

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЦИФРОВОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА В РАМКАХ ПАРАДИГМЫ «ИНДУСТРИЯ 4.0»

Тали Д. И.¹, Финько О. А.²

DOI: 10.21681/2311-3456-2025-5-68-77

Цель исследования: формализация процесса функционирования системы цифрового документооборота, включающей в себя систему управления документами и системы – источники данных. Реализация предлагаемого подхода в целях формирования цифровой инфраструктуры управления информацией, отвечающей основным положениям концепции «Индустрия 4.0».

Методы исследования: применение методов системного анализа к условиям цифровизации структурно-сложных систем на примере электронного документооборота.

Результат исследования: разработана концептуальная модель функционирования системы цифрового документооборота с учетом таких характеристик перспективных цифровых систем как автономность, распределенность, интеллектуальность. Введена система показателей и критериев ее оценивания в целях повышения качества информационного взаимодействия между структурными подразделениями организаций, эксплуатирующих подобную инфраструктуру.

Научная новизна: представлена и обоснована концептуальная модель функционирования системы цифрового документооборота, основанная на иерархической декомпозиции ее структуры, учитывающая взаимосвязь между уровнями взаимодействия исследуемой системы. Предложенный подход в условиях цифровой трансформации позволяет обеспечить целевое предназначение (целостность) системы в течение заданного периода времени при воздействии дестабилизирующих факторов на любой из ее уровней.

Ключевые слова: контент, метаданные, цифровой документ, принципы цифровизации, интеллектуальные агенты, цифровая трансформация документооборота, целостность системы.

Введение

Цифровые технологии, основанные на программно-аппаратном обеспечении и использовании возможностей информационно-коммуникационных сетей, с каждым годом совершенствуются и интегрируются во все сферы жизни, вызывая трансформацию общества и глобальной экономики, что становится завершающим этапом третьей промышленной революции. Подобные тенденции являются катализатором зарождения очередного этапа развития науки и техники, характеризующегося использованием новых подходов, позволяющих обеспечить эффективность государственного управления [1].

В условиях глобальной цифровизации и модернизации государственного управления особое внимание уделяется развитию систем электронного документооборота (СЭД). Эти системы представляют собой уникальные инструменты, направленные на оптимизацию работы государственных органов, обеспечивая эффективное управление документами, обмен информацией и взаимодействие между различными ведомствами [2, 3].

Однако в настоящее время нельзя утверждать о полноценном переходе на безбумажный документооборот в связи с тем, что в государственных структурах он приобрел смешанную форму, выражающуюся в использовании документов в формате сканированных бумажных оригиналов, что в ряде работ носит название гибридных технологий обработки электронных документов (ЭлД) [4–6]. Так, из открытых источников³ известно, что в 2019 году только 40 % документов Правительства РФ были представлены в электронном виде, сейчас этот показатель увеличился до 90 %, но вместе с тем, говорить о переходе на полноценный «электронный документооборот» преждевременно. Об этом свидетельствует инициатива по разработке правил «цифрового» взаимодействия, единых для всех государственных органов.

Проблема перехода к цифровым технологиям вызвана рядом трудностей, связанных с отсутствием нормативной базы, а также непротиворечивого и корректного терминологического аппарата, объединяющего смежные сферы деятельности в рамках процесса управления документами.

1 Тали Дмитрий Иосифович, кандидат технических наук, докторант специальной кафедры Краснодарского высшего военного орденов Жукова и Октябрьской Революции Краснознаменного училища имени генерала армии С. М. Штеменко, г. Краснодар, Россия. E-mail: dimatali@mail.ru

2 Финько Олег Анатольевич, доктор технических наук, профессор, профессор специальной кафедры Краснодарского высшего военного орденов Жукова и Октябрьской Революции Краснознаменного училища имени генерала армии С. М. Штеменко; академический советник Российской академии ракетных и артиллерийских наук (РАРАН), г. Краснодар, Россия. E-mail: ofinko@yandex.ru. Web: <http://www.mathnet.ru/person40004>

3 Информационный портал «Коммерсант». Бюрократия выходит за периметр. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/7715109> (дата обращения: 04.07.2025).

Эволюция понятия «электронный документ» в условиях цифровой трансформации

В различных нормативных актах насчитывается более двух десятков определений электронного документа [3]. Исходя из чего, можно констатировать факт отсутствия однозначного трактования термина «электронный документ», несмотря на неоднократные попытки внести уточнения и дополнения в существующие определения^{4,5,6}, что вызывает сложности в проектировании СЭД, отвечающих основным принципам цифровизации [7].

При этом нельзя не отметить динамику изменений данного определения, соответствующую уровню развития техники. Так, прообразом ЭД был «документ на машинном (магнитном) носителе», определяемый как документ, созданный с использованием носителей и способов записи, обеспечивающих обработку его информации электронно-вычислительной машиной⁷. Следующая трактовка предлагала его понимать, как документированную информацию, созданную, полученную и сохраняемую организацией или частным лицом в качестве доказательства и актива для подтверждения правовых обязательств или деловой транзакции⁸, что носило обобщающий характер как для бумажного, так и для ЭД. Очередной стандарт⁹ сузил понятие «электронного документа» до информации, представленной в электронной форме, но тем самым указал на техническую сущность его происхождения. Кроме того, последующий стандарт не дает конкретного определения исследуемому понятию, однако обозначает его состав как совокупность контента и метаданных, что вновь подтверждает техническую сущность ЭД и косвенно свидетельствует о невозможности применения технологий обработки, идентичных бумажному документообороту¹⁰. На сегодняшний день определение «электронный документ»¹¹ исключено ввиду отсутствия единого мнения специалистов по трактованию

этого термина¹². Однако, там же приводится определение «документированная информация» (ДИ), под которой понимается информация, рассматриваемая как отдельная единица, обладающая свойствами документа или его части. Откуда следует вывод о том, что информационный объект, состоящий из контента и / или метаданных, может рассматриваться как документированная информация (без применения ЭП). Подтверждением тому является¹³, где понятие «электронный документ» приобретает новую форму и имеет наименование «цифровой документ», определяемый как категория ЭД, изначально созданного в цифровой форме с соблюдением правил документирования без издания его на бумажном носителе, подписанного ЭП (следуя данной логике, информационный объект не подписанный ЭП, возможно считать цифровой документированной информацией). Этот термин вносит окончательное разграничение в бумажный и электронный документооборот, тем самым подводя итог в выборе методов и средств обработки цифровых документов / цифровой документированной информации (ЦД / ЦДИ). Таким образом, понятие «электронный документ» приобретает конкретные черты, способствующие модернизации СЭД, соответствующих современному этапу развития науки и техники.

Тенденции развития систем электронного документооборота в условиях цифровизации

Совершенствование СЭД стало результатом комплекса факторов, формировавшихся на разных этапах развития общества и государственного управления. В связи с чем, эволюцию термина «электронный документ» можно соотнести с появлением СЭД, реализующих ряд функций, отвечающих требованиям конкретного этапа развития систем такого типа (рис. 1).

Учитывая вышеизложенное, исследуемые системы можно условно структурировать следующим образом:

- 1) 1990–2000-е: СЭД I-го поколения (базовая автоматизация документооборота);
- 2) 2000–2010-е: СЭД II-го поколения (смешанный документооборот);
- 3) 2010–2020-е: СЭД III-го поколения (гибридный документооборот);
- 4) 2020-е: СЭД IV-го поколения (цифровой документооборот).

СЭД I-го поколения характеризуются основной функцией, заключающейся в регистрации фактов наличия документов в подразделении. При этом такое решение было трудно реализуемым ввиду низкого уровня компьютеризации.

4 ГОСТ Р ИСО 15489-1-2019 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Управление документами. Часть 1. Понятия и принципы». – М.: Стандартинформ, 2019.

5 ГОСТ Р 7.0.8-2025 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Делопроизводство и архивное дело. Термины и определения». – М.: Стандартинформ, 2025.

6 ГОСТ Р 59999-2025 «Цифровой документооборот организации. Требования к эталонной модели». – М.: Российский институт стандартизации, 2025.

7 ГОСТ Р 51141-98 «Делопроизводство и архивное дело. Термины и определения» – М.: Госстандарт, 1999.

8 ГОСТ Р ИСО 15489-1-2007 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Управление документами. Общие требования» – М.: Стандартинформ, 2007.

9 ГОСТ Р 7.0.8-2013 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Делопроизводство и архивное дело. Термины и определения» – М.: Стандартинформ, 2014.

10 ГОСТ Р ИСО 15489-1-2019 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Управление документами. Часть 1. Понятия и принципы». – М.: Стандартинформ, 2019.

11 ГОСТ Р 7.0.8-2025 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Делопроизводство и архивное дело. Термины и определения». – М.: Стандартинформ, 2025.

12 Азарова С. В. 50 новых терминов. Что нужно знать о ГОСТе Р 7.0.8-2025. URL: <https://ecm-journal.ru/material/50-novykh-terminov-chto-nuzhno-znat-o-goste-r-7082025-po-arkhivnomu-delu?ysclid=mav3odcxoh320574304> (дата обращения: 04.07.2025).

13 ГОСТ Р 59999-2025 «Цифровой документооборот организации. Требования к эталонной модели». – М.: Российский институт стандартизации, 2025.

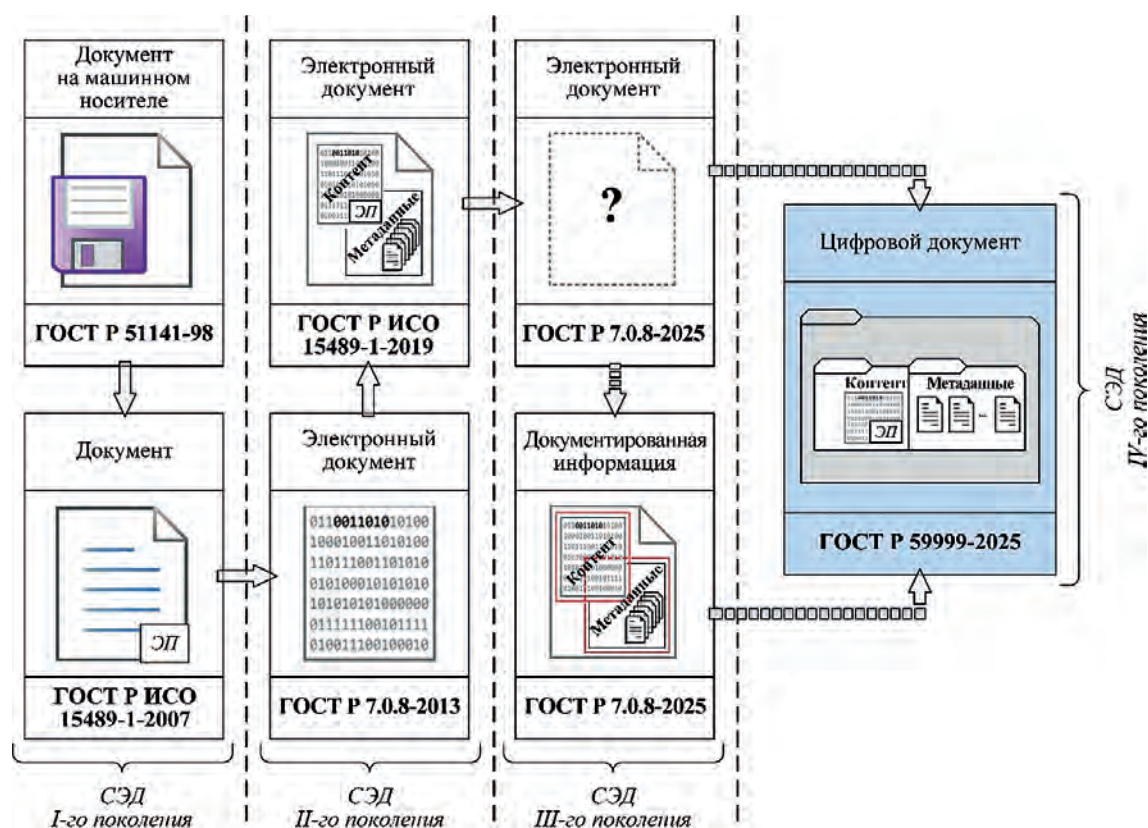


Рис. 1. Эволюция понятия «электронный документ» в соответствии с развитием АИС ЭД

С расширением доступа к сети Интернет и широким распространением документов в электронной форме СЭД начали пользоваться большим спросом. Однако, юридически значимый ЭД рассматривался как недостоверная копия, в связи с чем бумажный оригинал хранился в обязательном порядке, что способствовало развитию смешанного документооборота.

Появление ЭП и регулирование ее применения на государственном уровне стало первым шагом к безбумажному документообороту, однако и в настоящее время переход на подобные технологии в полном объеме не завершен, что позволяет обозначить данный этап как гибридный документооборот.

Вместе с тем, развитие таких технологий как распределенные реестры, облачные технологии, а также искусственный интеллект способствуют появлению СЭД нового поколения с расширенным функционалом, позволяющим эффективнее решать возложенные на них задачи, а также отвечать требованиям безопасности обрабатываемой информации в условиях повсеместной цифровизации.

В целях определения тенденций совершенствования СЭД приведем общие результаты ретроспективного анализа их функционала в соответствии с поколениями (таблица 1).

Как отмечают специалисты [2], существующие решения с исполняемым в настоящее время функционалом не позволят перейти к принципиально

новому способу управления и совершить цифровую трансформацию в организации, определяемую как процесс перехода организации на работу с ЦД, сопровождаемый изменениями в ее цифровой и организационной структуре¹⁴.

При этом СЭД IV-го поколения (системы цифрового документооборота) приобретают принципиально новую форму, представляющую собой информационную инфраструктуру, включающую систему, обеспечивающую управление документами и доступ к ним в течение определенного времени, и системы – источники данных для создания ЦД¹⁴. Это указывает на высокую степень интеграции с любыми автоматизированными информационными системами (АИС), обрабатывающими как документированную информацию, так и ЭД. Причем в качестве систем – источников данных необходимо учитывать и интеллектуальных агентов, ввиду начала внедрения таких технологий на государственном уровне, например, цифровая платформа ГосУслуги. Так, по мнению специалистов, документы и сообщения, автоматически генерируемые АИС, в скором времени будут доминировать по объему в организациях цифровой экономики [3, 8, 9].

В таком случае, подобные системы будут иметь децентрализованное управление и распределенную

¹⁴ ГОСТ Р 59999-2025 «Цифровой документооборот организации. Требования к эталонной модели». – М.: Российский институт стандартизации, 2025.

Таблица 1.

Функциональное развитие СЭД

	СЭД I-го поколения (1990-2000-е)	СЭД II-го поколения (2000-2010-е)	СЭД III-го поколения (2010-2020-е)
Исполняемый функционал	создание и хранение документов;	автоматизация процессов;	автоматизация процессов;
	учет и регистрация документов;	централизованное управление;	централизованное управление;
	поиск и сортировка документов;	поиск и сортировка документов;	поиск и сортировка документов;
	ручное согласование документов	сокращение времени на обработку и распределение документов;	сокращение времени на обработку и распределение документов;
		мониторинг и учет;	мониторинг и учет;
		снижение ошибок	снижение ошибок;
			использование ЭП;
			повышение безопасности обрабатываемой информации;
			контроль версий документов;
			удаленный доступ;
			совместная работа с документами;
			электронное хранение.

структуру, что вызывает необходимость переосмысления подходов к формированию, обработке, хранению ЦД / ЦДИ, существующих только в цифровой форме, а также их защите в процессе жизненного цикла. Далее такие высокоинтегрированные системы будем называть системами цифрового документооборота (СЦД). Введем понятие «СЦД» – комплекс технических средств, программного обеспечения, методов обработки информации и организационных процессов, обеспечивающий автоматизированное управление, создание, хранение, поиск и обработку ЦД, а также поддерживающий доступ к ЦДИ на протяжении жизненного цикла^{14,15}.

В условиях повсеместной цифровизации возникает проблемная ситуация, состоящая в необходимости разработки моделей и методов функционирования СЦД, основывающихся на принципах автономности, интеллектуальности, распределенности, в целях повышения качества информационного взаимодействия. При этом существующий научно-методический аппарат не учитывает интегрированную структуру подобных систем, что не позволяет расширить их функционал до уровня, отвечающего требованиям современного этапа цифровой трансформации.

15 ГОСТ 15971-90 «Системы обработки информации. Термины и определения». – М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1992.

Вместе с тем, внедрение новых технологий порождает и новые угрозы, вызываемые рядом уязвимостей, сопутствующих этим решениям [10–12]. В связи с чем, модели и методы функционирования СЦД должны учитывать подобные дестабилизирующие факторы, в целях обеспечения стабильности ее параметров.

Таким образом, целью исследования является формирование концептуальной модели функционирования СЦД, основанной на применении принципов теории систем и системного анализа к условиям цифровизации структурно-сложных систем. При этом под формированием концептуальной модели функционирования СЦД понимается процесс установления взаимосвязей между ее структурными уровнями в интересах формализации и последующей оценки математическими методами каждого из них, при воздействии дестабилизирующих факторов [13, 14].

Постановка задачи

Обозначим СЦД следующим образом:

$$Sd = \langle A, L, Y, X, D, T, R \rangle, \quad (1)$$

где A – множество технических средств (аппаратных комплексов, источников информации, серверов и т.п.), обеспечивающих поддержку системы;

L – множество программных средств, реализующих функционал обработки и управления ЦД / ЦДИ; Y – множество методов обработки информации, включающие алгоритмы обработки, хранения, поиска и передачи ЦД / ЦДИ; X – множество агентов и их действий, связанных с управлением ЦД / ЦДИ (под агентами понимаются, как уполномоченные пользователи, так интеллектуальные агенты, причем их действия могут рассматриваться как дестабилизирующий фактор); D – множество ЦД и связанной с ними ЦДИ, которая обрабатывается и хранится системой; T – множество интервалов времени, в которые наблюдается СЦД, $t_i \in T$, $i = \overline{0, n}$; t_0 – начало эксплуатации, t_n – конец эксплуатации; R – множество результатов обработки ЦД / ЦДИ; $F: A \times L \times Y \times X \times D \times R \rightarrow C$ – функция, характеризующая выполнение операций обработки ЦД / ЦДИ, где C – множество сценариев функционирования СЦД [7].

$$C = \{C_{(+)}^{(x)}, C_{(-)}^{(x)}\},$$

где $C_{(+)}^{(x)}$ – сценарий функционирования СЦД, при котором целостность ЦД / ЦДИ под влиянием $x_j \in X$ обеспечена (при $j = 1, \dots, z$), $C_{(-)}^{(x)}$ – сценарий функционирования СЦД, при котором целостность ЦД / ЦДИ под влиянием $x_j \in X$ утрачена или обеспечение указанного свойства не доступно в текущий момент функционирования СЦД.

Исходя из определения¹⁶ признаком «целостности системы» является реализация ею своего целевого предназначения. Целевым предназначением рассматриваемых систем является обеспечение целостности ЦД / ЦДИ. Введем допущение: нахождение ЦД / ЦДИ в состоянии $C_{(+)}^{(x)}$ характеризует состояние целостности СЦД, а переход ЦД / ЦДИ в состояние $C_{(-)}^{(x)}$ – нарушение целостности СЦД. Справедливо утверждать, что в первом случае это приведет к нормальному сценарию функционирования (штатный режим работы) СЦД, а во втором – к его нарушению.

В таком случае, общая задача исследования может быть сформулирована так:

$$Q: F(A, L, Y^*, X, D, T, R) \rightarrow \min |C_{(-)}^{(x)}| \mid t_i \in T, i = \overline{0, n}, \quad (2)$$

где Q – комплекс моделей и методов обработки ЦД / ЦДИ, подлежащих разработке; $|C_{(-)}^{(x)}|$ – количество (мощность множества) сценариев нарушения функционирования СЦД.

Необходимо разработать такой комплекс моделей и методов обработки ЦД / ЦДИ, который при заданных ограничениях и допущениях позволит минимизировать количество сценариев нарушения функционирования СЦД в условиях воздействия дестабилизирующих факторов.

При этом целевая функция обеспечения устойчивости СЦД примет вид:

$$Q: F(A, L, Y^*, X, D, T) \rightarrow \max J \mid t_i \in T, i = \overline{0, n}, \quad (3)$$

где J – показатель устойчивого функционирования СЦД, определяемый как:

$$J = \int_{t_0}^{t_n} \left[W_s S(t) - W_x \sum_{j=1}^z \beta_j \chi_j(t) \right] dt, \quad (4)$$

где W_s и W_x – веса, отражающие важность стабилизирующих параметров и дестабилизирующих факторов (при этом $W_s \geq 0$ – вес стабилизирующих параметров, $W_x \geq 0$ – вес дестабилизирующих факторов); $S(t)$ – показатель стабильности СЦД; β_j – коэффициент важности каждого дестабилизирующего фактора; $\chi_j(t)$ – уровень воздействия дестабилизирующих факторов на СЦД при $j = 1, \dots, z$.

Исходя из (3) необходимо максимизировать совокупный показатель J устойчивого функционирования СЦД за период $[t_0, \dots, t_n]$, где $W_s S(t)$ – вклад в стабильность системы; $- W_x \sum_{j=1}^z \beta_j \chi_j(t)$ – отрицательный вклад в стабильность системы от воздействия дестабилизирующих факторов, которые необходимо минимизировать [15, 16].

Для достижения целевой функции необходимо выбрать управляющее воздействие $U(t)$, в качестве которого выступает комплекс Q моделей и методов обработки ЦД / ЦДИ, который влияет на состояние СЦД и уровень воздействия дестабилизирующих факторов, то есть $S(t)$ и $\chi_j(t)$ зависят от реализуемых мер.

Тогда целевая функция СЦД, направленная на обеспечение ее устойчивости в условиях воздействия дестабилизирующих факторов примет вид:

$$J = \max_{U(t)} \int_{t_0}^{t_n} \left[W_s S(t) U(t) - W_x \sum_{j=1}^z \beta_j \chi_j(t) U(t) \right] dt. \quad (5)$$

Концептуальная модель функционирования системы цифрового документооборота

Для достижения (5) воспользуемся принципами теории систем и системного анализа [17–19]. Для чего используем иерархический подход в описании структуры СЦД как структурно-сложного технического объекта:

- 1) микроуровень, или уровень внутренних проявлений элементов, составляющих исследуемую систему;
- 2) макроуровень, или уровень индивидуальных проявлений исследуемой системы в ее взаимосвязи со своим локальным окружением;
- 3) метауровень, или уровень коллективных проявлений систем исследуемого вида, входящих в состав некоторой более общей метасистемы.

Обозначим структуру СЦД, как $\rho_{micro}, \rho_{macro}, \rho_{meta}$, где ρ_{micro} – микроуровень, ρ_{macro} – макроуровень, ρ_{meta} – метауровень исследуемого объекта (рис. 2).

¹⁶ ГОСТ Р 59341-2021 «Системная инженерия. Защита информации в процессе управления информацией системы». – М.: Стандартинформ, 2021.

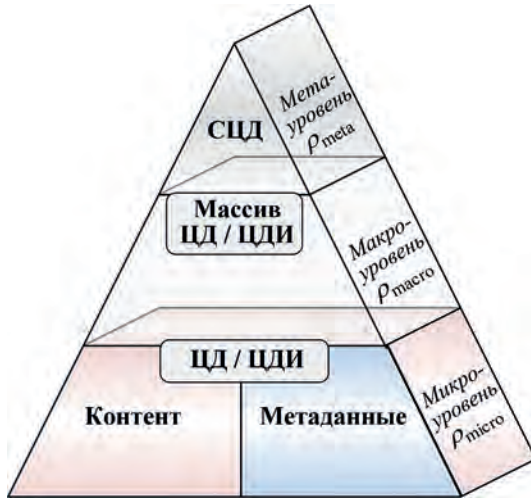


Рис. 2. Структура СЦД как структурно-сложного технического объекта

Подробнее опишем ρ_{micro} СЦД, состоящий из ЦД / ЦДИ, который является системным объектом $D_{micro}^{(t)}$, представляющим собой в момент времени t_i совокупность контента $K_{micro}^{(t)}$ и множества метаданных $M_{micro}^{(t)}$:

$$Sd_{micro}: D_{micro}^{(t)} = \{K_{micro}^{(t)}, M_{micro}^{(t)}\} \mid t_i \in T, i = \overline{0, n}. \quad (6)$$

В таком случае, состояние целостности СЦД можно представить в виде функции, описывающей результаты обработки ЦД / ЦДИ:

$$F_{micro}: D_{micro}^{(t)} \rightarrow R_{micro} \mid t_i \in T, i = \overline{0, n}, \quad (7)$$

при этом $R_{micro} = \{R_{micro}^{(+)}, R_{micro}^{(-)}\}$, где $R_{micro}^{(+)}$ – положительный «1» результат обработки ЦД / ЦДИ (целостность обеспечена), $R_{micro}^{(-)}$ – отрицательный «0» результат обработки ЦД / ЦДИ (целостность нарушена).

В силу того, что в настоящее время $D_{micro}^{(t)}$ представляет собой суммативный объект, зависящий от двух компонент – контента $K_{micro}^{(t)}$ и метаданных $M_{micro}^{(t)}$, возникает уязвимость в обеспечении его целостности [7, 20]. Иными словами, $D_{micro}^{(t)}$ перестает существовать, как функционально целостный объект, при недопустимом изменении или уничтожении любой из его компонент. То есть, нахождение СЦД в состоянии $R_{micro}^{(-)}$ (нарушение функционирования) увеличивается до трех вариантов: (0, 0), (0, 1), (1, 0).

Таким образом, в целях обеспечения целостности СЦД на микроуровне среды функционирования требуется:

$$Sd_{micro}: P_{micro} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_{micro}(D_{micro}^{(t)}) \rightarrow 1 \mid t_i \in T, i = \overline{1, n}, \quad (8)$$

где P_m – вероятность обеспечения целостности СЦД на микроуровне среды функционирования.

Предполагается, что выполнить (8) возможно за счет формирования структуры ЦД / ЦДИ, обладающей свойствами целостности и интегративности.

В качестве критерия оценки уровня устойчивости СЦД на микроуровне среды функционирования применим следующее условие:

$$P_{разр. micro} > P_{сущ. micro}, \quad (9)$$

где $P_{разр. micro}$ и $P_{сущ. micro}$ – вероятность обеспечения целостности СЦД на микроуровне среды функционирования при разработанной и существующей структуре ЦД / ЦДИ в условиях воздействия дестабилизирующих факторов [7, 21].

На макроуровне ρ_{macro} СЦД представлена обеспечивающей инфраструктурой, что может быть записано в виде:

$$Sd_{macro} = \langle A_{macro}, L_{macro}, Y_{macro}, X_{macro}, D_{macro}, T \rangle, \quad (10)$$

где A_{macro} – множество технических средств (аппаратных комплексов, источников информации, серверов и т.п.), обеспечивающих функционирование системы; L_{macro} – множество программных компонентов (программные модули, программное обеспечение и т.п.), реализующих функционал обработки и управления ЦД / ЦДИ; Y_{macro} – множество методов обработки ЦД / ЦДИ; X_{macro} – множество агентов и их действий, связанных с управлением ЦД / ЦДИ (под агентами понимаются, как уполномоченные пользователи, так интеллектуальные агенты, причем их действия могут рассматриваться как дестабилизирующий фактор); D_{macro} – множество (массив) ЦД / ЦДИ, как системных объектов, обрабатываемых на макроуровне ρ_{macro} СЦД; T – множество интервалов времени, в которые наблюдается СЦД, $t_i \in T, i = \overline{0, n}$; t_0 – начало эксплуатации, t_n – конец эксплуатации.

Исходя из того, что ЭЛД в известных системах хранятся в виде баз данных, а их изменения имеют динамический характер, состояние целостности СЦД на макроуровне ρ_{macro} среды функционирования представим в виде функции:

$$F_{macro}: D_{macro}^{(t)} \times Y_{macro} \times X_{macro} \rightarrow R_{macro} \mid t_i \in T, i = \overline{0, n}, \quad (11)$$

где $R_{macro} = \{R_{macro}^{(+)}, R_{macro}^{(-)}\}$, при этом $R_{macro}^{(+)}$ – положительный результат («1») обработки массива ЦД / ЦДИ (целостность обеспечена), $R_{macro}^{(-)}$ – отрицательный результат («0») обработки массива ЦД / ЦДИ (целостность нарушена).

Аналогично выражению (8) запишем требование по обеспечению целостности СЦД на макроуровне среды функционирования:

$$Sd_{macro}: P_{macro} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_{macro}(D_{macro}^{(t)}, Y_{macro}, X_{macro}) \rightarrow 1 \mid t_i \in T, i = \overline{1, n}, \quad (12)$$

где P_{macro} – вероятность обеспечения целостности СЦД на макроуровне среды функционирования.

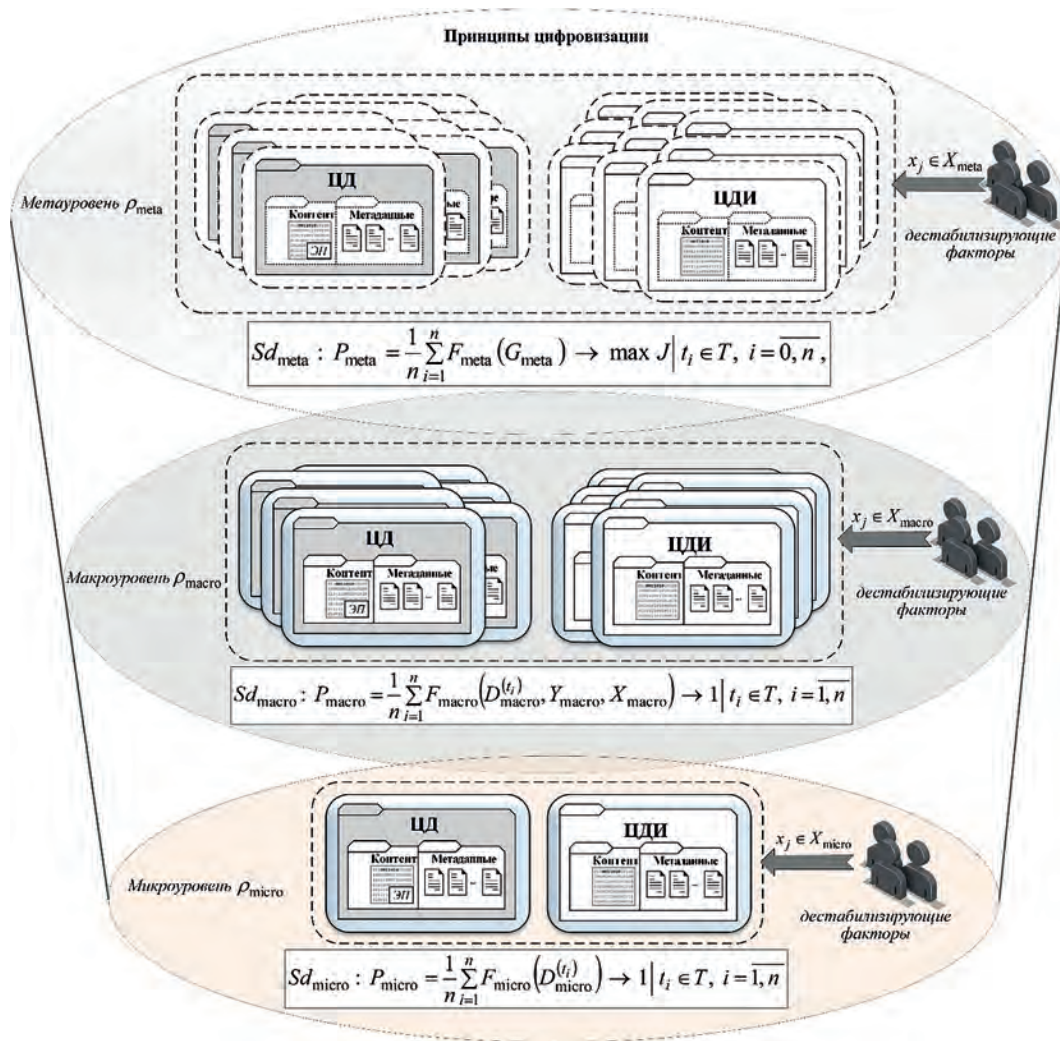


Рис. 3. Структура концептуальной модели функционирования СЦД в рамках парадигмы «Индустрия 4.0»

В таком случае, в качестве критерия оценки уровня устойчивости СЦД на макроуровне среды функционирования примем условие:

$$P_{\text{разр. макро}} > P_{\text{сущ. макро}} \quad (13)$$

где $P_{\text{разр. макро}}$ и $P_{\text{сущ. макро}}$ – вероятность обеспечения целостности СЦД на макроуровне среды функционирования при разработанных и существующих методах обработки ЦД / ЦДИ в условиях воздействия дестабилизирующих факторов [22].

На метауровне ρ_{meta} среды функционирования СЦД представляет собой распределенную структуру под управлением технологии цифровых двойников:

$$Sd_{\text{meta}} = \langle A_{\text{meta}}, L_{\text{meta}}, G_{\text{meta}}, \kappa_{\text{meta}}, E_{\text{meta}} \rangle, \quad (14)$$

где A_{meta} – множество распределенных технических средств (аппаратных комплексов, источников информации, серверов и т.п.), обеспечивающих функционирование системы; L_{meta} – множество программных компонентов распределенных технических средств

(программные модули, программное обеспечение и т.п.), реализующих функционал обработки и управления ЦД / ЦДИ; G_{meta} – множество состояний СЦД, отражающих ее текущие параметры; κ_{meta} – входные параметры, отражающие состояние микро – ρ_{micro} и макроуровня ρ_{macro} СЦД; E_{meta} – множество механизмов обнаружения нарушения целостности, обрабатываемой информации на всех уровнях среды функционирования СЦД.

Ввиду того, что СЦД на метауровне ρ_{meta} среды функционирования имеет распределенную структуру состояние ее целостности в формализованном виде можно представить в виде функции:

$$F_{\text{meta}} : G_{\text{meta}} \rightarrow C, \quad (15)$$

где $C = \{C_{(+)}^{(x)}, C_{(-)}^{(x)}\}$, при этом $C_{(+)}^{(x)}$ – нормальный сценарий функционирования (целостность СЦД обеспечена), $C_{(-)}^{(x)}$ – сценарий нарушения функционирования (целостность СЦД нарушена).

Запишем требование по обеспечению целостности СЦД на метауровне среды функционирования в виде:

$$Sd_{meta} : P_{meta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_{meta} G_{meta} \rightarrow \max J | t_i \in T, i = \overline{0, n}, \quad (16)$$

где P_{meta} – показатель обеспечения целостности СЦД на метауровне среды функционирования.

В качестве критерия оценки уровня устойчивости СЦД на метауровне среды функционирования прием условие:

$$P_{meta}^{разр.} > P_{meta}^{сущ.}, \quad (17)$$

где $P_{meta}^{разр.}$ и $P_{meta}^{сущ.}$ – вероятность обеспечения целостности СЦД на метауровне среды функционирования при использовании разработанных и существующих методов обработки ЦД / ЦДИ в условиях воздействия дестабилизирующих факторов [23].

Исходя из приведенной формализации структуры СЦД взаимосвязи между уровнями определяются следующим образом:

$$\begin{cases} \rho_{micro} : D_{micro}^{(t)} = K_{micro}^{(t)} M_{micro}^{(t)} | t_i \in T, i = \overline{0, n}; \\ \rho_{macro} : D_{macro}^{(t)} = \Lambda_{macro}(D_{micro}^{(t)}) | t_i \in T, i = \overline{0, n}; \\ \rho_{meta} : G_{meta} = \Theta_{meta}(\kappa_{meta}, D_{macro}^{(t)}) | t_i \in T, i = \overline{0, n}; \end{cases} \quad (18)$$

где Λ_{macro} , Θ_{meta} – функции взаимодействия для описания связей между уровнями.

Предлагаемая формализация представлена в графическом виде как структура концептуальной модели функционирования СЦД в условиях цифровой трансформации (рис. 3).

При этом в целях качественной оценки устойчивости СЦД будем использовать критерий (3), а количественной – критерии (9), (13), (17).

Выводы

Таким образом, авторами была сделана попытка формализации процесса функционирования перспективных СЦД на основе методов теории систем и системного анализа с учетом современных принципов цифровизации (автономность, распределенность, интеллектуальность), что отвечает современным запросам общества и производства в рамках концепции «Индустрия 4.0». Предлагаемый подход к формализованному представлению систем этого класса позволяет ввести систему показателей и критериев оценивания, что упростит их проектирование и практическое внедрение. Предполагается, что использование такого подхода позволит повысить качество информационного взаимодействия между структурными подразделениями организаций, эксплуатирующих подобную инфраструктуру.

Литература

1. Шваб К. Четвертая промышленная революция. – М: Эксмо, 2021. 208 с.
2. Управление документами в цифровой экономике: организация, регламентация, реализация / М. В. Ларин, Н. Г. Суровцева, Е. В. Терентьева, В. Ф. Янковая / Под ред. М. В. Ларина – М.: РГГУ, 2021. 242 с.
3. Ларин М. В. Электронные документы: теоретические аспекты // Самарский архивист. 2021. № 2. С. 3–9.
4. Елисеев Н. И., Тали Д. И. Проблемы и перспективы развития систем юридически значимого электронного документооборота // В сборнике: Информационная безопасность. Сборник статей конференции. 2019. С. 61–66.
5. Иванов А. И., Безяев А. В., Качайкин Е. И., Елфимов А. В. Искусственный интеллект: автоматизированный нейросетевой анализ «мертвой» подписи под документами на бумажных носителях // В сборнике: Безопасность информационных технологий. Сборник научных статей по материалам II Всероссийской научно-технической конференции. Пенза, 2020. С. 90–96.
6. Соловьев А. В. Проблема определения электронного документа долговременного хранения // Информационные технологии и вычислительные системы. 2022. № 1. С. 47–54.
7. Тали Д. И. Модели электронного документа в рамках парадигмы «Индустрия 4.0» // Управление большими системами. 2025. № 115. С. 66–99.
8. Ульянова Н. Д. Чат-боты в системах электронного документооборота // Вестник образовательного консорциума Среднерусский университет. Информационные технологии. 2023. № 2(22). С. 14–19.
9. Ковалева Н. Н., Ереско П. В., Изотова В. Ф. Проблемы и перспективы использования искусственного интеллекта в системах электронного документооборота // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Право. 2023. № 4(55). С. 87–92.
10. Язов Ю. К., Авсентьев А. О. Проблемные вопросы создания многоагентных систем защиты информации от утечки по техническим каналам // Вестник Воронежского института МВД России. 2024. № 3. С. 86–97.
11. Шамсутдинов Р. Р., Васильев В. И., Вульфин А. М. Интеллектуальная система мониторинга информационной безопасности промышленного интернета вещей с использованием механизмов искусственных иммунных систем // Системная инженерия и информационные технологии. 2024. Т. 6. № 4(19). С. 14–31.
12. Боговик А. В., Сафиулов Д. М. Предложения по модернизации протокола мониторинга телекоммуникационного оборудования узла связи специального назначения // Телекоммуникации и связь. 2025. № 2(5). С. 53–64.
13. Макаренко С. И. Информационный конфликт системы связи с системой дестабилизирующих воздействий. Часть. I: Концептуальная модель конфликта с учетом ведения разведки, физического, радиоэлектронного и информационного поражения средств связи // Техника радиосвязи. 2020. Выпуск 2 (45). С. 104–117.
14. Гончаров В. В., Мишенина О. В. Защита информации в автоматизированных системах: концептуально-математические аспекты // Правовая информатика. 2024. № 3. С. 43–57.
15. Махов Д. С. Повышение устойчивости управления параметрами функционирования пространственно - распределенных радиотехнических систем робототехнических комплексов на основе нечетких множеств // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2020. № 5–6 (143–144). С. 36–44.

16. Лепешкин О. М., Остроумов О. А., Синюк А. Д., Черных И. С. Проблема обеспечения функциональной устойчивости и непрерывности функционирования системы связи // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2023. Т. 20. № 4(226). С. 16–26.
17. Волкова В. Н., Логинова А. В., Леонова А. Е., Черный А. Ю. Закономерности теории систем: состояние исследований и применения // В сборнике: Системный анализ в проектировании и управлении. Сборник научных трудов XXVI Международной научно-практической конференции. В 3-х частях. Санкт-Петербург. 2023. С. 65–74.
18. Калинин В. И., Юсупов Р. М., Соколов Б. В. Междисциплинарное взаимодействие и развитие теории систем, кибернетики и информатики // В сборнике: Системный анализ в проектировании и управлении. Сборник научных трудов XXVI Международной научно-практической конференции. В 3-х частях. Санкт-Петербург. 2023. С. 7–13.
19. Новиков Д. А. Принцип декомпозиции в задачах управления организационно-техническими системами // В сборнике: Математическая теория управления и ее приложения (МТУиП-2020). Материалы конференции. Государственный научный центр Российской Федерации АО «Концерн «ЦНИИ «Электрон». Санкт-Петербург. 2020. С. 256–259.
20. Тали Д. И. Принцип целостности и интегративности в формировании электронного документа // Правовая информатика. 2022. № 3. С. 72–83.
21. Тали Д. И., Финько О. А. и др. Способ обеспечения интегративной целостности электронного документа // Патент на изобретение RU 2812304, опубл. 29.01.2024, бюл. № 4.
22. Тали Д. И., Финько О. А., Диченко С. А. Способ формирования и контроля целостности многомерной структуры электронных документов // Патент на изобретение RU 2840783, опубл. 28.05.2025, бюл. № 16.
23. Тали Д. И., Финько О. А. Способ и система распределенного контроля целостности электронных документов при вероятной компрометации ключей подписи // Патент на изобретение RU 2844401, опубл. 29.07.2025, бюл. № 22.

CONCEPTUAL MODEL OF FUNCTIONING DIGITAL DOCUMENT MANAGEMENT SYSTEMS WITHIN THE FRAMEWORK OF THE «INDUSTRY 4.0» PARADIGM

Tali D. I.¹⁷, Finko O. A.¹⁸

Keywords: content, metadata, digital document, principles of digitalization, intelligent agents, digital transformation of document flow, system integrity.

The purpose of the study is to formalize the process of functioning of a digital document management system, which includes a document management system and data source systems. Implementation of the proposed approach in order to form a digital information management infrastructure that meets the basic provisions of the «Industry 4.0» concept.

Research methods: application of the methodology of system analysis to the conditions of digitalization of structurally complex systems using the example of electronic document management.

The result of the research: a conceptual model of the functioning of a digital document management system has been developed, taking into account such characteristics of promising digital systems as autonomy, distribution, and intelligence. A system of indicators and evaluation criteria has been introduced in order to improve the quality of information interaction between the structural divisions of organizations operating such an infrastructure.

Scientific novelty: a conceptual model of the functioning of a digital document management system is presented and substantiated, based on the hierarchical decomposition of its structure, taking into account the relationship between the levels of interaction of the system under study. The proposed approach in the context of digital transformation makes it possible to ensure the intended purpose (integrity) of the system for a given period of time when exposed to destabilizing factors at any of its levels.

References

1. Shvab K. Chetvertaya promyshlennaya revolyutsiya. – M: Eksmo, 2021. 208 s.
2. Upravleniye dokumentami v tsifrovoy ekonomike: organizatsiya, reglamentatsiya, realizatsiya / M. V. Larin, N. G. Surovtseva, Ye. V. Terent'yeva, V. F. Yankovaya / Pod red. M.V. Larina – M.: RGGU, 2021. 242 s.
3. Larin M. V. Elektronnyye dokumenty: teoreticheskiye aspekty // Samarskiy arkhivist. 2021. № 2. S. 3–9.
4. Yeliseyev N. I., Tali D. I. Problemy i perspektivy razvitiya sistem yuridicheskikh znachimogo elektronnoy dokumentatsii // V sbornike: Informatsionnaya bezopasnost'. Sbornik statey konferentsii. 2019. S. 61–66.
5. Ivanov A. I., Bezyayev A. V., Kachaykin Ye. I., Yelfimov A. V. Iskusstvennyy intellekt: avtomatizirovanny neyrosetevoy analiz «mertvoy» podpisi pod dokumentami na bumazhnykh nositelyakh // V sbornike: Bezopasnost' informatsionnykh tekhnologiy. Sbornik nauchnykh statey po materialam II Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Penza, 2020. S. 90–96.
6. Solov'yev A. V. Problema opredeleniya elektronnoy dokumentatsii dolgovremennogo khraneniya // Informatsionnyye tekhnologii i vychislitel'nyye sistemy. 2022. № 1. S. 47–54.
- 17 Dmitry Tali, candidate of technical sciences, doctoral candidate of a special department, Krasnodar Higher Military Orders of Zhukov and the October Revolution Red Banner School named after General of the Army S. M. Shtemenko, Krasnodar, Russia. E-mail: dimatali@mail.ru
- 18 Oleg Finko, Dr.Sc., Professor, Professor of a special department, Krasnodar Higher Military Orders of Zhukov and the October Revolution Red Banner School named after General of the Army S.M. Shtemenko, Academic Advisor of the Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences (RARAN), Krasnodar, Russia. E-mail: ofinko@yandex.ru. Web: <http://www.mathnet.ru/person40004>. ORCID 0000-0002-7376-271

7. Tali D. I. Modeli elektronnoy dokumenta v ramkakh paradigmy «Industriya 4.0» // Upravleniye bol'shimi sistemami. 2025. № 115. S. 66-99.
8. Ul'yanova N. D. Chat-boty v sistemakh elektronnoy dokumentooborota // Vestnik obrazovatel'nogo konsortsiya Srednerusskiy universitet. Informatsionnyye tekhnologii. 2023. № 2(22). S. 14-19.
9. Kovaleva N. N., Yeres'ko P. V., Izotova V. F. Problemy i perspektivy ispol'zovaniya iskusstvennogo intellekta v sistemakh elektronnoy dokumentooborota // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pravo. 2023. № 4(55). S. 87-92.
10. Yazov Yu. K., Avsent'yev A. O. Problemy voprosy sozdaniya mnogoagentnykh sistem zashchity informatsii ot utechki po tekhnicheskimi kanalami // Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii. 2024. № 3. S. 86-97.
11. Shamsutdinov R. R., Vasil'yev V. I., Vul'fin A. M. Intellektual'naya sistema monitoringa informatsionnoy bezopasnosti promyshlennogo interneta veshchey s ispol'zovaniem mekhanizmov iskusstvennykh immunnykh sistem // Sistemnaya inzheneriya i informatsionnyye tekhnologii. 2024. T. 6. № 4(19). S. 14-31.
12. Bogovik A. V., Safiulov D. M. Predlozheniya po modernizatsii protokola monitoringa telekommunikatsionnogo oborudovaniya uzla svyazi spetsial'nogo naznacheniya // Telekommunikatsii i svyaz'. 2025. № 2(5). S. 53-64.
13. Makarenko S. I. Informatsionnyy konflikt sistemy svyazi s sistemoy destabiliziruyushchikh vozdeystviy. Chast' I: Kontseptual'naya model' konflikta s uchetom vedeniya razvedki, fizicheskogo, radioelektronnogo i informatsionnogo porazheniya sredstv svyazi // Tekhnika radiosvyazi. 2020. Vypusk 2(45). S. 104-117.
14. Goncharov V. V., Mishenina O. V. Zashchita informatsii v avtomatizirovannykh sistemakh: kontseptual'no-matematicheskiye aspekty // Pravovaya informatika. 2024. № 3. S. 43-57.
15. Makhov D. S. Povysheniye ustoychivosti upravleniya parametrami funktsionirovaniya prostranstvenno – raspredelennykh radiotekhnicheskikh sistem robototekhnicheskikh kompleksov na osnove nechetkikh mnozhestv // Voprosy oboronnoy tekhniki. Seriya 16: Tekhnicheskkiye sredstva protivodeystviya terrorizmu. 2020. № 5-6 (143-144). S. 36-44.
16. Lepeshkin O. M., Ostroumov O. A., Sinyuk A. D., Chernykh I. S. Problema obespecheniya funktsional'noy ustoychivosti i nepreryvnosti funktsionirovaniya sistemy svyazi // Vestnik komp'yuternykh i informatsionnykh tekhnologiy. 2023. T. 20. № 4(226). S. 16-26.
17. Volkova V. N., Loginova A. V., Leonova A. Ye., Chernyy A. Yu. Zakonomernosti teorii sistem: sostoyaniye issledovaniy i primeneniya // V sbornike: Sistemnyy analiz v proyektirovanii i upravlenii. Sbornik nauchnykh trudov XXVI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. V 3-kh chastyakh. Sankt-Peterburg. 2023. S. 65-74.
18. Kalinin V. I., Yusupov R. M., Sokolov B. V. Mezhdistsiplinarnoye vzaimodeystviye i razvitiye teorii sistem, kibernetiki i informatiki // V sbornike: Sistemnyy analiz v proyektirovanii i upravlenii. Sbornik nauchnykh trudov XXVI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. V 3-kh chastyakh. Sankt-Peterburg. 2023. S. 7-13.
19. Novikov D. A. Printsip dekompozitsii v zadachakh upravleniya organizatsionno-tekhnicheskimi sistemami // V sbornike: Matematicheskaya teoriya upravleniya i yeye prilozheniya (MTUiP-2020). Materialy konferentsii. Gosudarstvennyy nauchnyy tsentr Rossiyskoy Federatsii AO «Kontsern «TSNII «Elektropribor». Sankt-Peterburg. 2020. S. 256-259.
20. Tali D. I. Printsip tselostnosti i integrativnosti v formirovanii elektronnoy dokumenta // Pravovaya informatika. 2022. № 3. S. 72-83.
21. Tali D. I., Fin'ko O. A. i dr. Sposob obespecheniya integrativnoy tselostnosti elektronnoy dokumenta // Patent na izobreteniya RU 2812304, opubl. 29.01.2024, byul. № 4.
22. Tali D. I., Fin'ko O. A., Dichenko S. A. Sposob formirovaniya i kontrolya tselostnosti mnogomernoy struktury elektronnykh dokumentov // Patent na izobreteniya RU 2840783, opubl. 28.05.2025, byul. № 16.
23. Tali D. I., Fin'ko O. A. Sposob i sistema raspredelennogo kontrolya tselostnosti elektronnykh dokumentov pri veroyatnoy komprometatsii klyuchey podpisi // Patent na izobreteniya RU 2844401, opubl. 29.07.2025, byul. № 22.

