

КОНВЕРГЕНЦИЯ СЛОЖНОСТИ АДАПТАЦИИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

ГЛИНСКИЙ Владимир Васильевич, д.э.н., проф., s444@ngs.ru, заведующий научно-исследовательской лабораторией «Устойчивого развития социально-экономических систем», Сибирский институт управления – филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, доктор экономических наук, Новосибирск, Россия

Scopus Author ID: 56790071400; ORCID: 0000-0002-7149-3020

ФРЕЙДИНА Елизавета Васильевна, д.т.н., проф., evfreydina@socio.pro, Ведущий научный сотрудник научно-образовательного центра, Сибирский институт управления – филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Новосибирск, Россия

СЕРГА Людмила Константиновна, к.э.н., доц., serga-lk@ranepa.ru, заведующий кафедрой бизнес-аналитики и статистики, Сибирский институт управления – филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Новосибирск, Россия

Scopus Author ID: 56790089700; ORCID: 0000-0002-8934-8876

Обоснован аргумент, что действие социально-экономических систем происходит в пограничье порядка (внутреннее устройство) и хаоса (внешняя среда) и они перестраиваются в адаптивные сложностные системы (CAS), для которых адаптация является повседневной деятельностью. Раскрыто понимание адаптации как универсального свойства, обеспечивающего устойчивость функционирования и развития сложностных систем. Предложено, чтобы создать реальную картину сложности адаптации системы множество разрозненных по стратам, структурным образованиям её «жизни», адаптационных процессов соединить (объединить) в новое конвергентное образование. Проведен анализ сложности адаптации по стратам: технической системы, операционной системы и в процессе взаимодействия сложившейся системы с экономическими субъектами внешней рефлексивно-активной среды. Принято во внимание, что любое изменение внутренней среды неизбежно приводит к развитию цепных реакций, усиливающих или нейтрализующих произошедшие изменения. Взаимодействие элементов

системы не линейно и отнесено к явлению «диффузия», порождающей эмерджентное свойство системы. Все системы введены в класс диффузных систем. Дополнены эмерджентные свойства системы генотипической и фенотипической сложностью адаптации системы. Обоснована конвергентная сложность адаптации системы, соединяющая сложность адаптации технической системы со сложностью адаптации операционной системы и сложностью адаптации сформированной системы к изменениям во внешней среде. Сгруппированы основные процессы, вызывающие изменчивость состояния внешней среды. Доказано, что связкой конвергентной сложности системной адаптации с адаптацией системы к условиям внешней среды создается расширенное конвергентное образование, подготовленное для адаптации системы с применением механизма робастного управления, в который для цели осуществления опережающей адаптации встраивается адаптивно-эвристический интеллект.

Ключевые слова: система, конвергенция, сложность, сложностьность, адаптация, эмерджентные свойства, страта, адаптационные процессы

DOI: 10.47711/2076-3182-2023-3-98-123

Введение. Деловой мир эволюционирует «мощью ускорения» [1], создавая сложностные реальности. Движение к конвергенции инициируется вызовами к созданию целостной гетерогенной картины мира посредством образования единства знаний. Процесс соединения разнонаправленных знаний в некоторую целостность имеет свою историю. Особое внимание, как отмечается в монографии *В.Г. Буданова, В.И. Аршинова, Я.И. Свирского и В.Е. Лепского*, уделяется конвергенции единства знаний по разным научным направлениям, что является «точкой роста» в развитии проблематики сложности. Проблема единства знаний органично вписывается в проблему конвергенции естественных и гуманитарных наук. Так, математические методы и модели прочно укоренились в лингвистике, социологии, экономике, психологии. Для «мышления в сложностном» создается конвергенция сетевого и системного подходов [2].

Исследуемая в статье реальность – это сложностная (perplexity) социально-экономическая система в конструктивном исполнении в форме предприятия. Причиной роста сложности и трансформации её в сверхсложность являются происходящие

изменения реальности, которые объясняются следующими аспектами:

1) «выживание и развитие систем происходит в условиях, когда хаос и неопределенность действительны, а необходимость постоянной адаптации к сложной реальности – образ повседневной деятельности» [3, с.108];

2) представление о внешней среде как полисубъектной рефлексивно активной сложилось из концептов: неопределенность, хаос, турбулентные совокупности;

3) поведение субъектов внешней среды из лапласовской, дарвиновской и марковской моделей трансформировалось в броуновское движение, в хаос;

4) действие систем происходит в пограничье порядка (внутреннее устройство) и хаоса (внешней среды), и они перестраиваются в адаптивные системы (Complex Adaptive Systems, CAS) [4], для которых адаптация является повседневной деятельностью.

Для управления сложностными хозяйствующими субъектами вырабатываются новые парадигмы, концепции для руководства познанием реальности и методы адаптации к изменениям, вызванным «мощью ускорения».

Адаптация авторами статьи трактуется как необходимое, направленное изменение, обеспечивающее устойчивость, рост и развитие системы в пределах эволюционно достигнутой нормы реакции посредством компенсаторных процессов [5]. Множество разнообразия изменений порождает множества разнообразия процессов адаптации. Выдвигается идея: чтобы получить единую картину по адаптации, её сложности предложено множество разрозненных адаптационных процессов соединить (объединить) в новое образование, в единое целое, характеризующее конвергентную сложность адаптации.

Для соединения множества адаптационных процессов в конвергентную целостность использован нетрадиционный стратифицированный подход, состоящий в дифференциации социально-экономической системы на страты («слои») по общему признаку. В качестве такого признака принимаем направленность адаптационных процессов на обеспечение устойчивого функционирования, роста и развития системы. Страты выстраиваются в иерархический порядок, начиная с технической (устройства) системы,

операционной системы и взаимодействия системы с внешней средой, определяющий последовательность исследования по обоснованию конвергенции сложности адаптации.

Разрешение поставленной проблемы по конвергенции сложности адаптации действующей системы осуществляется решением следующих поставленных задач:

1) обосновать адаптацию как универсальное свойство сложных систем;

2) раскрыть идею подхода к конвергенции сложности адаптации;

3) выявить эмерджентные свойства систем, усиливающие сложность адаптации;

4) системно рассмотреть сложность адаптации технической и операционной систем;

5) составить представление о приращении конвергентной сложности адаптации при взаимодействии сложной системы с внешней полисубъектной рефлексивно-активной средой.

Адаптация – универсальное свойство сложностных систем. Цель адаптации – преобразование неустойчивого состояния системы в устойчивое. Неустойчивость как свойство системы синергетикой возведена в базовый принцип. Неустойчивость системы вызвана вариабельностью параметров (ведущих переменных) оценки функционирования системы. Неустойчивость обусловлена нарушением пределов допустимой флуктуации параметров (показателей), в рамках которых система относится к устойчивой. Приведем одно из распространенных определений: «устойчивость – способность системы стремиться при различных состояниях к некоторому равновесному (стационарному) состоянию» [6, с. 468]. Как известно, устойчивость системы достигается способностью её к адаптации как процессу создавать и воспроизводить необходимые условия собственного существования.

Аспекты сложности введены в понятие «система». Наиболее распространенное определение системы: некоторое количество взаимосвязанных элементов, объединение которых дает единое целое и новый системный эффект [7]. Понятие «система» используется в тех случаях, когда необходимо охарактеризовать исследуемый или создаваемый объект некоторой реальности как нечто целое и сложное.

В рамках классической теории организационного управления, свойства системы, благодаря которым она способна конкурировать и развиваться в сложившихся условиях внешней среды, образуют устоявшуюся сборку из следующих проявлений: равновесие, устойчивость, адаптация, надежность, эффективность, безопасность. Подключение к общей теории систем организменной методологии, заменяя представление системы как некоторой «машины» «организмом», происходит выделение ведущего свойства – это адаптация, благодаря которому создаются условия для развития каждого свойства представленной сборки и системы в целом.

Адаптация по законам эволюции относится к одному из универсальных свойств биологических систем, позволяющим им входить в устойчивое состояние, расти и развиваться. Познание адаптации системы неорганического мира раскрывалась представлением системы как «биологическое единство». Изучение социально-экономической системы в этом контексте имеет историю по расширению признаков подобия социально-экономической системы биологической. Основные из них: «система – организм» [8], подобно организму система должна обладать саморегуляцией, самоорганизацией [9], модель хозяйственных отношений между системами в бизнес-экосистеме представляется моделями биологических видов «хищник-жертва», «сильный хищник – слабый хищник» [10].

Выведенным изоморфизмом между двумя разной природы системами обусловлено вступление в силу организменной методологии о рассмотрении социально-экономической системы как некоторого согласованного функционирования множества взаимосвязанных процессов, способствующих эволюции или вызывающих деволуцию [11]. В органическом мире эволюция – процесс разветвляющегося развития («дерево» эволюции), роста разнообразия от простых форм жизни к более сложным формам, высокоорганизованным; деволуция – процесс, обратный эволюции, со схождением ветвей и снижением биоразнообразия и сложности [12].

С погружением в организменную методологию примем во внимание, что если органический мир, его биологические системы в своем существовании могут находиться или в процессе

эволюции или деволуции, то на основании установленного изоморфизма организационных систем биологическим, эта закономерность сопровождает и системы неорганического мира. Продвижением закономерности развития органического мира в приложение к управлению социально-экономическими системами, создан прецедент для разграничения понятий «приспособление» и «адаптация» [5]. Приспособление – процесс изменения, способствующий выживанию системы за счет приобретения нужных навыков и свойств. Адаптация – необходимое, направленное изменение, обеспечивающее устойчивость, рост и развитие системы в пределах эволюционно достигнутой «нормы» реакции посредством компенсаторных процессов. Компенсаторные процессы – адаптационные процессы, эволюционные действия по изменению, обеспечивающему системе устойчивость, рост и развитие.

Контекст адаптации – множество разнообразия изменений. Результат изменения находится в пределах эволюционно достигнутой «нормы» реакции» [13, с. 406]. Сущность изменения – это превращение в другое, переход из одного качественно определённого состояния бытия в другое. По Аристотелю изменение противостоит устойчивости и отмечается, что каждое из изменений есть переход в свою противоположность – устойчивость [14]. В противоречивом единстве изменчивости и устойчивости ведущую роль играет изменчивость, ибо всё новое в мире появляется лишь через неё, а устойчивость лишь фиксируют достигнутое в этом процессе. Изменчивость «является фактом, одним из основных эмпирических обобщений, с которыми непрерывно приходится сталкиваться» [8, с. 20]. Обеспечение системе устойчивого состояния возлагается на адаптацию, на процесс, который сопровождает систему любого класса на протяжении её жизненного цикла и отличается специфичностью и избирательностью реакций на изменение условий внутренней и внешней среды.

Множество разнообразия изменений инициирует множество разнообразия адаптационных процессов. Законом необходимого разнообразия утверждается, что только разнообразие способно победить разнообразие [15]. Чтобы удержать свою целостность, система должна обладать разнообразными адаптационными

процессами, чтобы быть готовой своевременно отреагировать на воздействующие изменения в ней и во внешней среде, и благодаря этому работать и развиваться.

Дифференциация множества разнообразия действий по обеспечению жизнеспособности биологических систем выражена в типологии адаптации. Методологические аспекты её построения: разделение адаптационных процессов на два мега типа – генотипическую и фенотипическую адаптацию. Генотипическая адаптация представляет внутреннюю перестройку генотипа и является исходной формой эволюции живых систем, позволяющей организму существовать в сложных условиях среды. Перестройка формы организации жизни биологической системы с целью реализации возможностей для «покорения» других популяций и расширения сферы своего влияния – фенотипическая адаптация. Каждый из мега типов раскрыт через некоторую совокупность типов, находящихся в определенных отношениях между собой [5]. Для организационных систем имя мега типа адаптации живых систем дано в следующем соответствии: генотипическая адаптации – системная адаптация, фенотипическая – средовая адаптация.

Подход к конвергенции сложности адаптации систем.

Особый интерес исследователей к сложности проявился в XX веке в связи с глобальным усложнением общественных отношений, техники и технологий, поведения и действия социальных индивидов [16]. Философией науки о мире сложности подведены итоги: сложность – свойство, неотделимое от изучаемого явления, системы или объекта любой природы [17]. Обращение к категории «сложность» объясняется тем, что «современная цивилизация вступила в эпоху экспоненциально растущей сложности в режиме турбулентности, неопределенности и возникновения новых глобальных рисков» [2, с. 7]. Сложность по определению *Е.Н. Князевой* «возникает тогда, когда различные элементы начинают составлять единое целое, когда они становятся неотъемлемыми друг от друга, когда складывается взаимозависимость, когда создается единая интерактивная и ретроактивная ткань» [17].

К общим факторам, определяющим сложность системы, осуществляющей адаптационные процессы, относим:

1) сложность внутреннего устройства (complication): наличие в системе большого числа элементов и различного характера связей между ними (нелинейные и линейные, слабые и сильные и т. д.) и проявление стохастичности параметров процессов и системы в целом;

2) сложность внешних проявлений системы (complexity) во взаимодействии с внешней рефлексивно-активной средой в пограничье порядка и хаоса;

3) сложность осуществления адаптации как повседневной реакции системы на возмущения внутренней среды и воздействия фактора внешней среды.

Развитие делового мира происходит в направлении «от простого к сложному», от хорошо организуемых систем (понятие, введенное В. Налимовым) [18] к саморегулирующимся и самоорганизующимся, отличающимся уровнем сложности устройства и адаптации. Система самоорганизующаяся и это означает не только активную выработку реакции на внешние воздействия, но и способность формировать приемлемый внешний ландшафт. На современном этапе повышенное внимание обращено на организационное управление этого типа систем, в ходе функционирования и развития которого «происходит переход от одного вида саморегуляции к другому». Формула саморегуляции в философии и биология трактуется как саморазвитие, под которым понимается: в философии – внутреннее необходимое самопроизвольное изменение системы, определяемое её противоречиями. В биологической науке – генетическая перестройка, связанная с внутренними процессами в организме, ведущими к его изменению и адаптации к ним [13].

Идея подхода к формированию конвергенции сложности адаптации состоит в том, что социально-экономическую систему разделяем по стратам – фиксируемой общности, «слоям» по специальному признаку. К такому признаку относим направленность адаптации по стратам. Фиксируемая общность выстраивается в иерархический порядок исследования поставленной проблемы:

– первая страта – технологическая система, выстроенная на стадии проектирования и состоящая из комплекса оборудования разного назначения, по которым выдаются правила его

эксплуатации и вводится в связи с вероятностными отказами коэффициент надежности в обеспечении комплексом работоспособности системы в целом:

– вторая страта – это операционная система, осуществляющая преобразование ресурсов в готовую продукцию в реальном масштабе времени, опираясь на технологическую систему;

– третья страта – взаимодействие сложившейся сложной системы с экономическими субъектами внешней рефлексивно-активной среды.

Выделение третьей страты объясняем тем, что взаимодействие системы с внешней средой определяет акт её существования. Так по *П. Друкеру*: «ни результаты, ни ресурсы не существуют внутри бизнеса. Они существуют за его пределами. Внутри бизнеса нет никаких центров сосредоточения прибыли, существуют только центры сосредоточения затрат» [19, с.13]. Взаимодействие системы с внешней средой включает рациональный выбор информации об её состоянии, на основе которой проводится разработка стратегии и тактики ведения бизнеса.

Глубина раскрытия сложности адаптации системы находится в связанности с потенциалом инструментария научно-познавательной деятельности, развитие которого отражено в типах научной рациональности: классической, неклассической и постнеклассической [9]. Эволюция научной рациональности раскрывается принципом: каждый новый тип научной рациональности не уничтожает предыдущий, а лишь ограничивает сферу его действия. Классическая наука исторически была первым стандартом фундаментальных исследований, но затем эти стандарты перестали доминировать в науке» [9, с.91].

Сложность и многообразие процессов адаптации сопряжены со сложностью типа систем. Так, системная (генетическая) адаптация служит способом достижения устойчивого состояния как открытых (хорошо организуемых, саморегулирующихся и саморазвивающихся), так и замкнутых систем, относящихся к хорошо организуемым. Результативность адаптационных процессов – непрерывная реакция на изменения во внутренней и внешней среде для достижения устойчивого состояния системы. Отнесем выстраиваемый плацдарм действий системы по адаптации к исходной среде, сложность которой очевидна.

Эмерджентные свойства систем, приводящие к сложности адаптации. То, что целое есть нечто большее, чем просто сумма его компонентов, было известно еще в древности. Однако вопросы об уникальности способа достижения этого преимущества, и благодаря каким свойствам оно достигается, все еще остается одним из фундаментальных во всех сферах науки. Понятие эмерджентность сегодня широко применяется в разных науках, определяя или унифицируя качественные свойства, присущие определенной системе. Чем сложнее многокомпонентность структуры системы, тем объемнее сущностные свойства эмерджентности.

Обобщим эмерджентные свойства системы, оказывающие влияние на сложность её адаптации. Адаптация – это целенаправленное изменение, но изменение любой направленности следует определенной закономерности. Отметим, что закономерность в проявлении изменений любой направленности, подчиняется закону о динамическом равновесии системы: оно не автономно, не изолировано, любое изменение одного из компонентов системы (вещества, энергии, структуры) вызывает сопутствующие функционально-структурные количественные и качественные перемены в состоянии остальных компонентов.

Эмпирическое следствие закона:

– любое изменение внутренней среды неизбежно приводит к развитию цепных реакций, усиливающих или нейтрализующих его проявление;

– взаимодействие элементов системы не линейно, воздействие единичного явления на один из системных элементов (следствие – изменение параметров) способно привести к сильной флуктуации параметров процессов, а также системы в целом;

– нелинейность подразумевает такой характер существования и развития системы, при котором микроскопические количественные изменения одних параметров системы или её результаты действий не дают пропорционального изменения в других параметрах или результатах действий взаимосвязанных элементов (процессов).

В организационных системах явление развития цепных реакций при внесенном изменении рассмотрено как «диффузия», означающая,

что в системе нельзя установить непроницаемые перегородки, разграничивающие перенос влияния при изменении одних переменных на другие [18]. Отметим отличие явления диффузии в организации от диффузии вещества в среде. Диффузия в организации характеризует нелинейность переноса влияния изменения в одной части системы (структуры, процесса) на другие составляющие, тогда как диффузия вещества в среде – это явление, приводящее к самопроизвольному выравниванию концентраций вещества по всему занимаемому объёму.

Таким образом, в адаптацию как целенаправленное изменение по «переводу» системы или процесса из одного качественно определённого состояния в другое вносится сложность и непредсказуемость силы и характера влияния, обусловленного цепной реакцией взаимосвязанных и взаимодействующих элементов (процессов) системы. В итоге приходим к выводу: сложные адаптационные системы – диффузные системы и диффузия вызывает приращение сложности адаптации. Так как изменения сопровождают систему на всем цикле её жизни, то явление диффузии относим к эмерджентному свойству системы, которое присуще двум классам систем – открытым и замкнутым.

В теории управления для раскрытия сложности социально-экономических систем используются понятия, определяющие способность организма к выживанию и развитию, введенные *Ст. Биром, Н. Моисеевым, В.С. Степиным*. Приемом, распространенным при переходе к представлению организационной системы «организмом», воспользуемся терминами из физиологии и введем понятия сложности адаптации – генотипическая и фенотипическая сложность. Генотипическая и фенотипическая сложность адаптации – атрибут открытых систем, генотипическая сложность – замкнутых систем (рис. 1).

Так как адаптация становится повседневной деятельностью системы, то внутренние (генетические) её изменения происходят с разной мерой сложности. Изменения, связанные с переходом системы в новую форму организации деятельности за счет накопления энергии, всегда сопровождаются итерацией поиска модели будущего системы. Система, находящаяся на стадии развития, обладает повышенной сложностью адаптации, и такую сложность рассматриваем как фенотипическую.

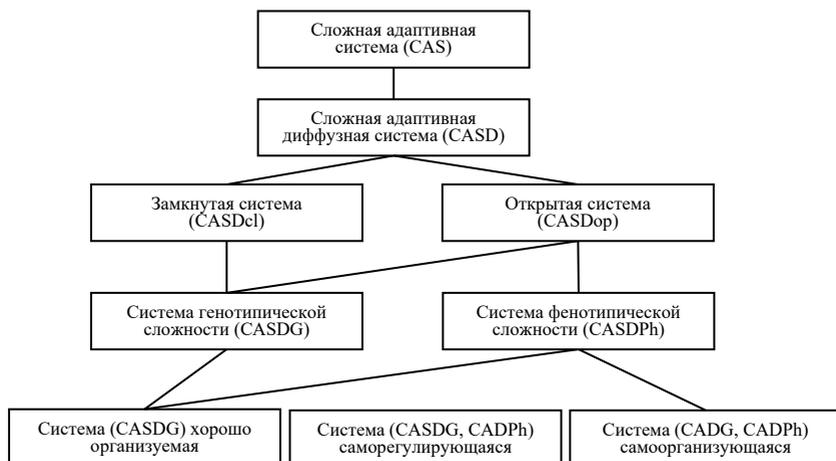


Рис.1. Эмерджентные свойства систем и их проявление по классам и типам организационных систем

Примем как аксиому, что эволюционная «жизнь» организационной системы означает последовательный переход от генотипической к фенотипической и вновь к генотипической сложности адаптации. Объективно существующая связь между этапами эволюции системы будем считать закономерностью, определяющей существование и развитие сложной адаптивной диффузной системы. В рассмотренном контексте – эта закономерность дает основание считать генотипическую и фенотипическую сложность адаптации эмерджентным свойством системы.

Выведенные эмерджентные свойства дополняют классические свойства, присущие организационным системам. Так как причины и процессы адаптации рассмотрены применительно к открытым и замкнутым системам, то определим проявление эмерджентных свойств по классам и типам систем: хорошо организуемая, саморегулирующаяся и самоорганизующаяся, что отражено на рис.1.

Из представленной на рис. 1 графической конструкции выстроено проявление эмерджентных свойств, усиливающих адаптации, по классам и типам систем:

– замкнутые системы – это «хорошо организуемые», диффузные, генотипические сложности;

– открытые системы – хорошо организуемые, саморегулирующие и самоорганизующиеся диффузные, генотипические и фенотипические сложности адаптации.

Поясним отношения между открытыми и замкнутыми системами. Класс открытых систем – социально-экономические системы. Замкнутые системы – рефлекторные, к ним относим комплексы оборудования с функциональными связями между его единицами. Такие технические образования составляют техническую систему – опору технологической и операционной системы.

Далее, следуя принятому подходу, избираемый ход исследования к обоснованию конвергенции сложности адаптации систем – это раскрытие причин и процессов адаптации по стратам расслоения организационной системы.

Конвергентная сложность системной адаптации социально-экономической системы. Страта первая – техническая система, выстроенная на стадии проектирования и состоящая из комплексов оборудования разного назначения, связанного технологией преобразования входных ресурсов в продукцию. Цель адаптации – обеспечение устойчивой мощности работоспособного оборудования операционной системе.

Выделим основные особенности технических систем, оказывающие влияние на сложность адаптации:

- 1) лишены способности к развитию по стадиям жизненного цикла, напротив, происходит их старение;
- 2) в процессе эксплуатации не могут изменить цели, конфигурацию и структуру;
- 3) не вступают в управляемое взаимодействие с субъектами внешней среды;
- 4) свойства стохастичность и неустойчивость запрограммированы в строго ограниченных пределах;
- 5) могут быть в одном из двух состояниях – устойчивом или «уйти в разнос».

Управление состоянием технических систем отдано инженерной службе и ведется по специальному регламенту.

Эксплуатация оборудования и разного назначения технических установок сопровождается проявлением таких факторов как:

- 1) отказы технических единиц, относящиеся к случайным событиям;

2) дискретность работы технических единиц, вызванная периодическими остановками их на планово-предупредительные ремонты.

Сложилась классификация случайных отказов технических единиц. Приведем виды отказов из категории явные: собственные и вынужденные, проявление – внезапное и накапливаемое, роль диффузии изменений – автономные, катализаторы и генераторы. Каждый случайный отказ приводит к снижению мощности работоспособного оборудования действующего парка и к работам по его восстановлению. Для управления системой с отказами технических единиц определяются показатели их надежности: вероятность безотказной работы, средняя наработка до отказа и между отказами, интенсивность отказов. Рассчитанные показатели принимаются как исходные для определения соответствующего резервного оборудования, способа и обеспечения своевременной адаптации системы, обеспечивающей сокращение размаха флуктуаций относительно проектной или планируемой мощности парка оборудования.

К неустойчивому состоянию техническую систему приводят и правила эксплуатации оборудования, устанавливающие дискретность его работы: работоспособное состояние, определяемое нормой наработки, простои в связи с остановками на планово-предупредительные ремонты (ППР), продолжительность восстановления которых зависит от вида ремонта. Отметим, что нормы ППР – наработка и продолжительность восстановления технических единиц «запакованы» регламентом в пределы. Но, несмотря на это, продолжительность безотказной работы оборудования и ремонтов проявляется как переменная величина.

Практика эксплуатации техники показала, что если при построении совмещенного графика ППР по комплексу технических единиц одного назначения (рабочий парк) следовать строго нормам наработки и продолжительности восстановления, то выявляется вариабельность его суммарной мощности. Сглаживание флуктуации – это задача, классическое решение которой проводится с применением методов теории расписания, а на практике часто применяется метод равномеризации суммарной мощности вводимой в работу техники за счет обособленной подвижности графика ППР и подключения резервного

оборудования (морфологическая адаптация). Условие равномеризации мощности имеет вид:

$$Q_{nl} - \sigma_Q \leq Q_i \leq Q_{nl} + \sigma_Q,$$

где Q_{nl} – средняя мощность рабочего парка; Q_i – фактическая мощность рабочего парка оборудования; σ_Q – допустимое среднеквадратичное отклонение суммарной, мощности, при котором технологическая система устойчива.

Рассмотренные факторы характеризуют состояние технической системы, при котором появляются все основания отнести её к классу стохастической (случайные отказы) и неустойчивой (дискретность работы оборудования) системы. Происходит сопряжение сложности устройства системы со сложностью эксплуатации техники, порождаемой объективным явлением – отказами и правилами ППР.

Страта вторая – операционная система, представляемая процессной моделью. Развитие процессного подхода в управлении системой обусловлено тем, что он дополняет системный подход, представляя внутреннюю среду совокупностью взаимосвязанных и взаимодействующих процессов. Процесс – операция, образующая систему и имеющая функцию достижения цели посредством преобразования ресурсов в продукцию. Процессы объединяют в циклы, результативность управления которыми будет зависеть от выстроенной связи, определяемой «коэффициентом передачи» результатов работы (вещества) от одного процесса к другому. Результат всякого процесса и системы поддается измерению и, благодаря этому, создается фактологическая база для принятия управленческих решений. Оценка правильности работы любого процесса определяется статистиками: математическое ожидание, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации результата.

Работа системы как «изолированной» от вмешательства внешней среды в её повседневную деятельность, обеспечивается интеграцией технической и операционной систем. Формируется сложная организационная система, состояние которой определено фундаментальными принципами *Н. Моисеева* – это «принципиальная стохастичность» и «принципиальная неустойчивость». В итоге получаем характеристику внутренней

среды системы как «порядок стохастический неустойчивый», открывающий сущность и направление её исследований.

В организационной системе происходит наложение на стохастичность и неустойчивость, сопровождающих техническую систему, стохастичность и неустойчивость операционной системы. Следовательно, повышается сложность адаптации соединением адаптации технической системы и операционной деятельности, отличающихся целенаправленностью изменений. Будем считать, что в границах организационной системы происходит конвергенция сложности адаптации, приводящая к сосредоточению в новом информационном образовании базы знаний по видам изменений, требующих реакции системы на их вмешательство в повседневную деятельность, и множеству адаптационных процессов по нейтрализации изменений.

Общепризнанным является утверждение, что если систему не привести в устойчивое состояние посредством адаптации то, «нельзя прогнозировать динамику процессов системы, система становится неуправляемой, состояние не поддается измерению» [20, с.154]. В то же время действующую систему привести в устойчивое состояние принципиально невозможно. Достигается только квазиустойчивое состояние посредством установления предела допустимой флуктуации параметров порядка, в рамках которых система стремится к некоторому равновесному (стационарному) состоянию.

Обратим внимание, что понятие «предел» имеет 2500-летнюю историю, начиная отсчет от трудов Евклида и Аристотеля. По Аристотелю предел – сущность каждой вещи и суть её бытия, ибо суть бытия вещи – предел познания вещи [14]. Установление пределов объясняется необходимостью обеспечения существования «материи». Понятие предела, сформулированное в математике: некоторое число, определяющее предел последовательности элементов числового пространства. Числовое «господство» царит и в организационном управлении, и под пределом будем понимать ограниченную числовую последовательность верхней ($SupX$) и нижней ($InfX$) границами.

Управление процессом и системой в рамках предела имеет свои отличительные особенности. Так как процесс – это образующая

структура системы, то методы управления операционными процессами с позиции устойчивой (правильной) их работы сводятся к отслеживанию видов вариабельности параметров не только за гранями предела, но в рамках предела. Приведем примеры такого отслеживания флуктуации:

- высокочастотные отклонения – это «нормальный режим»;
- выход хотя бы значения одного параметра (точки) за пороговое ограничение – «режим работы вышел из-под контроля»;
- тренды по нескольким точкам – «процесс подлежит регулированию»;
- устойчивое во времени превышение показателем центральной линии – «процесс подлежит регулированию»;
- происходит низкочастотная флуктуация значения параметра – «режим неустойчивый и процесс подлежит существенной коррекции».

Внесение пределов в управление процессами имеет свою историю. Развитие подхода к управлению переменными величинами (показателями), с применением пределов прослеживается, начиная с разработки в 1928 г. американским инженером *В. Шухартом* (*W.E. Shewhart*) «контрольных карт качества», инструмента, который является основным регулятором работы процессов и по сей день. По контрольным картам качества производится в реальном времени контроль хода преобразования процессом ресурсов в продукцию, и в случае приближения показателей качества к пороговому ограничению или их выхода за грани предела осуществляется воздействие на процесс для ввода его в асимптотическое равновесие.

Повышение роли качества продукции в конкуренции на мировых рынках послужили импульсом к развитию теории менеджмента качества. У истоков её создания в период 1947–1950 гг. стояли ученые-статистики: *Эд. Деминг*, *Дж. Джуран*, *Ф. Кросби*, *А. Фейгенбаум*. Концепция, сформулированная *Эд. Демингом*, состояла в следующем: признать, что всегда существует отклонение; отслеживать неестественные отклонения посредством установления предела; затем выяснять причины, лежащие в их основе. Идеология концепции была принята японскими учеными и инженерами и имплементирована во всех отраслях промышленности [21].

Управление по отклонениям широко используется при формировании материальных запасов (ЕОQ-модель *Уилсона*) и запасов денежных средств (модели *Баумоля* и *Миллера-Орра*), которые отражают динамику и изменчивость денежных потоков по суточным периодам [22, с. 358–362]. Аналитическими расчетами определяются допустимые колебания ($V_{max} - V_{min}$) варьирования денежных сумм в свободном обращении.

Приведенные подходы к обеспечению устойчивости функционирования операционных процессов свидетельствуют о том, что наблюдается тенденция «упаковки» их в пределы. В итоге отстраивается процессно-предельная модель внутренней среды системы.

Правомерен вывод, что сложность адаптации технической системы покрывается сложностью адаптации операционной системы. Происходит внутренняя, последовательная конвергенция сложности адаптации «изолированной» системы. На этапе исследований гипотетически исключается влияние изменчивости факторов внешней среды на устойчивость функционирования системы.

Приращение конвергентной сложности системы при взаимодействии с внешней средой. *Страта третья* – взаимодействие системы с экономическими субъектами внешней среды. Направленность эволюции сложных систем связана с расширением возможностей (относительно обратной связи) к адаптации при разном состоянии внешней среды. Сложность системы при взаимодействии с внешней средой раскрывается через дихотомию свойств и ограничений в рамках понятий – «организационное устройство», «внешнее воздействие». Пространство их взаимодействия рассматривается в пограничье «порядка и хаоса» [23, с. 86]. «Порядок» несет организационная система, но он трансформировался как «порядок стохастичный неустойчивый». «Хаос» внешней среды порождает динамический беспорядок, несущий информационную и поведенческую неопределенность, непредсказуемые турбулентные изменения.

Состояние внешней среды определяется множеством разнообразных факторов, упорядоченных в определенные факторные структуры *Ф. Котлером* [24], *М. Портером* [25]. Оценка роли фактора на воздействие системы в той или иной ситуации

определяется фактами, объединенными в информационную облачность, покрывающую каждую из факторных структур. Формируется типологическая информационная модель внешней полисубъектной рефлексивно-активной среды (табл. 1).

Таблица 1

Типологическая информационная модель внешней рефлексивно-активной полисубъектной среды [26]

Факторные структуры	Информационная облачность
Макросреда	Институциональная (стратифицированная)
Мезосреда	Рыночная (рассеянная, разорванная, турбулентная)
Микросреда	Контактная (связная со «сцеплением»)
Деловая среда	Совмещение контактной и рыночной облачности

Основой ресурс коммерческой эффективности и устойчивости функционирования системы – распознавание информации, подключая процессы генерации и рецeпции, превращая её в знания для принятия решений. Знания о событиях, происходящих во внешней и внутренней среде, *Р. Акофф* и *Ф. Эмери* соотносят с определенным моментом времени и вводят такое понятие как «временное сечение» [27, с. 19-20] Происходит мыслительное, логическое рассечение части или всего образованного облачного информационного пространства по одному (тривиальное) или нескольким (векторное) направлениям. Во временное сечение вводятся данные облачности, разнесенные по факторам на момент $t, t = 1, 2, \dots, T$.

О неизбежности информационной связанности системы и внешней среды указывают принципы, сформулированные *Ст. Биром* для кибернетического предприятия [28, с. 147-148]:

1) деятельность внешнего окружения, взаимодействующая с системой-предприятием, «выражается множеством переменных», которые принимаются как исходные данные для разработки стратегии;

2) «критерий деятельности предприятия определяется не одной переменной, а некоторым множеством переменных, с которыми руководство определяет цели предприятия и выходит во внешнюю среду для подтверждения своей конкурентоспособности;

3) для системы-предприятия параметры нельзя оптимизировать отдельно от состояния внешней среды;

4) критерии (параметры) деятельности предприятия и состояния внешнего окружения связаны между собой сложными функциональными зависимостями и характеризуются наличием противоречий.

Изложенные принципы составляют исходные знания для обоснования адаптационной способности организационной системы в пространстве «порядка и хаоса». Она достигается рациональным выбором параметров порядка, определяющих состояние внешней среды и составляющих информационный базис для разработки стратегии. Стратегия – это сильная деловая концепция плюс набор реальных действий по созданию конкурентного преимущества системы.

При этом в информационный базис вводятся и показатели организационной системы, определяющие её ресурс, с которым она вступает во взаимодействие с субъектами внешней среды. Происходит параметрическое «склеивание» (объединение) систем с противоположными целями, именуемое *И.В. Прангшвили* [29, с. 113] системной конвергенцией двух открытых систем. Выводится принцип: «склеивание противоположностей формирует устойчивые системы» [29 с. 129]. Системная конвергенция открыта для поступления изменений параметров и положительной, и отрицательной направленности. Изменения могут носить ожидаемый, прогнозируемый или случайный характер с высокой мерой неопределенности. В таких условиях, как отмечает *В.Е. Лепским*, доминирующим видом управления становятся разнообразные «виды управления через среду»: управление сложностью, управление через задание механизмов функционирования среды и другие [30 с. 1794]. Такие виды (модели) управления адекватны постнеклассической рациональности. Управление «через среду» выводит параметры порядка состояния внешней среды на уровень приоритетных для принятия решений. Тогда, задача социально-экономической системы – это найти адаптационные процессы, позволяющие ей существовать без потери эффективности, устойчиво функционировать и развиваться.

К одной из моделей управления через среду отнесем робастное управление. Раскроем базовые его особенности. Системная

конвергенция отображается специальной информационной структурой на входе в систему, состоящей из гранул числовой последовательности, формируемой из набора переменных (критериев), определяющих состояния внешней среды и взаимодействующей с ней системы. Числовые последовательности гранул ограничены робастным пределом. Его определение: некоторая обоснованная «норма» экономических и организационных изменений параметров порядка, определяющих деятельность социально-экономических систем с позиций достижения поставленных целей [31, с. 72].

Информационной структуре, отображающей системную конвергенцию двух классов систем, присвоено «имя» адаптивный гомеостаз. Значимость введения адаптивного гомеостаза в модель робастного управления связана с появлением возможности для разработки сценариев опережающей адаптации.

Очевидно, что каждый сценарий адаптации подлежит оценке его результативности по показателям управления операционной деятельностью системы, с которыми она выходит во внешнюю среду. Для этого формируется информационная структура по той же кальке, что и адаптивный гомеостаз и именуется робастным гомеостазом. Его информационные гранулы заполнены ведущими переменными операционной деятельности системы. Следующей информационной структурой является отстроенное гомеостатическое оцифрованное пространство. Функциональные зависимости между параметрами порядка и ведущими переменными двух информационных структур позволяют составить мыслительное соединение воображаемыми линиями пределов каждой информационной гранулы с образованием виртуального «замкнутого окружения». В его рамках организационная система, подобно организму, балансируя равновесием не выходит за грани предела, адаптируется переходом с одного временного аттрактора на другой. Обратим внимание, что в гомеостатическом пространстве равновесие и устойчивость находятся в отношениях: «устойчивость – способность системы стремиться при различных состояниях к некоторому равновесию» [28, с. 468].

Рассмотренные информационные конструкторы вписаны в модель робастного управления и формируют специальную технологию

робастного управления «через среду» адаптивными сложностными системами. Она настраивается на процессы по разработке и реализации в нужное время сценариев предупреждающей и подготовленной адаптации системы для достижения некоторого согласия во взаимодействии с внешней средой. Робастным управлением создаются возможности для саморегуляции и самоорганизации в рамках робастного предела, ориентированного по той или иной ведущей переменной.

Решение столь сложного комплекса задач возлагается на механизм робастного управления, в который встраивается адаптивно-эвристический интеллект (АЭИ), обладающий автономией. Взаимодействие лица, принимающего решение, и адаптивно-эвристического интеллекта происходит в интерактивном режиме на выстроенной рефлексивно-активной площадке. На ней осуществляются рефлексивные управленческие процессы, состоящие в передаче одним «субъектом» другому в интерактивном режиме информации для её преобразования или принятия управленческих решений.

Выведем основные процессы, порождаемые состоянием внешней среды и приводящие к приращению конвергентной сложности системы в целом [31, с. 192].

1) структурирование информационного хаоса внешней среды в типологическую информационную модель (табл. 1);

2) рациональный выбор параметров порядка, определяющих состояние внешней среды в связи с высокой динамикой их изменения;

3) рациональный выбор ведущих переменных, определяющих возможности социально экономической системы к адаптации;

4) введение в механизм робастного управления адаптивно-эвристический интеллект;

5) рациональный выбор сценария адаптации, обеспечивающего системе устойчивое состояние, осуществляемый в интерактивно – рефлексивном режиме.

Сложность осуществления предупреждающей подготовленной адаптации системы к внешней среде «сходится» с конвергентной сложностью адаптации системы. В итоге получаем конвергентную сложность адаптации социально-экономической системы в целом, объединяющую знания о процессах

адаптации из разнородных страт, построения и управления её. Конвергенция сложности адаптации системы, функционирующей в условиях хаотичной и наполненной неопределенности окружающей среды, по существу, представляет целостное образование в виде репозитория или базы знаний. Они предназначены для того, чтобы содержать наряду с информацией о процессах адаптации информационные конструкции: гранулы данных (ведущих переменных) адаптивного и робастного гомеостазов, функциональные зависимости между ведущими переменными и сценарии предупреждающей адаптации встраиваются в механизм робастного управления.

Заключение. Конвергенция сложности адаптации осуществляется с целью создания целостной гетерогенной картины из множества разнообразия адаптационных процессов, распределенных по стратам. Страты представляются в виде иерархического порядка, определяющего последовательность образования конвергентной сложности системы в целом, начиная с технической системы (первая страта), выстроенной на её основе операционной системы (вторая страта) и заканчивая взаимодействием сложившейся «изолированной» организационной системы с внешней полисубъектной рефлексивно-активной средой (третья страта).

Образование конвергенции сложности адаптации системы в целом происходит последовательным вложением сложности адаптации технической системы в сложность адаптации операционной системы, образуя конвергенцию сложности адаптации «изолированной» системы. Приращение сложности адаптации системы происходит действием адаптационных процессов, порождаемые состоянием внешней среды: хаосом, наполненной неопределенность и турбулентными проявлениями.

Связкой конвергентной сложности адаптации «изолированной» системы с её адаптацией к условиям внешней среды создается конвергенция сложности системы в целом, представляемая как новое, целостное конвергентное образование в виде базы знаний, встроенное в модель робастного управления и целенаправленное на поведение системы в согласии с внешним окружением. Таким образом, в целом сформирована единая картина адаптации социально-экономической системы посредством

конвергенции сложности адаптации по стратам как фиксированной общности адаптационных процессов.

Список литературы

1. Тоффлер Э. Шок будущего: пер. с англ. М.: «Издательство АСТ», 2002. 557 с.
2. Буданов В.Г., Аршинов В.И., Свицкий Я.И., Лепский В.Е. Сложность и проблемы единства знаний. Вып. 1. К стратегии познания сложности. М.: ИФ РАН, 2018. 105 с.
3. Эйзенхардт К., Сулл Д. Стратегия как свод простых правил. // Новые подходы к стратегии бизнеса: пер. с англ. М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. С. 104–133.
4. Reeves M., Levin S., Ueda D. Think Biologically: Messy Management for a Complex World, 18 июля 2017). URL: <https://www.bcg.com/publications/2017/think-biologically-messy-management-for-complex-world.aspx> (дата обращения: 08.07.2019).
5. Алексеев М.А., Фрейдина Е.В., Серга Л.К. Типология адаптации сложных социально-экономических систем в ракурсе организменного подхода // Вестник НГУЭУ. 2023. № 1. С. 184–205.
6. Энциклопедия кибернетики. Т1. Киев: Главная редакция Украинской Советской энциклопедии, 1974. 607 с.
7. Берталанфи Л.К. Общая теория систем – обзор проблем и результатов // Системные исследования. Ежегодник. М.: Наука, 1969. С. 30–54.
8. Моисеев Н.Н. Алгоритмы развития. М.: Наука, 1987. 304 с.
9. Стёпин В.С. Особенности научного познания и критерии типов научной рациональности // Эпистемология и философия науки. 2013. Т. XXXVI. № 2. С. 78–92.
10. Moore, J. F. Predators and Prey: A New Ecology of Competition / J. F. Moore // Harvard Business Review. 1993, May/June. P. 75–86.
11. Алексеев М.А., Зайков К.А., Фрейдина Е.В. Организменный подход к развитию теории адаптации // Экономика и управление. 2022. Т. 28. № 3. С. 226–240.
12. Тетиор А.Н. Новая концепция философского осмысления мира и эволюции живой природы: монография. М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2016. 236 с.
13. Реймерс Н.Ф. Природопользование: словарь – справочник. М.: Мысль, 1990. 637 с.
14. Аристотель. Метафизика: пер. с греческого. М.: Институт философии, теологии и истории св. Фомы, 2006. 232 с.
15. Эшби У. Р. Введение в кибернетику. М.: Изд-во Иностранная литература 1959. 432 с.
16. Романов В.А. Сложность инновационных трансформаций // Синергетическая парадигма. Синергетика инновационной сложности. М.: Прогресс-Традиция, 2011. С.341–351.
17. Князева Е. Н. Когнитивная сложность // Философия науки в мире сложности. 2013. Т. 18. № 1. С. 81–94.
18. Налимов В.В. Планирование эксперимента. М: Наука, 1974. 156 с.
19. Друкер П. Эффективное управление. Экономические задачи и оптимальные решения / пер. с англ. М: ФАЙР-ПРЕСС, 1998. 288 с.
20. Горский Ю.М., Степанов А.М., Теслинов А.Г. Гомеостатистика: гармония в игре противоречий. Иркутск: Репроцентр А1, 2008. 634 с.
21. Деминг Эд. Выход из кризиса: Новая парадигма управления людьми, системами и процессами / пер. с англ. М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. 370 с.
22. Ковалев В.В. Финансовый анализ: Управление капиталом. Выбор инвестиций. Анализ отчетности / 2-е изд. перераб. и доп. М.: Финансы и статистика. 1998. 512 с.
23. Рубинштейн М., Фирстенберг А. Интеллектуальная организация. Привнеси будущее в настоящее и преврати творческие идеи в бизнес-решения / пер. с англ. М.: ИНФРА-М, 2003. 192 с.
24. Котлер Ф. Основы маркетинга / пер. с англ. М.: Изд-во «Прогресс», 1990. 656 с.
25. Портер М. Конкурентная стратегия: Методика анализа отраслей и конкурентов / 3-е изд. М.: Изд-во «Альпина Бизнес Букс», 2007. С. 78–82.
26. Алексеев М.А., Фрейдина Е. В., Глинский В. В., Серга Л. К. Генерация и рецепция информационной составляющей робастного управления социально-экономическими системами // Вестник НГУЭУ. 2022. № 1. С. 8–29.
27. Акофф Р.Л., Эмери Ф. О целеустремленных системах. М.: Советское радио, 1974. 272 с.

28. Бир Ст. *Кибернетика и управление производством: пер. с англ. М.: Гос. изд-во физ.-мат. литературы, 1963. 274 с.*
29. Прангишвили И.В. *Системный подход и общесистемные закономерности. Серия «Системные проблемы управления». М.: СИНТЕГ, 2000. 538 с.*
30. Лепский В.Е. *Философия и методология управления в контексте развития научной рациональности. М.: Всероссийское совещание по проблемам управления, 2014. С. 7785–7794.*
31. Алексеев М.А., Глинский В.В., Фрейдина Е.В. Серга Л.К., Хрущев С.Е. и др. *Инновационная модель управления адаптацией социально-экономических систем: монография. Новосибирск: Издательство СибАГС, 2023. 296 с.*

Для цитирования: Глинский В.В., Фрейдина Е.В., Серга Л.К. Конвергенция сложности адаптации социально-экономических систем // Научные труды. Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2023. № 3. С. 98-123.
DOI: 10.47711/2076-3182-2023-3-98-123.

Summary

CONVERGENCE OF THE COMPLEXITY OF ADAPTATION OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

GLINSKIY Vladimir V., Dr. Sci. (Econ.), Prof., s444@ngs.ru, head of the research laboratory "Sustainable development of socio-economic systems", Siberian Institute of Management – Branch of the Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, Novosibirsk, Russian Federation, Scopus Author ID: 56790071400; ORCID: 0000-0002-7149-3020

FRAYDINA Elizaveta V., Dr. Sci. (Techn.), Prof., evfreydina@socio.pro, leading Researcher of the Scientific-Educational Center, Siberian Institute of Management – Branch of the Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, Novosibirsk, Russian Federation

SERGA Lyudmila K., PhD (Econ.), As. Prof., serga-lk@ranepa.ru, head of the Department of Business Analysis and Statistics, Siberian Institute of Management – Branch of the Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, Novosibirsk, Russian Federation, Scopus Author ID: 56790089700; ORCID: 0000-0002-8934-8876

Abstract. It is argued that socio-economic systems operate in the borderland between order (internal structure) and chaos (external environment) and are transformed into adaptive complex systems (CAS) for which adaptation is a daily activity. An understanding of adaptation as a universal property that ensures the stability of the functioning and development of complex systems is revealed. It is proposed that in order to get a real picture of the complexity of adaptation of a system,

a set of adaptation processes, which are disparate by layers, the structural formation of its "life", should be combined (united) into a new convergent formation. The analysis of the complexity of adaptation by layers: technical system, operational system and in the process of interaction of the established system with the economic subjects of the external reflexive-active environment was carried out. It is considered that any change in the internal environment inevitably leads to the development of chain reactions that strengthen or neutralize the changes that have occurred. The interaction of the elements of a system is non-linear and is referred to as the phenomenon of "diffusion", an emergent property of the system. All systems belong to the class of diffuse systems. The emergent properties of the system are complemented by the genotypic and phenotypic complexity of system adaptation. The convergent complexity of system adaptation, which combines the complexity of adaptation of the technical system with the complexity of adaptation of the operational system and the complexity of adaptation of the formed system to changes in the external environment, is justified. The main processes causing variability of the state of the external environment are grouped. It is proved that the connection of the convergent complexity of system adaptation with the adaptation of the system to the external environment creates an extended convergent formation, which is prepared for system adaptation by applying the robust control mechanism, in which the adaptive-heuristic intelligence is embedded for the purpose of implementation of anticipatory adaptation.

Keywords: system, convergence, complexity, complexity, adaptation, emergent properties, strata, adaptation processes

For citation: *Glinskiy V.V., Fraydina E.V., Serga L.K.* Convergence of the Complexity of Adaptation of Socio-Economic Systems // Scientific works: Institute of Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences. 2023. No. 3. Pp. 98-123.

DOI: 10.47711/2076-3182-2023-3-98-123