



## О РАЗВИТИИ ОСНОВ ТЕОРИИ КООРДИНАЦИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

УДК 681.518:004.9

### **ХОДАКОВ Виктор Егорович**

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой информационных технологий Херсонского национального технического университета.

**Научные интересы:** автоматизированные системы управления, современные информационные технологии.

### **СОКОЛОВА Надежда Андреевна**

д.т.н., профессор, заведующая кафедрой экономической кибернетики Херсонского национального технического университета.

**Научные интересы:** компьютеризированные системы обучения; компьютеризированные системы управления.

### **КИРИЙЧУК Дмитрий Леонидович**

к.т.н., старший преподаватель кафедры Информационных технологий Херсонского национального технического университета.

**Научные интересы:** современные информационные технологии координации в больших и сложных системах.

**e-mail:** kyryychuk.dmytro@kntu.net.ua

### **ВВЕДЕНИЕ**

Развитие, науки, техники, экономики, массовая автоматизация и компьютеризация привели к широкому развитию и использованию иерархических структур различных уровней в технических и социально-экономических системах. Это, естественно, привело к тому, наряду с решением задач управления, ещё более обострилась необходимость решения задач согласования и координации решений, действий, принимаемых и выполняемых на различных уровнях управления.

Управление – является характерной и обязательной особенностью любой сложной системы, будь-то искусственная или естественная. Составляющими процесса управления являются функции, каждая из которых представляет собой набор действий определенного процесса управления. Выделяют следующие функции управления: планирование, организация, координация, стимулирование и контроль. Все функции управления связаны с процессами принятия решений и коммуникаций.

Координационное управление повсеместно используется в сложных системах любой природы и сложно-

сти. Невозможно согласование механических, химических, биологических и любых других процессов без координации их функционирования. Такие процессы являются характерными и для социальной сферы, где координируется деятельность социума (человека) на основе его предпринимательских и организаторских способностей в процессе управления.

Социально-экономические системы (СЭС) характеризуются наличием общей цели, включают в состав индивидов, обладающих свободой воли и способностью формировать собственные цели, зачастую несовпадающие между собой и с главной целью СЭС. Основные цели бизнесобразующих компонентов (составных частей) СЭС характеризуются противоположными направлениями по отношению к целям социальных компонентов. Поэтому возникает проблема компромиссных целей и способов их достижения, т.е. проблема координации и эффективного управления СЭС различных уровней [1].

Нужно также отметить, что координация играет огромную роль не только в технических и социально-экономических системах, но и в жизни человека и животных. Здесь под координацией понимается, напри-

мер, согласование активности мышц тела, направленных на успешное выполнение двигательной задачи. При формировании двигательного навыка происходит видоизменение координации движений, в том числе овладение инерционными характеристиками двигающихся органов.

В динамически устойчивом движении происходит автоматическое уравнивание всех инерционных движений без продуцирования особых импульсов для коррекции. Когда мышцы человека взаимодействуют слажено и эффективно, можно говорить о хорошей координации движений. Люди с хорошей координацией, как правило, выполняют движения легко и без видимых усилий. От координации зависит каждое движение человека.

Задачи координации являются характерными и для автоматизации сложных объектов, например производственных и технологических комплексов. Процесс функционирования производственного или технологического комплекса, систем управления этими комплексами вызывает необходимость координации управляемых подсистем и самостоятельных субъектов в реальном масштабе времени, их гармоничного взаимодействия. Только в этом случае могут быть достигнуты наилучшие технико-экономические показатели функционирования автоматизируемых комплексов. Координация определяется взаимодействием подсистем, при которых управление каждой из подсистем будет оптимальным в соответствии с обобщенным критерием для комплекса в целом.

Исходя из изложенного, можно утверждать, что центральной функцией управления является координация. Она определяет устойчивое функционирование любой сложной системы. Координация характеризуется обязательностью, массовостью, повсеместностью использования и находит применение как в живой, так и в неживой природе, во всех видах естественных и искусственных систем, будь-то биологические, экономические, социально-экономические, технические.

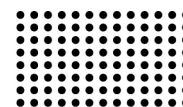
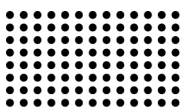
### **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ**

К сожалению, вопросам создания теоретического базиса координации посвящено не достаточно исследований и соответственно литературных источников. Все исследователи, прежде всего, выделяют, ставшую уже

классической, работу М. Месаровича, Д. Мако, И. Такаха «Теория иерархических многоуровневых систем» [2]. Центральное место в данной книге занимает рассмотрение теоретических основ проблемы координации действий (принятия решений) в двухуровневых системах и возможности распространения этих результатов на многоуровневые иерархические системы. Задачи оптимизации исследуются для двухуровневых систем и затем принимается это решение как основное решение для любой N-уровневой системы. Теория базируется на теоретико-множественной концепции, что дает возможность получать обобщенные описания для проведения структурных исследований данных классов систем. Рассматриваются характеристики, важные для технологических процессов и процессов в организационных системах, т.е. для определенного класса искусственных систем.

Ряд других работ развивают предложенный Месаровичем подход к решению задач координации, в частности локально-оптимизационные задачи элементов многоуровневой иерархической системы и координирующая задача центра в виде итеративного обмена информацией между центром и элементами. При этом используются два вида алгоритмов координации: итеративные и безитеративные [3, 4]. При итеративных процедурах согласования решений в многоуровневых иерархических структурах происходит многократный обмен информацией, а при безитеративных – однократный обмен информацией между уровнями.

В работах [5, 6] предложены алгоритмы координации, основанные на нечетких множествах. Но координация является обязательным явлением не только для искусственных, но и естественных систем, что не позволяет изложенные теоретические основы широко использовать для всех классов сложных систем. Кроме того, координация – сложный многоэтапный процесс, характеризующийся различиями и особенностями различных видов координации, выполняемых функций, механизмов координации, различного рода координирующих воздействий, инструментов координации, способов оценки скоординированности, зависимостью оценки координации от сложности и размеров системы. Решение задач координации требует наличия математических моделей подсистем. Всё изложенное практически не рассматривается в отмеченных работах. Из-



ложенные модели и методы координации не обладают свойствами универсальности, чтобы их можно было адаптировать на системы разной природы.

Отсутствуют теоретико-методологические основы координации сложных систем, отсутствует систематическое обобщение основных известных результатов в области создания теории координации. Координация рассматривается для режимов функционирования сложных систем, координация для режимов развития сложных систем выпала из поля зрения исследователей. Существующие научные знания о координации, их уровень и понятийный аппарат в настоящий момент оказываются недостаточными для решения широкого класса теоретических задач координации сложных систем. Существующий теоретический аппарат не удовлетворяет требованиям полноты описания предметных областей действительных разнородных объектов и не позволяет объяснять взаимосвязи между составляющими системы. Разработанный и используемый теоретический базис координации не позволяет его широко использовать, не обладает универсальностью и многофункциональностью. Эти и многие другие вопросы требуют своего решения. Поэтому пока рано говорить о уже сформировавшейся теории координации. Процесс формирования основ теории координации продолжается.

Интерес к проблемам формализации процессов и процедур координации особенно обострился в процессе бурной автоматизации и информатизации всех сфер человеческой деятельности, в процессе преобразования общества и требует более широкого использования координации в сложных системах. Чем сложнее система, тем более необходима координация, она зависит от сложности и размеров системы. Однако отсутствие основ теоретического базиса координации не позволяет широко её использовать как для функционирования, так для развития сложных систем. Создание основ такой формальной, научно-обоснованной теории координации в настоящее время является важной научной проблемой.

Общей целью таких исследований является развитие основ теории координации сложных систем, как для режимов функционирования, так и для режимов развития сложных систем, как связный во едино комплекс подходов, формальных методов, математических моделей и алгоритмов, механизмов и инструментов координации, обеспечивающих координацию, т.е. согласование, синхронизацию

целей, функций, усилий органов управления, составных частей сложных систем (координируемых сторон) и их интеграцию для эффективного координационного управления сложной системой.

**Целью данной работы** является изложение роли и значения координации, доказательства необходимости дальнейшего развития и формирования теоретического базиса теории координации сложных систем.

### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Изложение начнем с определения термина «координация», которое дается различными авторами. Значение слова «координация» по Ефремовой: координация - 1. Согласование, целесообразное соотношение каких-либо действий, явлений и т.п. 2. Физиологически обусловленная согласованность движений, функционирования органов человека или животного[7].

Координация в Энциклопедическом словаре: координация – (от латинского *co* – совместно и *ordinatio* – упорядочение) – взаимосвязь, согласование приведение в соответствие[8].

Значение слова координация в Бизнес словаре: координация – от латинского *coordinatio* – расположение в порядке: а) Одна из форм организации сотрудничества между государствами в различных областях; б) Согласование, упорядочение действий, приведение в соответствие[9].

Значение слова по словарю Ушакова: координация (от латинского *coordinatio*) (книж.) Соотношение, согласованность[10].

Сагатовский В.Н. определяет это понятие при помощи определения системы, в которой учитываются цель среды и интервал времени – периода существования системы, влияющего на процесс целеобразования[11]. Дж. Моррисей определяет координацию, как функцию управления, направленную на создание условий для выполнения членами организации действий, необходимых для достижения целей организации[12]. В сложных системах под координацией понимается аппарат установления правил взаимодействия элементов, которые направлены на приведение к глобальной цели  $Z$ , стоящей перед системой в целом, локальных целей отдельных элементов  $z_i$  ( $i \in I$ , где  $I$  – множество элементов системы) и обеспечивающий согласование их действий по реализации этих целей[13].

Координация – (от латинского *coordinatio* – расположение по порядку) составная часть процессов управления, состоящая в согласовании, упорядочении действий разных частей управляемой системы[14].

Координация и, ж. *coordination f.*, немецкий *koordination* (латинский *co-*, вместе + *coordinatio* расположение в порядке – это целесообразное сочетание, согласование (движений, действий, поступков и т.п.); координирование. Планирование и координация научной работы.

Словарь антикризисного управления: координация – обеспечение согласованности работы всех звеньев системы управления[15].

Рудашевский В.Д. координацию рассматривает во-первых, как метод организации координатором управленческих отношений между координируемыми сторонами, а во-вторых, как процесс, т.е. последовательность связанных между собой циклов переработки управленческой информации или как механизм, т.е. совокупность упорядоченных действий, устанавливающий пределы отклонения от общей цели и вносящий коррективы в ход ее реализации[16].

Приведенные трактовки терминологии «координации» различных авторов и источников позволяют утверждать о наличии единства и общности понятий в области координации в данный момент времени, что является весьма благоприятным фактором для формирования и развития основ теоретического базиса координации.

Впервые принципы координации начали использовать, когда надо было выполнять коллективную работу, которая по своим масштабам требовала управления нескольких сотен или тысяч человек, а первые работы по координации как научному методу исследований появились лишь в 80-х годах XX столетия. В последнее время, в связи с расширением областей использования координации, в научной терминологии наблюдаются попытки использования множества не устоявшихся понятий, значение которых меняется со временем. Существование изменчивых понятий всегда вызывает необходимость обобщения и систематизации терминологии проблемной области исследований, особенно тогда, когда начинается изучение смежных и граничащих наук, приводящих к их объединению и образованию новых знаний. Необходимы закрепление и утверждение основных понятий их содержательной части, а

также систематизация накопленного материала: задач декомпозиции и согласования элементов, подсистем по целям, работам, ресурсам, времени, задач оценивания скоординированности и т.д.

Координация обеспечивает согласованность действий органов управления и должностных лиц, а также между системой в целом и внешней средой. Функция координации играет в управлении роль, которую образно можно сравнить с ролью дирижера в оркестре. Именно благодаря ей обеспечивается динамизм системы производства, создается гармония взаимосвязей производственных подразделений, осуществляется маневрирование технологическими и трудовыми ресурсами внутри предприятия в связи с развитием и изменением технико-экономических задач, обеспечиваются единство и согласованность всех стадий процесса управления.

Объектом функции координирования является как управляемая, так и управляющая подсистемы. Координация деятельности органов управления призвана обеспечить единство действий всех управленческих подразделений, работников управления и специалистов (координируемых сторон) для наиболее эффективного воздействия на процесс производства. Для формирования процедур координации необходимо наличие адекватных математических моделей координируемых подсистем (частей).

Таким образом, координация деятельности означает синхронизацию прилагаемых усилий, их интеграцию в единое целое, т.е. это процесс распределения деятельности во времени, приведение её отдельных элементов в такое сочетание, которое позволило бы наиболее эффективно и оперативно достигать поставленных целей. Координация – это центральная функция процесса управления, обеспечивающая, во-первых, его бесперебойность и непрерывность и, во-вторых, взаимосвязь всех функций управления (рис. 1).

Главная задача координации – достижение согласованности в работе всех звеньев системы путем установления рациональных связей (коммуникаций) и обмена информацией между ними.

Если говорить об организационной системе, то там, в качестве средств координации, используются отчеты, интервью, собрания, компьютерная связь, радио и телевидение, документы. С помощью этих и других

форм связей устанавливается взаимодействие между подсистемами организации, осуществляется маневрирование ресурсами, обеспечивается единство и согласование всех стадий процесса управления (планирование, организация, мотивация и контроль), а также действия руководителей.



Рисунок 1 – Взаимосвязь функций управления

Изложим некоторые подходы, методы и задачи координации, решения которых по нашему мнению смогут дополнить теоретические основы координации сложных систем. Прежде всего, обратим внимание на то, что теория координации должна быть ориентирована на развитие сложных систем.

Далее рассматривая задачи координации, решения которых способствует получению более эффективных результатов, необходимо обратить внимание на необходимость формирования специальной среды, назовем ее средой координации, способствующей более эффективной координации исполнителей и составляющих частей систем. Это актуально как для организационных систем, где достигается более эффективная координация исполнителей, так и для структур (организаций) по созданию сложных систем, обеспечивающих их более эффективные координационные решения.

Используя, например, мультиэкспертные и мультиагентные технологии можно получать гомогенные информационные пространства – специальную среду с решением возможностей отслеживания несоответствий (нарушений условий скоординированности) и обеспечением их координации для поддержки адекватного формирования согласованных решений.

Среди задач координации, требующих решения, необходимо также выделить и задачи оценки эффективности координационного управления. Пока известные методы оценки носят в основном качественный характер и не могут давать количественную оценку эффективности тех или иных методов координации. Используемые подходы и методы как неколичественные, носят односторонний характер и могут быть использованы лишь для приближенной статистической оценки. В действительности требуется наличие методов оперативной количественной оценки эффективности применения координации (координационного управления) в системе теории координации. Причем, по нашему мнению, оценивать эффективность использования координации целесообразно по интегральному (количественному) критерию, дающему как количественную, так и качественную оценку.

В качестве дополняющих факторов необходимо отметить и необходимость разработки соответствующих математических моделей отдельных подсистем и интеграцию их в теорию координации (ТК). Системный подход позволяет сформировать и использовать формализованные принципы ТК и методы решения типовых задач. Эти методы выделяют основные структурные части ТК, которые присутствуют в каждой сложной системе. Это финансово-экономическое управление, бухгалтерия и кадры, склад, производство, торговля (сбыт). Интеграция различных составляющих в единое целое приводит к существованию общей цели, управляющей и управляемой подсистем, наличии связей, которые появляются после декомпозиции предметной области, а также ресурсов. Важным компонентом для ТК является область координирования: для управления – цели, функции и действия; для производства – действия, ресурсы, время. Соответственно можно говорить о координации целей в системе, координации функций, координации действий, координации ресурсов и координации времени.

Для всех классов сложных иерархических систем, характерным является необходимость координации выполняемых функций и подсистем. Координационное управление охватывают все функции, выполняемые системой: планирование, снабжение, выполнение основной деятельности, реализация и сбыт, производственный и финансовый учет, развитие и т.п.

Цели отдельных подсистем должны быть скоординированы между собой и глобальной целью всей системы в целом. Эти функции решаются отдельными подсистемами в интегрированной системе управления (рис. 2).

Прежде всего, можно выделить классы координации: целевая координация и параметрическая (по времени, ресурсам, месту действий, способам совершения действий, входным и выходным параметрам и т.п.).

Для сложных систем иерархической структуры основной целью является нахождение на каждом уровне  $i=1, N$  вектора управления  $u^o_i(t)$ , обеспечивающего максимум системного вектора глобальной цели  $F(u^o_1, u^o_2, \dots, u^o_n)$  при координирующих управлениях  $u^o_{n+1}(t)$ , полученных от  $(N+1)$  уровня управления.

Верхний уровень управления системы осуществляет координацию локальных задач подсистем управления, чтобы обеспечить решение глобальной задачи системы в целом. Для определения координирующих воздействий верхний уровень преобразует сначала глобальную

задачу системы из исходного пространства управлений в пространство координации, используя для этого согласованные между собой решения локальных задач подсистем управления, а затем решает глобальную задачу всей системы в пространстве координации.

При системном анализе задач координации необходимо учитывать, что любые системы управления выполняют две функции управления: внутриуровневые и межуровневые. Первая функция (внутриуровневое управление) заключается в том, что подсистемы данного уровня осуществляют совместное управление всеми органами нижних уровней и объектом управления как единой подсистемой. Вторая функция (функциональное управление) заключается в том, что каждый орган и система верхнего уровня непосредственно взаимодействуют при помощи функциональных управлений (стимулов коррекции) с совокупностью подсистем нижних уровней, с которыми они связаны общим направлением работ.

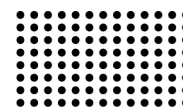
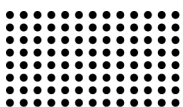


Рисунок 2 – Основные функциональные подсистемы сложной системы

Вышестоящие и нижестоящие уровни управления связаны между собой двумя видами сигналов. Сигнал, посылаемый нижним уровнем, несет вышестоящему информацию о допустимости и эффективности режимов работы элементов нижнего уровня, а сигнал, посылаемый верхним уровнем, является средством коор-

динации, он конкретизирует задания, подлежащие выполнению нижестоящим уровнем.

Вышестоящий уровень в связи с приоритетом действий должен выбрать для нижестоящих уровней стратегию проведения (способа координации), изменения в структуре и параметрах. Информация о нижестоящих



уровнях необходима вышестоящему для принятия решения, зависит от глобальной цели, модели и связей между ними.

Для формирования методологии координации задач ТК необходимо сформулировать содержательную часть каждой задачи с последующей ее автоматизацией. Эффективное использование ориентированной на результат ТК в качестве инструмента управления требует автоматизации обработки информации. Возникающая при этом необходимость использования информационных технологий обусловлена с одной стороны большим объемом данных, которые должны быть обработаны и сохранены, необходимостью постоянного обращения с различными целями к исходным данным, а с другой стороны большим количеством расчетных операций, которые требуется выполнить за возможно более короткое время, чтобы своевременно подготовить текущую проблемно-структурированную управленческую информацию.

При управлении сложной иерархической организационной системой, для которой свойственны многоце-

левые и многоуровневые процедуры принятия решений, разработка механизма координации имеет первостепенную важность. Необходимо отметить также и следующее: управление практически всегда решает те или иные задачи координации, например, оно должно быть выполнено в то или иное время (временная координация), сопровождается ресурсными расходами (ресурсная координация) и т.п. Следовательно, управление в сложных системах в периоды функционирования и развития всегда является не просто управлением, а координационным управлением, что тем более подчеркивает всеобщность роли координации. В зависимости от сложности системы в ее составе выделяют отдельные подсистемы координации. Используемые до сих пор сложные системы, как правило, не содержали подсистемы координации и функции координации выполнялись отдельными механизмами в составе тех или иных подсистем.

В сложных системах можно выделить виды координации, которые свойственны следующим решаемым задачам (табл. 1). [17].

Таблица 1 –

**Задачи координации по видам подсистем**

Виды координации	Задачи
Координация в системе управления предприятием	Стратегическая координация – обеспечение продолжительного успешного функционирования предприятия. Оперативная координация – обеспечение методической, информационной и инструментальной поддержки специалистов предприятия
Финансовая координация	Поддержание рентабельности и обеспечение ликвидности
Координация на производстве	Информационное обеспечение процессов производства и управления
Координация маркетинга	Информационная поддержка эффективного менеджмента по удовлетворению потребностей клиентов
Координация обеспечения ресурсами	Информационное обеспечение приобретения производственных ресурсов, анализ закупаемых ресурсов, расчет эффективности работы отдела снабжения
Координация в области логистики	Текущий контроль экономичности процессов складирования и транспортировки материальных ресурсов

На рис. 3 приведены задачи координации в многоуровневых иерархических системах управления, принимаемые на всех уровнях управления, с целью оптимизации управления.

Центральной проблемой разработки распределенных процедур решения сложных задач является нахождение такой декомпозиции глобальной цели на подцели, общей задачи на подзадачи и выбор таких методов их решения, которые приводили бы к получению приемлемого по

качеству решению всей задачи в целом за приемлемое время. В основе всего подхода формирования координации лежит предположение о наличии общей, глобальной модели, которая описывает основные свойства системы адекватно поставленным целям. При наличии такой модели применение декомпозиционных методов позволяет сократить размерность решаемой задачи и свести ее к последовательному решению ряда задач меньшей размерности. Все модели, ограничения и критерии этих задач

непосредственно вытекают из структурированной глобальной целевой функции. Алгоритм взаимодействия между подсистемами (решаемыми задачами) и характер потоков информации между вышестоящими и нижестоящими уровнями являются производными и определяются методом декомпозиции глобальной задачи [4, 13, 17].

Каждая подсистема оптимизирует свою целевую функцию, а верхний уровень координирует решения нижестоящих подсистем таким образом, чтобы достигался оптимум глобальной целевой функции. Процесс координации осуществляется с помощью некоторых фиктивных переменных, которые для нижестоящих подсистем являются параметрами. Координацию следует проводить в несколько последовательных шагов [18]:

- координация целей – согласование целей деятельности элементов и всей системы в интересах глобальной стратегии развития;
- координация в общем (программная координация) – установление определенных правил, предписывающих элементам системы (членам организации для организационных систем), как они должны действовать (стратегии, выбор способов и механизмов координации);
- координация в деталях – практическая реализация выполнения установленных правил между элементами одного уровня и элементами разных уровней, то есть непосредственное воздействие на элементы.

Первому шагу отвечает задача согласования целей деятельности элементов системы и всей системы, направленная на устранение противоречий.

Второму – выбор принципов и методов согласования при взаимодействии между вышестоящими и нижестоящими элементами, элементами одного уровня, т.е. способов и механизмов координации.

Третьему шагу отвечает выбор конкретного вида координационных переменных, или переменных взаимодействия.

Рассмотрим первый шаг алгоритма процесса координации. Решение задач координации начинается с координации целей системы и подсистем. Координация целей осуществляется на уровне стратегического управления, которое на сегодняшний день приобретает особое значение, так как определяет будущее состояние предприятия, его взаимоотношения с внешней средой, другими субъектами и элементами системы.

Чем точнее сформулированы цели и определены пути их реализации, тем адекватнее можно выбрать средства их достижения. Нужно подчеркнуть, что именно цели определяют критерии эффективности деятельности предприятия. Для сложной системы – автоматизированной системы управления предприятием (АСУ) выделим три вида целей [13].

1. Цели системы в целом – глобальные цели. Глобальные цели могут быть четко выраженными или нет. Нередко формулировка глобальных целей вообще лежит вне сферы влияния элементов системы, а в сфере действия внешней среды: глобальная цель может формулироваться государством или другими вышестоящими структурами (министерствами и т.п.).

2. Цели головного органа АСУ – вышестоящей управляющей системы. Головной орган воздействует на элементы предприятия в соответствии со своими собственными интересами, т.е. координирующие воздействия от него направлены на достижение целей головного органа. В то же время, цели головного органа должны быть скоординированы с глобальными целями.

3. Цели отдельных элементов АСУ – нижестоящих управляющих систем.

Таким образом, задача первого шага алгоритма процесса координации целей: определить такую модификацию целей вышестоящей системы и элементов АСУ, чтобы они были согласованы. Глобальная цель  $Z$  представляется последовательностью взаимосвязанных целей меньшей размерности  $\{Z_i\}$ .

После координации целей формулируются задачи координации, когда глобальная задача всей АСУ декомпозируется в систему частных задач, анализируются и выбираются методы, средства, механизмы и инструменты решения частных задач, скоординированных между собой и с глобальной целью.

Проведенный анализ принципов теории координации позволяет утверждать:

- решение задач координации начинается с координации целей системы и подсистем;
- чем точнее сформулированы цели и определены пути их реализации, тем адекватнее можно выбрать средства и механизмы их достижения;
- цели АСУ в целом – глобальные цели;



- цели головного органа должны быть скоординированы с глобальными целями;  
 - задача этапа координации целей: определить такую модификацию целей вышестоящей системы и элементов предприятия, чтобы они были согласованы. Глобальная цель  $Z$  представляется последовательно-

стью взаимосвязанных целей меньшей размерности  $\{Z_i\}$ .

Любой вид координации предполагает реализацию трех последовательных шагов:

1. Прогнозирование взаимодействий.
2. Согласование взаимодействий.
3. Оценка взаимодействий.

<p><b>Координация по видам издержек</b></p> <p>Полная интеграция с логистикой, торговлей, производством и внешними модулями, гибкая структура, сквозная функциональность сравнение план-факт и план-план, анализ временных рядов</p>	<p><b>Координация накладных расходов</b></p> <p>Планирование издержек и выручки по местам возникновения затрат, внутригодовое планирование, гибкое распределение издержек, распределение выручки, попроцесный учет издержек</p>	<p><b>Производственная координация</b></p> <p>Калькуляция, анализ отклонений в разрезе продуктов и договоров, планирование сроков и загрузки мощностей, планирование выпуска оптимизация времени производства</p>
<p><b>Координация по отдельным договорам</b></p> <p>Калькуляция регулирование сроков, планирование процессов, регулирование этапов, сетевое планирование, анализ отклонений</p>	<p><b>Координация проектов</b></p> <p>Калькулирование и бюджетирование проекта, анализ отклонений и контроль бюджета, контроль осуществления проекта, прогнозирование, графическое представление процессов планирования, анализ результативности проекта</p>	<p><b>Координация запасов</b></p> <p>Финансовый анализ запасов, регулирование минимального запаса, экономичные объемы запасов, планирование и оптимизация запасов, методы оценки, анализ инвентаризации, прогнозы потребности</p>
<p><b>Координация логистики</b></p> <p>Планирование ресурсов, управление издержками, планирование и контроль объемов, калькуляция «производить или покупать» учет и управление запасами, расчет сумм покрытия</p>	<p><b>Координация результатов</b></p> <p>Расчеты затрат на производство и реализацию, расчет сумм покрытия, расчет по центрам прибыли, структуризация, расчеты результатов по договорам, интегрированное планирование сбыта</p>	<p><b>Координация финансов и ликвидности</b></p> <p>Анализ платежных потоков по отдельным контрактам и проект крото-, средне- и долгосрочные прогнозы ликвидности управление наличностью, управление кредиторами и дебиторами</p>
<p><b>Координация амортизации</b></p> <p>Сравнение альтернативных методов амортизации, расчет калькуляционных процентов и амортизации, имитационные расчеты амортизации, интеграция в финансовый и управленческий учет</p>	<p><b>Координация сбыта</b></p> <p>Планирование и контроль сбыта, статистика сбыта, анализ результативности сбытовых мероприятий, оценка рамочных договоров, поддержка управления маркетинговыми проектами</p>	<p><b>Информационная система предприятия</b></p> <p>Экономические и логические показатели, доступность до уровня первичной документации, графическая форма представления, управление на основе задания границ отклонения показателей</p>

Рисунок 3 – Задачи координации решений оптимизационным управлением сложных систем

Процессы координации сложных систем могут быть регламентированы – структурированы. Выделим последовательность решения задач координации в любой сложной системе:

1. Структуризация процессов выполнения какой либо задачи (проблемы) – разделение на этапы, подэтапы и т.д.

2. Нахождение точек (моментов) принятия решений.

3. Определение характерных признаков каждого этапа (возможных коллизий).

4. Определение условий перехода системы из одного этапа в последующий.

5. Проверка реального существования коллизий в выделенных точках принятия решений.

6. Определение (формирование) метода (способа) её решения (выходов предыдущих этапов и входов последующих).

7. Формирование координирующего решения (управления), которое обеспечивает устойчивое состояние системы.

Несмотря на разнообразие перечисленных областей применения координации можно выделить общие компоненты. К ним относятся: задачи координации, цели координации, модели и методы координации, виды координации, выполняемые функции, механизмы координации, инструменты координации, формы координирующих взаимодействий, оценка эффективности координируемости, степень (уровень) координируемости, необходимые ресурсы, связанные с выполнением координации, информационные технологии, обеспечивающие решение задачи координации.

**Заключение.** Координация – центральная функция процесса управления в любой сложной системе, которая обеспечивает непрерывность и бесперебойность процесса управления, взаимосвязь всех функций управления. Управление в условиях функционирования и развития сложных систем всегда является координационным управлением. Необходимо продолжение развития основ теории координации сложных систем как для режимов функционирования, так и в условиях развития, как связанный во единый комплекс подходов, формальных методов, механизмов и инструментов координации, математических моделей и алгоритмов, обеспечивающих координацию, т.е. согласование, синхронизацию целей, функций, усилий органов управления составных частей сложных систем с оценкой эффективности координации и их интеграцию в единое целое. При этом необходимо решать задачи создания специальной среды, обеспечивающей более эффективную координацию.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Khodakov V.E. Vlijanie prirodno-klimaticheskikh faktorov na social'no-jekonomicheskie i proizvodstvennye sistemy /V.E. Khodakov, N.A. Sokolova, S.G. Chernyj. – Kherson: «Oldi-Pljus», 2013. – 350 s.
2. Mesarovich M. Teorija ierarhicheskikh mnogourovnevnyh sistem /M. Mesarovich, D. Mako, I. Takahara. – M.: Mir, 1973. – 344 s.
3. Aliev R.A. Metody i algoritmy koordinacii v promyshlennyh sistemah upravlenija /R.A. Aliev, M.I. Liberzon. – M.: Radio i svjaz', 1987. – 208 s.
4. Aliev R.A. Metody integracii v sistemah upravlenija proizvodstvom /R.A. Aliev. – M.: Energoatomizdat, 1989. – 269 s.
5. Altunin A.E. Modeli i algoritmy prinjatija reshenij v nechetkih uslovijah. – Tjumen': Izdatel'stvo Tjumenskogo gosudarstvennogo universiteta, 2000. – 352 s.
6. Aliev R.A. Proizvodstvennye sistemy s iskusstvennym intellektom /R.A. Aliev, N.M. Abdikeev, M.M. Shahnazarov. – M.: Radio i svjaz', 1990. – 264 s.
7. Efremova T.F. Novyj slovar' russkogo jazyka. Tolkovo-slovoobrazovatel'nyj. – M.: Russkij jazyk, 2000. 1233 s.
8. Novyj enciklopedicheskij slovar'. – M.: Bol'shaja Rossijskaja enciklopedija, 2001. – 1456 s.
9. Biznes-slovar' [elektronnyj resurs]. Koordinacija. Enciklopedii & Slovarei. – M., 2009-2013. – Rezhim dostupa: <http://enc-dic.com>
10. Tolkovyy slovar' russkogo jazyka: V 4 t. /Pod red. Ushakova D.N. – M.: Sovetskaja jenciklopedija, OGIz, 1935-1940.
11. Sagatovskij V.N. Osnovy sistematizacii vseobshhih kategorij /V.N. Sagatovskij. – Tomsk: Izd. Tomskogo universiteta, 1973. – 375 s.
12. Morrisej Dzh. Celevoe upravlenie organizaciej /Dzh. Morrisej. – M.: Sov.radio, 1979. – 144 s.
13. Klebanova T.S. Modeli i metody koordinacii v krupnomasshtabnyh jekonomicheskikh sistemah /T.S. Klebanova, E.V. Moldovskaja, Chang Hongven. – Har'kov: Biznes Inform, 2002. – 148 s.
14. Rajzberg B.A. Sovremennyj jekonomicheskij slovar' /B.A. Rajzberg, L.Sh. Lozovskij, E.B. Starodubceva. – M.: INFRA-M, 1997. – 496 s.
15. Jun G.B. Slovar' po antikrizisnomu upravleniju /G.B. Jun, G.K. Tal', V.V. Grigor'ev. – M.: Delo, 2003. – 448 s.
16. Rudashevskij V.D. Koordinacionnoe upravlenie – rezerv perestrojki /V.D. Rudashevskij. – M.: Ekonomika, 1990. – 254 s.
17. Khan D. Planirovanie i kontrol': koncepcija kontrollinga /D. Khan. – M.: Finansy i statistika, 1997. – 800 s.
18. Khodakov V.E. Upravlenie ustojchivym razvitiem predpriyatij /V.E. Hodakov, E.G. Petrov, N.A. Sokolova. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 454 s.

**Рецензент:** д.т.н., проф. Крючковский В.В.,  
Херсонский национальный технический университет.