

УДК 330.1

В. В. Бинкевич, кандидат технических наук,
доцент кафедры экономической информатики
Национальной металлургической
академии Украины
И. В. Усиченко, кандидат
физико-математических наук, доцент
кафедры менеджмента Национальной
металлургической академии Украины
Б. И. Мороз, доктор технических наук,
декан технического факультета Университета
таможенного дела и финансов

О СТРУКТУРНОМ ЭЛЕМЕНТЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Разрабатываются вопросы, связанные с обоснованием способа структуризации производственных процессов в многоуровневых и распределенных интегрированных системах. Предлагается проект формальной структуры для описания организационно-технологических производственных процессов. При этом используется принцип экзактности, связанный с выделением наименьшего объекта и оперированием только в пределах этого объекта. Применение разработанного в теории многоуровневых иерархических систем подхода к выделению трех типов уровней (страт, слоев и эшелонов) позволило провести вертикальную структуризацию системы. Обоснован проект экзактного структурного элемента интегрированных организационно-технологических производственных систем.

Ключевые слова: структура; интеграция; система; синергетика.

The paper develops the issues related to substantiation of the method of structuring the production processes in the multi-level and distributed integrated systems. The following project of formal structure is presented to describe the organizational and technological production processes. Here we use the principle of exactness associated with singling out the smallest object and operating only within such object. Application of the approach developed in the theory of multilevel hierarchical systems for the purpose of singling out three types of levels (strata, layers and echelons) allowed to carry out vertical structuring of the system. The justification of project of exact structural element of integrated organizational and technological production systems was performed.

Key words: structure; integration; system; synergetics.

Постановка проблемы. При проведении работ по автоматизации производства на основе применения ЭВМ получены результаты, позволившие существенно усовершенствовать управление технологическими процессами. В результате этого увеличилась производительность агрегатов и скорость преобразования вещественных ресурсов в готовую продукцию. Однако при этом выявилась несогласованность темпов протекания технологических процессов и решения объективно необходимых задач управления предприятием в организационной сфере. Это приводит к снижению эффективности

© **В. В. Бинкевич, И. В. Усиченко, Б. И. Мороз, 2015**

производственной деятельности. С особой остротой отмеченный недостаток проявляется при создании сложных распределенных и многоуровневых производственных систем. Разработка механизма интеграции является актуальной научно-технической проблемой, ее решение связано с проектированием целостных организационно-технологических структурных элементов преобразования ресурсов.

Анализ последних исследований и публикаций. Одно из современных направлений совершенствования автоматизации производственных процессов связано с выявлением аналогий между искусственными и естественными процессами. В книге “Естественные технологии биологических систем” академик А. М. Уголев отмечает: “... по мере того, как происходило совершенствование производственных технологий, сходство между эффективностью и управлением процессами на производстве и процессами, наблюдаемыми в живой природе, достигало подчас поражающих воображение масштабов. Так, работа тех и других систем контролируется обратными связями, обеспечивающими поддержание определенных скоростей процесса ... технология – это в наиболее общем виде совокупность знаний об организованных процессах. Последние могут быть как естественными, так и искусственными. Несоответствие искусственных и естественных технологий – одна из самых фундаментальных проблем и один из наиболее трагических аспектов современной истории человечества” [1].

Отмеченный выше “трагический аспект” связан отрицательным влиянием промышленного развития на состояние экологии. Проблема несогласованности искусственных и естественных технологий, а также технологических и организационных процессов характерна для глобальной экономики, для отдельных регионов и предприятий. Академик Н. Н. Моисеев писал: “Из самых строгих расчетов мы уже знаем, что никакие безотходные технологии и иные природоохранные действия, при всей их абсолютной и жизненной необходимости, сами по себе не способны решить проблему спасительного взаимодействия Человека и Природы. Нужно гораздо больше ...” [2]. Использование кибернетических моделей и современных информационных технологий позволяет использовать аналогии между искусственными и естественными системами. Так, при ужесточении требований, предъявляемых к автоматизации управления производственными процессами, становится важным использование искусственных нейронных сетей и нейрорегуляторов, построенных на основе аппроксимации неизвестных отображений “вход-выход”, то есть при применении кибернетической модели “черного ящика” [3]. Модель “черного ящика” предложена У. Росс Эшби на начальном этапе развития кибернетики. Однако для управления современными интегрированными производственными системами требуется выявить структуру процессов, происходящих внутри “черного ящика”, то есть между “входом” и “выходом”. Такая задача для промышленного предприятия должна исследоваться для уровня управления отдельными агрегатами, производственными участками, подразделениями и предприятием в целом. Авторы исследования по теории иерархических многоуровневых систем М. Месарович, Д. Мако и И. Такахара отмечают: “Ограниченные прогностические возможности модели “вход-выход”, особенно в условиях, когда “управление во все большей степени становится коллективной функцией, а не прерогативой отдельных лиц” [4]. Упомянутые выше авторы предложили конструктивные решения, связанные с выделением в структуре системы управления трех типов уровней – страт, слоев и эшелонов. На преодоление недостатков иерархического централизованного управления на основе самоорганизации экономической деятельности направлены исследования в синергетике. В системе принятия организационных решений предлагается объединить в одной структуре процессы, происходящие с различной периодичностью и длительностью [5]. В синергети-

ческой теории и методологии важное значение имеет исследование объектов, имеющих свойство самоподобия, то есть масштабной инвариантности (“фрактальности”). Это означает, что малый фрагмент структуры такого объекта подобен большому объекту, а возможно, и структуре системы в целом. По мнению исследователей, во многих случаях при проектировании сложных систем наилучшей была бы такая структура, когда несколько систем (“устройств”) первого уровня в совокупности образуют систему второго уровня и т. д.; каждая система при этом самостоятельно решает свои локальные задачи, а совместно с другими системами того же уровня решает более общие задачи. Основная проблема заключается в том, чтобы отыскать такую первичную (“простую”) структуру, на основе которой можно построить более сложные. Е. Н. Князева и С. П. Курдюмов пишут: “Судя по известным нам работам в стране и в мире, до сих пор не найдено последовательное решение задачи морфогенеза, задачи усложнения, перехода от простых форм (структур) к сложным ...” [6].

В синергетике выяснено, что для нелинейных процессов пространственно-временные системы связаны инвариантными структурами, объединяющими состояние системы в прошлом, настоящем и будущем. Такие результаты получены в экспериментах с тепловыми структурами в физических системах. В экономических системах подобные закономерности пока не установлены, но интенсивно исследуются. В ходе исследований происходит интеграция научных знаний о развитии техники и технологии, а также результатов, полученных в биологии, физике, химии и общественных науках.

Согласно предположению академика Н. А. Маркова, существует элементарная частица, ее называют “фридманом”, которая отражает в себе мегамир [5]. Возможно, первичная (“простейшая”) структура – это элемент “четырёхмерного мира” Г. Минковского – событие, имеющее физическую реальность. В прикладных работах конкретизируются общие подходы и рассматриваются свойства не всего мира, а определенного класса объектов – в данном случае систем управления сложными производственными системами.

Цель статьи – попытка разработать вопросы, связанные с формальным обоснованием элемента структуры как инвариантного свойства интегрированной организационно-технологической системы, рассматриваемой как процесс.

Изложение основного материала. В условиях роста динамики изменений внутренних процессов производства, изменений на рынках продукции и сырья необходимым оказался переход к интегрированной процессно-ориентированной организации структуры производства. Основным преимуществом такой структуры является возможность реализовать как централизованное управление предприятием в целом, так и децентрализованное управление в подразделениях и на отдельных рабочих местах. В этом случае появляется возможность рассматривать структуру принятия решений на микро-, макро и мезоуровнях в относительно обособленных метасистемах, увязанных в интегрированной системе управления [7].

Интегративные свойства процессно-ориентированной технологии определяются способом структуризации взаимосвязанных производственных подразделений. В синергетике принимается: “Структура – это локализованный в определенных участках среды процесс”. В теории систем процесс рассматривается как последовательность во времени объективно организованных реальных явлений, и эта организация выражает то, что является содержанием понятия “Система”. Характеризуя систему как процесс самого общего вида, избавляются от всех частных ограничений и выделяют только те, которые присущи всем реальным системам [8]. Предельным случаем существования системы является потеря ее способности к взаимодействию, так как в этом случае она перестает существовать вообще. “В этом идеальном случае, последовательно лишая

систему присущих ей свойств, нетрудно заметить, что наименьшая, наипростейшим образом организованная система обязательно должна состоять, по крайней мере, из трех подсистем, обладающих переменной функцией: входа, выхода и отношений между ними. Таковы ограничения для наименьшей, “элементарной” системы” [9].

Попытаемся рассмотреть условия структуризации процесса с учетом сохранения предельных условий его существования. Для этого требуется отыскать способ согласования горизонтальной и вертикальной структуризации процесса как системы. Такое согласование может быть выполнено на основе понятий формальной (логической) и материальной структуры. Под формальной структурой понимается совокупность функциональных элементов и их отношений, необходимых и достаточных для достижения системой заданной цели. Под материальной структурой понимается реальное наполнение формальной структуры. При этом “фиксированной цели соответствует одна и только одна формальная структура; одной формальной структуре может соответствовать множество различных материальных структур. Единственность формальной структуры вытекает из того, что она является логической структурой определения цели” [10]. Чтобы прийти к определенному целевому состоянию, система как процесс во всех своих преобразованиях должна сохранять определенные инвариантные структуры, обеспечивающие движение именно к данной цели. Такое условие достижения цели характерно как для искусственных, так и для естественных систем. В случае сознательной человеческой деятельности такую роль выполняет образ желаемой цели, формируемый в мозгу человека и находящий материальное воплощение (например, в виде чертежа изделия, проекта задания и т. д.). Аналогичные процессы происходят в естественной среде. Например, различные наборы нуклеотидов в генетическом коде обеспечивают синтез соответствующих структур в живом организме. В обоих примерах акцент может быть сделан не на вещественно-энергетических свойствах взаимодействующих структур, а на факте формального соответствия друг другу транслируемых структур рассматриваемых процессов.

Для достижения цели системы (процесса) наиболее важным ресурсом является время. К экономии времени сводится экономия всех других видов ресурсов. Поэтому контроль рационального расходования времени – основная цель управления как в искусственных, так и в естественных системах.

Под формальной структурой понимается совокупность функциональных элементов и их отношений, необходимых и достаточных для достижения системой цели ее развития.

Формальная структура системы контроля времени – это отношения между функциональными элементами: датчиком времени, индикатором и эталоном времени (рис. 1).



Рис. 1. Условная схема формальной структуры системы контроля времени

Необходимыми и достаточными отношениями между перечисленными элементами являются: синхронизация датчика с эталоном, однозначная связь датчика с индикатором и индикатора с эталоном.

Датчик – это существенный для достижения цели системы однородный физический процесс, который можно сравнительно легко фиксировать в границе относительной обособленности объекта при отсчете коротких периодов времени с постоянными характеристиками.

Эталон – внешнее время периодически повторяющегося процесса с одинаковой продолжительностью (большей, чем период, отсчитываемый датчиком). Например, в качестве эталона может быть выбран естественный периодический процесс – движение планеты вокруг Солнца или вокруг своей оси и др.

Индикатор – механизм, обеспечивающий связь между датчиком и эталоном [10].

Рассмотренная формальная структура является общей для всех систем, контролирующих время как ресурс достижения цели.

Экспериментальной проверкой работы механизма формальной структуры контроля времени явилась возможность применить ее при расшифровке древних календарных систем [11].

Элементы формальной структуры (датчик, эталон и индикатор) могут быть выделены и в производственной системе. При этом основное значение имеет отыскание способа выделить такую структуру, чтобы она могла применяться при рассмотрении системы в целом и составляющих ее элементов. Для производственной системы это условие связано с установлением такой структуры реальных процессов, чтобы этой структурой можно было описать предприятие в целом и отдельные участки производства.

Для этого должен быть найден принцип синтеза – увязки отдельных участков производства в целостную систему. Рассмотренные условия могут быть соблюдены с учетом принципа экзактности. Этот принцип сформулирован в 1928 г. профессором Днепропетровского университета А. Г. Грузинцевым. “Экзактность при исследовании какого-нибудь объекта может быть охарактеризована, во-первых, как обнаружение и формулировка наименьшей системы, изучение которой необходимо для изучения данного объекта, и, во-вторых, как оперирование только в пределах этого объекта” [12]. Наименьшая производственная система должна содержать такие подсистемы, в каждом производственном цикле которых последовательно выполняются процессы: подготовка необходимых ресурсов для производства; основной процесс производства продукции; проверка качества и качественная доводка продукции; передача продукции на следующий передел или сбыт и реализация продукции. Очевидно, что последовательностью названных технологических процессов может быть описано и предприятие в целом, и тем самым соблюдено второе условие экзактности. Выделение организационных подсистем проводится на основе пространственного разбиения процесса, исследованного М. Месаровичем [4]. Многоуровневая система с иерархией организационных координирующих уровней приведена на рис. 2 [4].

Организационные элементы первого уровня (локальные оптимизаторы R^1_1 , R^1_2 , R^1_3 , R^1_4) выполняют оптимизацию и регулирование последовательных технологических процессов. Для оптимального управления процессом требуется оценить влияние принимаемых решений, по крайней мере, на функционирование следующего по технологии процесса. Выполнить это условие можно при выделении дополнительных организационных подсистем, согласовывающих деятельность последовательно работающих организационных подсистем первого уровня. Это координаторы первого уровня (R^2_1 и R^2_2), согласно терминологии [13]. “Задачей координатора является создание гармонии

между подсистемами, между ними вместе взятыми и общей системой. Такая гармония существует, если оптимум, достигнутый между подсистемами в отдельности, совпадает с оптимумом по системе в целом” [13]. Такую задачу координации во взаимосвязи с внешней средой не могут самостоятельно решить координаторы первого уровня, и требуется выделение увязывающей их организационной подсистемы R^3 – координатора второго уровня.

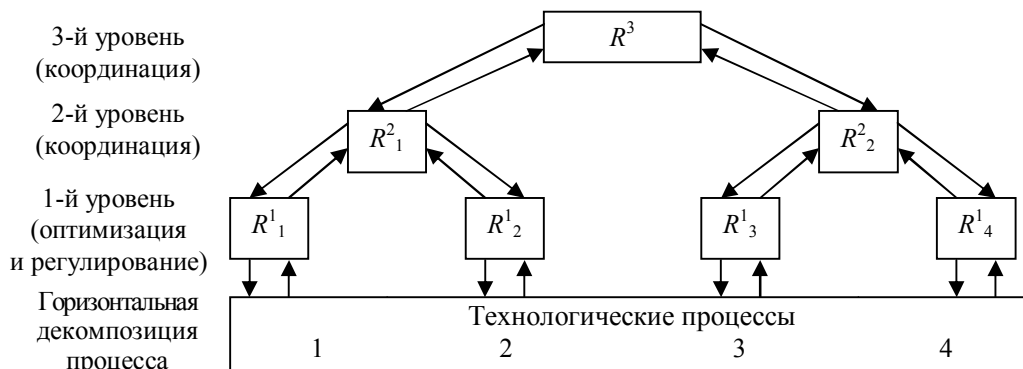


Рис. 2. Система с иерархией организационных координирующих уровней

Таким образом, экзактная организационно-технологическая (производственная) система, обеспечивающая управление производственным процессом, содержит последовательно увязанные технологические подсистемы и иерархически увязанные на трех уровнях организационные (координирующие) подсистемы. Выделенная структура организационно-технологической системы может рассматриваться как материальная реализация формальной структуры. В технологических подсистемах, координируемых оптимизаторами первого уровня ($R^1_1, R^1_2, R^1_3, R^1_4$), осуществляются единичные циклы преобразования ресурсов в продукцию. Эти циклы – “датчик”, связанный индикатором, – являются координаторами первого уровня (R^2_1, R^2_2), эталоном (R^3). Эталон в таком случае является план производства (количество единичных циклов за определенное время).

Организационные уровни – это также уровни синтаксического, семантического и прагматического анализа. Выделенная система рассматривается как экзактный структурный интегрированный (информационный) модуль (СИМ) [14; 15].

Системная организация кибернетических систем предполагает реализацию пространственной и временной иерархии элементов и их взаимосвязи в системе, объединенной единством цели. Объединение элементов в кибернетических системах осуществляется на основе принципа самоорганизации, при этом предполагается, что на каждом уровне управления имеются достаточные ресурсы для достижения объектом своей цели. В производственных системах (для каждого участка производства) должны быть установлены достаточные ресурсы для преобразования исходного сырья в продукцию и обеспечения нормативной эффективности организационных и технологических элементов процессов. В реальных условиях формируются многоуровневые системы, в которых уровни выделяются как по сложности решаемых задач управления, так и по длительности производственного процесса преобразования ресурсов. Производственные системы эволюционируют и развиваются длительное время, в современных условиях накоплен опыт для разработки теоретических схем, позволяющих учитывать кибернетические понятия.

Одной из схем анализа производственных систем является теория многоуровневых иерархических систем, разработанная М. Месаровичем [4].

Для управления сложными многоуровневыми динамическими системами с применением кибернетических принципов М. Месаровичем предложена схема анализа на основе выделения 3 типов уровней: уровень описания; уровень сложности; организационный уровень.

Для различения этих уровней введены термины: “страты”; “слои”; “эшелоны”.

Выделение уровня описания (или страт) ($S_i, S_s, S_{s+1} \dots$) обосновано тем, что сложную систему невозможно познать полностью и детально при некотором единичном акте анализа. Выделение страт позволяет описывать систему с различной степенью детализации. Например, как систему можно рассматривать производственные предприятия в целом, отдельное производство или участок производства. Для каждой страты в кибернетической системе выделяются определенные ресурсы и устанавливается набор переменных, позволяющих относительно самостоятельно принимать решения в данной страте. При этом обеспечивается возможность перехода от укрупненного рассмотрения (более широкого уровня страты) к более детальному, и наоборот, а также анализировать взаимодействие между стратами как некоторыми целостными объектами.

Понятие “слой” может применяться для анализа процесса принятия решений в страте. Принимается, что в каждой страте имеется определенная система проблем, которая может быть решена относительно автономно.

Задача первого слоя – нахождение образа действий по управлению технологическими объектами на основании внешней информации и с применением алгоритма, согласованного с верхними слоями и стратами.

Задача второго слоя – конкретизация и снижение неопределенности при выполнении процесса, управляемого первичным слоем. В этом слое могут быть привлечены дополнительные ресурсы и способы достижения цели (например, обучение элементов первичного слоя). Системные ресурсы управления содержатся в третьем слое, который должен обеспечивать относительную автономию при выполнении процесса в страте своего пространственно-временного уровня и тем самым предоставлять возможность рассматривать объект данной страты как самоорганизованный (технологический) в страте более высокого уровня. Третий тип уровней, “эшелон”, рассматривается как СИМ.

Применение СИМ должно позволить получить эмерджентный эффект интеграции, который будет больше, чем сумма эффектов, не связанных единством цели функционирования элементов системы. Величина дополнительного эффекта зависит от степени согласованности глобального и локальных критериев оптимальности, что и определит, в конечном счете, инновационное развитие производственных систем.

Выводы из данного исследования и перспективы дальнейших исследований в данном направлении. Разработан проект формальной структуризации процессов в интегрированных организационно-технологических системах. С использованием свойства экзактности показана возможность выделения структурных элементов (структурных информационных модулей) в стратах и слоях многоуровневой иерархической системы. Полученный результат позволяет усовершенствовать проектирование автоматизированных систем управления сложными производственными и региональными системами. Важность дальнейшего исследования структурного элемента интегрированных систем подтверждается экспериментом по моделированию процесса самоорганизации. Если “даны определенные структуры элементов, группы которых находятся в определенных условиях, то система более высокого уровня с ее организацией возникает с неотвратимой необходимостью” [16].

Считаем, что исследования в данном направлении должны быть сосредоточены на выявлении общих механизмов для искусственных и естественных технологий как самоорганизованных процессов.

В настоящее время информационные процессы, реализуемые с применением глобальной сети, нарушают границы устойчивости социально-экономических процессов в регионах и приводят к кризисным явлениям в экологии. Поэтому работы, связанные с анализом и синтезом структур информационных систем, наиболее важно развивать для решения задач регионального управления.

Регион целесообразно представлять как виртуальную самоорганизованную производственную систему в информационно-экономической оболочке относительной обособленности. В этом случае возможно обеспечить эффективное региональное развитие в глобальной экономической системе с учетом экологических ограничений.

Список использованных источников:

1. Уголев А. М. Естественные технологии биологических систем / Уголев А. М. – Л. : Наука, 1987. – 317 с.
2. Моисеев Н. Н. Человек и ноосфера / Моисеев Н. Н. – М. : Молодая гвардия, 1990. – 351 с.
3. Интеллектуальное управление технологическими процессами (ферросплавное производство) : монография / Е. В. Бодянский [и др.]. – Днепропетровск : НМетАУ, 2013. – 213 с.
4. Месарович М. Теория многоуровневых иерархических систем / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахора. – М. : Мир, 1973. – 344 с.
5. Білоус В. С. Синергетика і самоорганізація в економічній діяльності / Білоус В. С. – К. : КНЕУ, 2007. – 376 с.
6. Князева Е. Н. Основания синергетики / Е. Н. Князева, С. П. Курдюмов. – СПб., 2002. – 219 с.
7. Экономическая кибернетика: самоорганизация в управлении : монография / В. В. Бинкевич, Л. Н. Савчук, И. В. Усиченко, Р. В. Савчук. – Днепропетровск : Герда, 2014. – С. 78.
8. Мороз А. И. Курс теории систем : учеб. пособие для вузов / Мороз А. И. – М. : Высшая школа, 1987. – 304 с.
9. Петрушенко Л. А. Самодвижение материи в свете кибернетики / Петрушенко Л. А. – М. : Наука, 1971. – 292 с.
10. Гладких Б. А. Основы системного подхода и их приложение к разработке территориальных автоматизированных систем управления / Гладких Б. А., Люханов В. М., Перегрудов Ф. И. – Томск : Изд. Томского университета, 1976. – 244 с.
11. Экономическая кибернетика: интеллектуальные ресурсы управления : монография / В. В. Бинкевич, Л. Н. Савчук, И. В. Усиченко, Р. В. Савчук. – Днепропетровск : Герда, 2013. – С. 94.
12. Грузинцев Г. А. Очерки по теории науки / А. Г. Грузинцев // Записки Днепропетровського інституту народної освіти. – Дніпропетровськ, 1928. – Т. 11. – С. 270–320.
13. Райниш К. Кибернетические основы описания непрерывных систем / Райниш К. – М. : Энергия, 1978. – 456 с.
14. Экономическая информатика: интеграция в управлении : монография / В. В. Бинкевич, Л. Н. Савчук, И. В. Усиченко, Р. В. Савчук. – Днепропетровск : Герда, 2015. – С. 88.
15. Бинкевич В. В. Управление на синергетической основе / В. В. Бинкевич, И. В. Усиченко // Вісник Академії митної служби України. Серія: “Технічні науки”. – 2011. – № 2 (46). – С. 127–138.
16. Кремянский В. И. Структурные уровни живой материи / Кремянский В. И. – М. : Наука, 1969. – 296 с.