная энтропия воздействий УС для ОУ;

$H(Y)_{max}$  – безусловная энтропия состояний ОУ для УС, отражающая разнообразие возможных состояний ОУ и тем самым – неопределенность относительно ожидаемого в УС сообщения о состоянии ОУ;

$H(X)$  – безусловная энтропия воздействий со стороны УС для ОУ, отражающая разнообразие управляющих воздействий УС и тем самым – неопределенность относительно ожидаемого в ОУ управляющего воздействия;

$H(Y/X)$  – условная энтропия состояний ОУ для УС после получения сообщения УС соответствующих сообщений.

Из (2) следует, что для повышения эффективности управления, т.е. уменьшения энтропии  $H(X/Y)$  необходимо:

- уменьшение  $H(Y)_{max}$ , т.е. сокращение разнообразия возможных состояний ОУ;
- увеличение разнообразия управляющих воздействий  $H(X)$  как минимум до уровня  $H(Y)_{max}$ ;
- уменьшение степени несоответствия получаемых УС сообщений о состоянии ОУ их реальным состояниям  $H(Y/X)$ .

Рассмотрим эти известные рекомендации применительно к техническим и организационно-экономическим системам.

1. Уменьшение разнообразия состояний объекта управления, в принципе, означает его упрощение, что эквивалентно увеличению его физической энтропии. Действительно, сталкиваясь с задачей управления сложной системой, мы ограничиваемся использованием только части возможных управляющих воздействий. В то же время, информационная энтропия, отражающая неопределенность ожидаемого сообщения о состоянии объекта управления для управляющей системы, в этом случае уменьшается. Иными словами, энтропия системы – объекта и системы – процесса управления изменяются в противоположных направлениях.

Очевидно, что в эпоху стремительного усложнения технических и информационных систем такой путь повышения эффективности их управления не выглядит оправданным.

Однако для сложных организационных систем ситуация выглядит иначе. Как известно, в процессе своей жизнедеятельности многие сложные организационные системы проявляют тенденцию к дальнейшему усложнению, обрстая все новыми структурными единицами. При этом их эффективность, как правило, снижается в силу несоответствия целей структурных подразделений целям организации. Возникает задача упрощения громоздкой структуры, ее оптимизации, нашедшая свое выражение в методологии реинжиниринга бизнес-процессов.

2. Увеличение разнообразия управляющих воздействий как минимум до уровня разнообразия возможных состояний объекта управления. Прежде всего, отметим, что, на наш взгляд, некорректно выглядит утверждение о том, что задача состоит в увеличении энтропии управляющей системы. Неопределенность для объекта управления относительно ожидаемого сообщения, конкретизирующего смысл управляющего воздействия, не связана с необходимостью принятия решения. Речь идет о выполнении рутинных информационных процессов – обработке управляющих воздействий.

Что же касается увеличения разнообразия управляющих воздействий, то оно составляет не что иное, как ресурс управления управляющей системы.

Отметим также, что организационные системы, как правило, обладают способностью к самоорганизации, т.е. к изменению (в том числе к усложнению) своей структуры и поведения. Это обстоятельство ставит вопрос соотношения разнообразий по-новому, а именно в том смысле, что разнообразие управляющих воздействий должно существенно превосходить разнообразие состояний объекта управления. Речь идет о целесообразности наличия различных по смыслу воздействий для вывода объекта управления из одних и тех же состояний, в частности – экстремальных.

Кроме того, управляющая система может прогнозировать появление у объекта управле-

ния конкретных эмерджентных свойств и соответствующим образом расширять свой ресурс управления. В еще большей степени это относится к случаю привлечения принципа Эшби для оценивания эффективности обучения и исследований.

3. Уменьшение степени несоответствия получаемых сообщений реальному состоянию объекта управления. Обычно эта рекомендация направлена на обеспечение беспомеховой передачи сообщений, в первую очередь – от объекта управления к управляющей системе, поскольку несоответствие между предполагаемым и реальным состоянием объекта управления будет автоматически приводить к выработке неадекватных управляющих воздействий.

Однако в организационных системах кроме того существенную роль играет человеческий фактор. Нередки случаи сознательной дезинформации ЛПР управляющей системы со стороны ЛПР объекта управления, что не только чревато снижением эффективности функционирования систем, но и приводит к катастрофическим последствиям. Достаточно вспомнить недавний случай с круизным лайнером *Costa Concordia*.

Можно полагать, что указанные особенности эффективного управления сложными социально-экономическими системами целесообразно учитывать при решении конкретных проблем.

### Литература

1. Эшби, У.Р. Введение в кибернетику. – М. : ИЛ, 1959.
2. Анфилатов, В.С., Емельянов, А.А., Кукушкин, А.А. Системный анализ в управлении. – М. : Финансы и статистика, 2005.
3. Хартли, Л. Передача информации // Теория информации и ее приложения. – М. : Физматгиз, 1959.
4. Шеннон, К.Э. Работы по теории информации и кибернетике. – М. : ИЛ, 1963.
5. Бриллюэн, Л. Наука и теория информации. – М. : Физматгиз, 1960.