

НЕСТАТИСТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В УПРАВЛЕНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ СИСТЕМАМИ

С.В. Чупров

С позиций теории систем предложен метод детерминированной оценки нестатистической информации и упорядоченности состояний производственной системы. На базе концепции разнообразия состояний системы раскрыты свойства меры упорядоченности и неупорядоченности состояний производственной системы. Обоснован способ применения нестатистической информации в адаптивном управлении производственными системами.

Ключевые слова: детерминированная оценка, принцип достаточности, разнообразие состояний, устойчивость, энтропия.

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на конструктивность и широкую распространённость применения, энтропийное оценивание информации не исчерпывает ее специфики в производственных системах, поскольку за рамками анализа остаются значимые черты их поведения. Крупнейший математик XX в. А.Н. Колмогоров полагал, что аксиоматическое направление исследования информации с помощью показателя энтропии не учитывает качественный аспект информации. «Качественное своеобразие информации оказывается при этом несущественным», — отмечал он, и «надо понимать, что при всей увлекательности идей теории информации подобное стирание качественных особенностей информации имеет место только с известным приближением и при определенных условиях» [1, с. 38]. «Теория информации в ее теперешнем виде игнорирует смысл информации и тем более ценность информации для получателя», — утверждал А.А. Харкевич [2, с. 489]. Солидарен с ними и Г. Хакен: «Шенноновская информация никак не связана со смыслом передаваемого сигнала. В его концепцию информации не входят такие ее аспекты, как осмысленность или бессмысленность, полезность или бесполезность и т. д.» [3, с. 34–35].

Фокусирование внимания на качественной стороне информации вызвано необходимостью знать не только энтропийную меру состояний производственной системы (ПС), но и их отличительные особенности: состояния различаются продолжительностью, размерностью их чередования,

определяющими динамику поведения производственной системы и дополняющими картину ее функционирования. Именно сочетание количественных и качественных признаков состояний помогает преодолеть однобокость вероятностной характеристики поведения производственных систем и достичь более емкого описания специфики их деятельности.

1. РАЗНООБРАЗИЕ СОСТОЯНИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

Исследование информационных процессов в эволюционирующих ПС наталкивается на проблемы, вызванные универсальностью этих процессов и послужившие предметом дискуссии в 1960–1970 гг. Каково содержание понятия информации? Существует ли она в неживой природе? Какие свойства у информации? Эти и подобные им вопросы преследуют специалистов в ходе изучения систем в информационном разрезе.

Ответ на них потребовал логико-гносеологического анализа развития понятия информации, заинтересованно освещавшегося в нашей философской литературе. Итогом совместного обсуждения этой проблемы стало признание информации общенаучной категорией, которая тесно связана с разнообразием и отражением. Можно утверждать, что информация появляется там, где существует разнообразие (элементов, свойств, состояний и др.), причем объекты могут взаимодействовать, хранить и отражать это разнообразие. Воспроизведение разнообразия осуществляется благодаря от-



ражению, и потому информацию можно понять как отраженное разнообразие, а сам информационный процесс — как отражение разнообразия. Поскольку разнообразие и отражение свойственны всей материи, то и информация выражает всеобщий атрибут материи, а не только живой природы.

Настоящее утверждение проливает свет на природу информации и принципиально для нас в двух отношениях.

Во-первых, информация образуется и передается не только в процессе сознательной деятельности человека, ее объективно содержит как живая, так и неживая материя. В частности, размышляя об эволюции живых существ, П.К. Анохин выдвинул гипотезу о том, что уже на очень ранней стадии развития (в безлюдную эпоху) возникло универсальное приспособление с помощью передачи по каналу обратной связи информации о полезности произведенного этими существами действия. На этом основании «обратная информация в мире живых существ является абсолютно необходимым условием выживания и потому получила свое широкое развитие задолго до того, как на Земле появился человек» (выделено в тексте П.К. Анохиным) [4, с. 218]. Разрабатывая информационную теорию стоимости, К.К. Вальтух обращает внимание на информацию, воплощенную в природных и воспроизводимых средствах производства [5].

Такой подход разделили и специалисты, посвятившие свои изыскания осмыслению природы и свойств информации и информационных процессов. Весьма выразительно писал на эту тему В.М. Глушков: «Информацию несут в себе не только испещренные буквами листы книги или человеческая речь, но и солнечный свет, складки горного хребта, шум водопада, шелест листья и т. д.» [6, с. 15]. Тем более информация заложена в технических средствах ПС (в оборудовании, аппаратуре, коммуникациях и др.), в технологии изготовления изделий и в самих изготавливаемых продуктах труда (деталях, узлах, агрегатах, готовых изделиях и т. п.).

Во-вторых, информация имеет основание для рассмотрения под различным углом зрения и измерения соответствующим способом, в том числе и нестатистическом. Энтропийное оценивание информации должно уступить невероятностным методам, когда требуется детерминированная мера разнообразия элементов. В этом отношении уместно вновь вернуться к мнению А.Н. Колмогорова о том, что «информация по своей природе — не специально вероятностное понятие» [7, с. 43].

Мысль о двух частях в теории информации была высказана еще в 1949 г. Дж. фон Нейманом. В его лекциях по теории и организации сложных автоматов мы находим, что «теория информации состоит из двух частей: точной и вероятностной. Вероятностная часть наиболее важна для современной вычислительной техники, а точная часть служит не-

обходимым введением к ней. Эта точная часть теории информации представляет собой просто иной способ работы с формальной логикой» [8, с. 62].

2. СТАТИСТИЧЕСКИЙ И НЕСТАТИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ИНФОРМАЦИИ

Оба подхода к определению информации — статистический и нестатистический — базируются на свойстве разнообразия элементов, поскольку если этого разнообразия среди них нет, то нет и информации. В первом из этих подходов разнообразие присутствует в исходах выбора элементов, во втором — в самом наличии различных элементов. Понятно, что множество отличающихся друг от друга элементов свойственно наибольшее разнообразие, что дает максимальную энтропию (выбор любого элемента равновероятен, а это увеличивает до определенного предела энтропию, и, следовательно, количество сохраняемой во множестве информации) и максимум нестатистической информации, имеющейся во множестве этих элементов.

В философском отношении эта двойственность вполне обоснована: первому подходу присуща возможность, выражаемая через категорию вероятности, второму — действительность состояний ПС, и вместе они взаимно дополняют друг друга.

Между тем, эволюция ПС может быть подчинена какому-либо порядку либо, наоборот, носить в какой-то степени произвольный характер. В первом варианте в последовательности состояний станет больше предсказуемых и типичных состояний, во втором — меньше. Поэтому разнообразие состояний системы в обоих вариантах будет иным, и упорядочение их будет означать сокращение разнообразия состояний из-за уменьшения «шума». Теоретик концепции разнообразия У. Эшби считал, что мир без ограничений разнообразия был бы полностью хаотическим, отчего из ограничения разнообразия обычно можно извлечь пользу [9, с. 185, 187].

На фоне энтропийного оценивания состояний системы их разнообразие также трактовалось в терминах статистического подхода и связывалось с неопределенностью поведения этой системы. Вводимая в систему информация ограничивала шум и разнообразие ее состояний, в результате чего функционирование системы становилось гораздо определеннее и упорядоченнее. Это обстоятельство позволило в свое время сформулировать тезис о том, что информация — это упорядоченное отражение. Однако непомерный уровень шума в работе ПС вызывает ее дезорганизацию и может угрожать устойчивости системы, если не блокировать его рост. Контролируемое поведение ПС удается сохранять благодаря наращиванию управляющей информации, способной удерживать работу системы в допустимом режиме. Ведь инфор-

мация уменьшает разнообразие состояний системы и делает ее поведение более предсказуемым.

3. НЕСТАТИСТИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗНООБРАЗИЯ СОСТОЯНИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

Концепция разнообразия открывает возможность упорядочения состояний, имеющих и нестатистическое происхождение. Под ограничением разнообразия подразумевается уменьшение числа различных состояний, которое сопровождается накоплением информации в их последовательности. Но количество информации, находящейся в заданной комбинации состояний ПС и лишенной потому случайной закономерности, должно измеряться детерминированными параметрами. Трудность же состоит в том, что объективизация параметров осложняется индивидуальным восприятием их аналитиками и привнесением доли произвола в формализуемые ими функциональные зависимости. И, хотя субъективный подход обычно ассоциируется с потерей строгости, его формальные приемы, как показывает практика, могут быть вполне математическими и конструктивными по своим выводам.

Действительно, последовательность состояний ПС отнюдь не всегда случайная и может быть детерминирована наперед заданной комбинацией. Например, часто предсказуемы или заранее известны номенклатура подлежащих изготовлению изделий, объем и трудоемкость их производства. Привлечение в этом случае вероятностного инструментария к анализу уже сложившейся комбинации состояний ПС (речь не идет об устранении влияния на нее случайных возмущений в процессе реализации этих состояний) придает иную трактовку описываемому явлению и потому встречает методологические возражения.

Учитывая же производственную специфику состояний системы, примем, что разнообразие состояний порождается многотипностью обрабатываемых в ней изделий (заготовок, деталей, узлов, сборочных единиц, готовых изделий и др.) и сменяемостью их изготовления. Комбинация различных производственных работ, имеющих длительность и последовательность во времени, создает определенный режим работы ПС и разнообразие ее состояний. При таком подходе устойчивость поведения ПС будет осуществима лишь тогда, когда при нарастающем разнообразии состояний она сохранит свои параметры в допустимых пределах.

Тем самым в центре исследования оказываются динамика и взаимосвязь параметров упорядоченности состояний и устойчивости ПС, позволяющих поддерживать ей намеченный режим функционирования. Отправным пунктом для определения обоих параметров ПС служит уровень разнообразия ее состояний. Однако, если упорядоченность

ПС предполагает уменьшение этого разнообразия, то устойчивость ее, наоборот, — резервирование состояний для нейтрализации отягощающих воздействий среды. Разнообразие состояний складывается под влиянием их различия, и в этом смысле устойчивость ПС характеризуется ее способностью «освоить» неоднородные состояния, тогда как предпосылкой упорядоченности работы системы служит их однородность¹.

4. ДЕТЕРМИНИРОВАННАЯ МЕРА УПОРЯДОЧЕННОСТИ СОСТОЯНИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

Выполним анализ упорядоченности состояний ПС, для чего автор предлагает формализовать процесс изменения этих состояний с позиций детерминированного подхода [10]. Для измерения степени упорядоченности состояний ПС введем функцию, оценивающую степень их однородности и зависящую от числа типов и масштабов производства изделий некоторой ПС:

$$h = \sum_{i=1}^n (q_i/q)^2, \quad (1)$$

где q_i — масштаб (трудоемкость) производства изделий (заготовок, деталей, узлов, сборочных единиц, готовых изделий)² i -го типа в ПС, норма-час;

$q = \sum_{i=1}^n q_i$ — масштаб (трудоемкость) производства изделий всех n типов в ПС, норма-час; n — число изготавливаемых или обрабатываемых типов изделий в ПС, ед.

Функция h симметрична, выпукла, ее значения $h \in (0, 1]$ и меняются непрерывно. При этом ее максимум $h_{\max} = 1$ приходится на изготовление $n = 1$ типов изделий, а минимальное значение

$$h_{\min} = n^{-1} \quad (2)$$

примечательно тем, что не зависит от удельных масштабов производства q^i/q , когда они совпадают, и определяется лишь заданным числом n типов изделий. Такое свойство функции h для нас полезно и в этом отношении сближает ее с показателем энтропии, который, как известно, тоже не зависит

¹ Однородность состояний здесь подразумевает их качественное сходство и поэтому, чем продолжительнее занята ПС изготовлением или обработкой однотипных изделий, тем выше степень однородности и упорядоченности состояний системы. И наоборот, нарастание числа закрепленных за нею отличающихся по типу изделий и нивелирование масштабов (трудоемкости) их производства влечет за собой уменьшение однородности и упорядоченности состояний этой системы.

² Из теоретических соображений полагаем, что масштаб (трудоемкость) производства изделий усреднен и соответствует значению математического ожидания этого показателя, т. е. величина q_i в формуле (1) является неслучайной.



от вероятностей исходов, когда они одинаковы, и количественно определяется лишь числом возможных исходов. Значения функции h и показателя энтропии у К. Шеннона [11] всегда положительны.

Интересно, что некоторые черты изменения функции h подобны энтропии, правда, имеют противоположную направленность. Прежде всего, с выравниванием удельных масштабов производства q^i/q функция h уменьшается, тогда как показатель энтропии с выравниванием вероятностей исходов увеличивается. Далее, в упомянутом случае (при одинаковых удельных масштабах производства q^i/q) функция h при заданном n имеет минимум, а энтропия при одинаковых вероятностях и заданном числе исходов — максимум. И, наконец, функция h достигает своего максимального предела (1, 0) при $n = 1$, в то время как энтропия в аналогичной ситуации (при единственной вероятности, равной единице) достигает своего минимального предела (0, 0).

5. СВОЙСТВА ФУНКЦИИ УПОРЯДОЧЕННОСТИ СОСТОЯНИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

Продолжим анализ функции h . Существование неснижаемого минимального предела (2) подводит к мысли о том, что при фиксированном n для последовательности состояний характерна некая начальная упорядоченность h_0 , формально отождествляемая с тем же выражением:

$$h_0 = h_{\min} = n^{-1}. \quad (3)$$

Отсюда вытекает первый вывод относительно изменения размера начальной упорядоченности состояний ПС.

Вывод 1. По мере увеличения числа n типов изделий начальная упорядоченность h_0 состояний ПС уменьшается и при $n \rightarrow \infty$ стремится к нулю: $h_0 \rightarrow 0$. ♦

Между тем, в конкретном случае упорядоченность состояний ПС обязательно должна быть наименьшей: в зависимости от значений n и дроби q^i/q значение h (1) может быть и иным, но при этом всегда $h \geq h_0$. Уместно предположить, что случай строгого неравенства $h > h_0$ соответствует наличию среди состояний ПС дополнительной упорядоченности, которая введена в ПС (обозначим ее Δh_B) и численно равна разности между ними

$$\Delta h_B = h - h_0 = h - n^{-1} \quad (4)$$

с учетом равенства (3).

Перепишав эту формулу относительно h , получим сумму

$$h = n^{-1} + \Delta h_B \quad (5)$$

и сформулируем

Вывод 2. При равных условиях относительно Δh_B ($\Delta h_B = \text{const}$) упорядоченность состояний ПС будет возрастать при уменьшении числа находящихся в производстве различных типов изделий (n). Верно и обратное: увеличение числа n типов изделий при тех же условиях ведет к уменьшению упорядоченности состояний ПС. ♦

Рассматривая полученные выводы под углом зрения устойчивости ПС, можно заметить, что для ее обеспечения система должна обладать способностью изготовления достаточного числа типов изделий, что не противоречит необходимости минимизировать число фактически запускаемых в производство типов изделий. Если возможность уменьшения n исчерпана, то дальнейшее упорядочение состояний ПС проводится посредством «ввода в действие» другого слагаемого (5) Δh_B , для чего укажем на

Вывод 3. Дополнительное упорядочение ($\Delta h_B \rightarrow 1$) при неизменном n ($n = \text{const}$), согласно равенству (4), имеет место в процессе максимизации h ($h \rightarrow 1$) путем группирования масштабов производства q_i для наращивания времени изготовления одних и сокращения времени производства других типов изделий. ♦

Это означает целенаправленный переход к доминированию ограниченного числа различных состояний в ПС или, в терминах экономики, повышение концентрации производства. В этом случае в череде состояний системы появляются преобладающие, что придаст им больше повторяемости и стабильности.

Найдем относительную упорядоченность, для чего сравним Δh_B с достигнутой упорядоченностью состояний ПС. Поскольку общая упорядоченность оценивается величиной h , долю введенной упорядоченности оценим отношением $\Delta h_B/h = 1 - (nh)^{-1}$, принимая во внимание равенство (4).

Вывод 4. Приближение $\Delta h_B \rightarrow h$ имеет место при монотонном увеличении произведения nh . Во всяком случае, необходимо, чтобы выполнялось условие $nh \gg 1$ или равносильное ему условие $h \gg n^{-1}$. ♦

Обратим внимание на следующее характерное положение. До сих пор без обсуждения предполагалось, что для производственных систем соблюдается условие, которое можно рассматривать как аксиому постоянства совокупной упорядоченности и неупорядоченности ее состояний: изменение одной из них влечет за собой изменение другой в противоположном направлении, но в равной мере, а именно: приращение упорядоченности на какую-либо величину означает убывание неупорядоченности состояний на такую же величину, и, наоборот, рост неупорядоченности состояний сопровождается уменьшением их упорядоченности в

той же численной мере. Для развиваемого автором подхода такой принцип корректен и получает не только содержательное, но и математическое подтверждение [12, с. 189, 308–318]. Формализованный анализ дает основание для заключения о том, что сумма показателей упорядоченности h и неупорядоченности (обозначим его символом h') состояний системы всегда есть величина постоянная и равна единице:

$$h + h' = 1. \quad (6)$$

По существу, в статистическом подходе принят близкий по смыслу негэнтропийный принцип информации Л. Бриллюэна [13], утверждающий, что при поступлении в систему информации ее энтропия уменьшается, а негэнтропия увеличивается на одно и то же количество вводимой информации.

Вывод 5. Для производственных систем справедлив принцип, который можно назвать принципом достаточности. Согласно ему совокупная величина упорядоченности и неупорядоченности состояний ПС не меняется и численно всегда равна единице, что имеет аналогию и в статистической трактовке поведения системы. ♦

Воспользуемся этим правилом. Заметим, что при заданном n максимальный предел неупорядоченности с учетом формул (2) и (6) определяется выражением:

$$h'_{\max} = 1 - h_{\min} = 1 - n^{-1}.$$

Принимая теперь в соответствии с формулой (6) величину $h' = 1 - h$, найдем, что разность

$$h'_{\max} - h' = h - n^{-1} = \Delta h_B, \quad (7)$$

как и следовало ожидать, есть введенная в ПС упорядоченность состояний Δh_B (4) или в кибернетическом аспекте абсолютная организация системы. Выражение (7) подчеркивает то свойство, что упорядоченность ПС будет тем выше, чем меньше в ней неупорядоченность состояний h' по сравнению с максимально возможной неупорядоченностью h'_{\max} . Это свойство можно трактовать как проявление закона сохранения организации.

6. ГИБКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

Предложенный подход к измерению нестатистической информации и оценке показателя упорядоченности состояний h находит применение в адаптивном управлении производственными системами. Так, по мере роста разнообразия их состояний резонно ослабить строгость вводимых ресурсных ограничений и разрешить приближенное их выполнение, т. е. ограничения в модели формирования плана производства должны быть «смягчены»: не превышение какого-то ресурса допускало в случае надобности «перерасход» его, ограниче-

ние снизу — снижение показателя за этот порог, а равенство выдерживать примерно. При этом по понятной причине степень «размытости» ограничений не может выходить за некоторые пределы и должна быть величиной регулируемой.

Такой подход позволяет обойти и другую проблему, о которой нередко забывают при разработке моделей производственного планирования. Речь идет о том, что указание точных ограничений в оптимизационных моделях наталкивается на трудности, связанные с многомерностью математического описания и сопровождением его поиском большого объема информации. Об этой проблеме в свое время озабоченно писал В.М. Глушков: «В классических постановках оптимизационных задач труд, который необходимо затратить для точного задания границ области, не принимается во внимание. Между тем, этот труд далеко не полностью поддается процессу формализации и автоматизации и зачастую оказывается гораздо более громоздким и длительным, чем последующее решение на ЭВМ самой оптимизационной задачи» [14, с. 2].

Для формирования таких размытых ограничений вместе с системой из m подсистем по n обычных двойных неравенств в каждой

$$\{ \{ a_{ji} \leq x_i < b_{ji} \}_{i=1}^n \}_{j=1}^m \quad (8)$$

задается зависящий от h скаляр $\alpha \in (0, 1]$, сообщающий о степени удовлетворения модельного решения $x \equiv (x_1, x_2, \dots, x_n)$ этой системе ограничений. В результате модель приобретает желаемую гибкость, а ее способность к компромиссам (допускаемой мере нарушений ограничений) указывается параметром α в полном диапазоне: от предельно жесткой до самой гибкой модели формирования плана производства, что отвечает постановке задачи математического программирования с линейной целевой функцией и размытыми ограничениями [15].

На практике это регулирование осуществляется следующим образом. Для предприятий с относительно стабильным производственным процессом и умеренным разнообразием состояний формирование плана производства сравнительно просто, поскольку распределение выпуска продукции по интервалам года не влечет за собой заметных перегрузок и недогрузок ПС. В этом случае нет необходимости «размывать» ресурсные ограничения (8), которые остаются жесткими, т. е. ограничениями в обычном смысле, и вполне приемлем параметр $\alpha = 1,0$. Со снижением степени стабильности производства и увеличением разнообразия состояний предприятия распределение выпуска продукции сопровождается появлением в отдельных интервалах перегрузок и недогрузок, в связи с чем $\alpha < 1,0$ и, уменьшаясь, удаляется от единицы в сторону нуля, и потому ограничения «размываются»



сильнее и сильнее. Чем больше разнообразие состояний предприятия, что содержит в себе возможность нарастания неравномерности загрузки ПС, тем меньше задается значение α , вследствие чего ресурсные ограничения (8) раздвигают пределы возможных перегрузок и недогрузок групп оборудования. Причем даже в том случае, когда часть производственной программы уже предопределена и модель работает в режиме «досчета», задача нахождения оптимального варианта плана выпуска продукции не снимается и по-прежнему имеет смысл и математическое решение, на что указывали Л.В. Канторович и И.В. Романовский [16]. Благодаря этому удается регулировать меру «размытости» ресурсных ограничений и находить компромиссное плановое решение, обеспечивая адаптивность и устойчивость производственных систем предприятия.

Существуют и иные способы задания размытых ограничений в оптимизационных моделях с применением аппарата теории нечетких множеств. В частности, в двухкритериальной задаче формирования оптимального портфеля заказов при календарном планировании производства вводятся нежесткие ограничения на мощности и оборотные средства и жесткие ограничения на сроки поставки продукции клиентам [17]. В отличие от нашей такая постановка задачи допускает выход показателя за установленные рамки в разрешенных пределах с помощью не эндогенного параметра, а экзогенно указываемой важности (предпочтения) каждого ограничения, формализуемого интегральным индексом ранжирования и нечеткими числами. Описанный нами и данный способы задания размытых ограничений обуславливаются соответственно внутренней и внешней средой задачи, являются комплементарными и в комплексе насыщают информационное пространство оптимизационной модели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Повышение упорядоченности состояний производственной системы правомерно рассматривать в аспекте ввода в систему полезной информации, понимаемой не только в статистическом, но и нестатистическом измерении. Вероятностная и детерминированная оценки информации и упорядоченности состояний систем отражают две грани производственного процесса и потому не входят в противоречие, а взаимно дополняют друг друга и дают более полное представление о заключенной в нем объеме информации. В философском аспекте оба подхода могут быть объяснены в рамках концепции разнообразия, исходящей из свойства различия элементов множества как источника полезных сведений о них: информации об этом множестве.

Вот почему эта концепция выступает общей методологической базой для аргументации как вероятностной, так и детерминированной трактовки количества информации и степени порядка в производственном процессе. При этом примечательно то, что для производственной системы соблюдается принцип достаточности, который устанавливает постоянство совокупной величины упорядоченности и неупорядоченности ее состояний и имеет аналогию с негэнтропийным принципом информации в кибернетике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колмогоров А.Н. Теория информации и теория алгоритмов. — М.: Наука, 1987. — 304 с.
2. Харкевич А.А. Теория информации. Оpozнание образов: избр. тр.: в 3 т. — М.: Наука, 1973. — Т. 3. — 524 с.
3. Хакен Г. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам: пер. с англ. — 2-е изд., доп. — М.: КомКнига, 2005. — 248 с.
4. Анохин П.К. Философские аспекты теории функциональной системы: избр. тр. — М.: Наука, 1978. — 400 с.
5. Вальтух К.К. Информационная теория стоимости. — Новосибирск: Наука, 1996. — 413 с.
6. Глушков В.М. Кибернетика. Вопросы теории и практики. — М.: Наука, 1986. — 488 с.
7. Проблемы кибернетики. Некоторые итоги и проблемы философско-методологических исследований / В.В. Парин и др. — М.: Знание, 1969. — 176 с.
8. Нейман Дж. Теория самовоспроизводящихся автоматов: пер. с англ. — М.: Мир, 1971. — 382 с.
9. Эшби У.Р. Введение в кибернетику: пер. с англ. — М.: Изд-во иностр. лит., 1959. — 432 с.
10. Чупров С.В. Упорядоченность состояний и устойчивость поведения производственной системы (оценка, анализ, выводы) // Проблемы равновесия и устойчивости в экономических и социальных системах: сб. науч. тр. — Новосибирск: Наука, 1999. — С. 124–129.
11. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике: пер. с англ. — М.: Изд-во иностр. лит., 1963. — 829 с.
12. Чупров С.В. Управление устойчивостью производственных систем: теория, методология, практика. — Иркутск: Изд-во БГУЭП, 2009. — 342 с.
13. Бриллюэн Л. Научная неопределенность и информация: пер. с англ. — М.: Мир, 1966. — 271 с.
14. Глушков В.М. О диалоговом методе решения оптимизационных задач // Кибернетика. — 1975. — № 4. — С. 2–6.
15. Шер А.П. Решение задачи математического программирования с линейной целевой функцией в размытых ограничениях // Автоматика и телемеханика. — 1980. — № 7. — С. 137–143.
16. Канторович Л.В., Романовский И.В. Оптимизационные методы в экономике: результаты, трудности, перспективы // Кибернетика. — 1977. — № 2. — С. 68–72.
17. Жирнов В.И., Федосеев С.А., Агарков А.И. Модель управления заказами в рамках единой информационной системы предприятия // Проблемы управления. — 2007. — № 6. — С. 57–63.

Статья представлена к публикации руководителем РРС В.Ю. Столбовым.

Чупров Сергей Витальевич — д-р эконом. наук, уч. секретарь ун-та, Байкальский государственный университет экономики и права, г. Иркутск, ☎ (3952) 24-12-10, ✉ chuprov@isca.ru.