

Оценка эффективности процессов совершенствования движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами

Evaluation of the Effectiveness of Processes for Improving the Movement of Information Flows in Control Systems for Complex Technical Objects

УДК 62-1

Получено: 14.10.2021

Одобрено: 06.11.2021

Опубликовано: 25.12.2021

Тебекин А.В.

д-р техн. наук, д-р экон. наук, профессор, почетный работник науки и техники Российской Федерации, профессор кафедры Менеджмента Московского государственного института международных отношений (Университета) МИД России, e-mail: Tebekin@gmail.com

Tebekin A.V.

Doctor of Technical Sciences, Doctor of Economics, Professor, Honorary Worker of Science and Technology of the Russian Federation, Professor of the Department of Management of the Moscow State Institute of International Relations (University) of the Ministry of Foreign Affairs of Russia, e-mail: Tebekin@gmail.com

Тебекин П.А.

главный эксперт отдела сопровождения информационных коммуникаций АО «Альфа-Банк»

Tebekin P.A.

Chief Expert of the Information Communications Support Department, Alfa-Bank JSC

Егорова А.А.

Ведущий специалист отдела технического маркетинга ООО «Научно-технический центр «Интайр»

Egorova A.

Leading specialist of the department of technical marketing of LLC "Scientific and technical center" Intayr

Аннотация

Рассмотрены вопросы оценки эффективности совершенствования информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами, базирующимися на рассмотрении методологии моделирования информационных потоков IDEF1 группы методологий IDEF, входящей в семейство методологий ICAM, предназначенной для решения задач моделирования сложных систем. Рассмотрены особенности применения методологии моделирования информационных потоков IDEF1, обеспечивающей построение модели данных, эквивалентной реляционной модели в третьей нормальной

форме, применительно к оценке эффективности совершенствования информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами. Предложен критерий оценки эффективности совершенствования информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами, представляющий собой аддитивную взвешенную модель учета функциональных, эксплуатационных и стоимостных свойств подсистем, обеспечивающих процессы движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами.

Ключевые слова: оценка эффективности, процессы совершенствования, движение информационных потоков, системы управления, сложные технические объекты.

Abstract

The issues of evaluating the effectiveness of improving information flows in control systems of complex technical objects, based on the consideration of the methodology for modeling information flows IDEF1 of the group of IDEF methodologies, which is part of the ICAM family of methodologies, designed to solve problems of modeling complex systems, are considered. The features of the application of the IDEF1 information flow modeling methodology, which provides the construction of a data model equivalent to a relational model in the third normal form, are considered in relation to evaluating the effectiveness of improving information flows in control systems for complex technical objects. A criterion for evaluating the effectiveness of improving information flows in control systems for complex technical objects is proposed, which is an additive weighted model for taking into account the functional, operational and cost properties of subsystems that provide processes for the movement of information flows in control systems for complex technical objects.

Keywords: efficiency assessment, improvement processes, information flow movement, control systems, complex technical objects.

Введение

В группе методологий IDEF (Integrated DEFinition) семейства методологий ICAM (Integrated Computer-Aided Manufacturing), используемой для решения задач моделирования сложных систем, значимую роль играет методология построения информационной модели IDEF1 (integration definition for information modeling), обеспечивающая представление требуемой структуры информации, необходимой для поддержания эффективности функционирования управляемой системы [5].

В условиях развития информационного общества [1], когда рыночная доля интеллектуальной (нематериальной) составляющей информационных технологий существенно превосходит ее материальную долю [13], все большее значение приобретает методология IDEF1 [2], применяемая для построения информационной модели, описывающей структуру информации, необходимой для поддержки функционирования сложных систем.

Поскольку с момента разработки в 1981 г. подхода к информационному моделированию IDEF1, сформированного на основе работ Р. Брауна, Т. Рэми (Hughes Aircraft) и Д. Коулмана (D. Appleton Company) за сорок лет произошло существенное развитие не только самой методологии IDEF1, проявившееся, например, в новой версии методологии IDEF1X, но и дальнейшее (порой радикальное) усложнение технических систем, в которых они используются, представляет интерес рассмотрение динамики и перспектив применения методологии моделирования информационных потоков IDEF1 в системах управления сложными техническими объектами. При этом принципиальное значение приобретает оценка эффективности совершенствования информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами.

Цель исследования

Таким образом, целью представленной работы является развитие подходов к оценке эффективности совершенствования информационных потоков в системах

управления сложными техническими объектами с учетом тенденций развития методологии моделирования информационных потоков IDEF1 с точки зрения перспектив ее применения в системах управления сложными техническими объектами.

Методическая база исследований

Методическую базу представленных исследований составили научные труды, посвященные методологии моделирования информационных потоков IDEF1 и оценке эффективности моделирования информационных потоков таких авторов, как Брюс Т. [2], Верников Г. [4], Вичугова А.А., Вичугов В.Н., Дмитриева Е.А., Цапко Г.П. [6], Ландэ Д.В., Фурашев В.Н., Брайчевский С.М., Григорьев А.Н. [7], Мазеин С.В., Попов Е.В. [8], Пальмов А.А., Золотухина Е.Б. [10], Симонова Е.В. [9], Цуканова О.А. [17], Черемных С.В. [18], Шахтурин Д.В. [19] и др.

Методическую базу составили также авторские работы по теме исследований [3, 11, 12, 15, 16].

Основное содержание исследований

На первом этапе решения задачи оценки эффективности совершенствования информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами, базирующимися на рассмотрении методологии моделирования информационных потоков IDEF1 группы методологий IDEF, входящей в семейство методологий ICAM, предназначенной для решения задач моделирования сложных систем.

Рассматривая методологию построения реляционных информационных структур IDEF1 и IDEF1X как методологию построения реляционных информационных структур, относящихся к типу методологий «сущность – связь» и применяемых при моделировании реляционных баз данных применительно к управляемым системам [17], в качестве которых рассматриваются сложные технические системы, в первую очередь, будем исходить из целей и задач рассматриваемой методологии (рис. 1), а также возможностей использования достоинств данной методологии как источника одновременной локализации ее недостатков (рис. 2).



Рис. 1. Цели и задачи методологии IDEF1



Рис. 2. Достоинства и недостатки методологии IDEF1

Функционирование любой управляемой системы можно представить как динамическое изменение физических и нематериальных (интеллектуальных) сущностей, сопровождаемое движением информационных потоков.

В этом смысле методология IDEF1 представляет собой стандартизованный инструмент, позволяющий осуществлять анализ и изучение взаимосвязей между информационными потоками в рамках управляемой системы.

При этом результаты анализа информационных потоков, циркулирующих в управляемой системе, могут быть использованы для стратегического и тактического планирования процессов ее функционирования за счет совершенствования информационного обеспечения.

Для характеристики методологии моделирования информационных потоков IDEF1 в системах управления сложными техническими объектами воспользуемся классической схемой описания их характеристик (рис. 3).

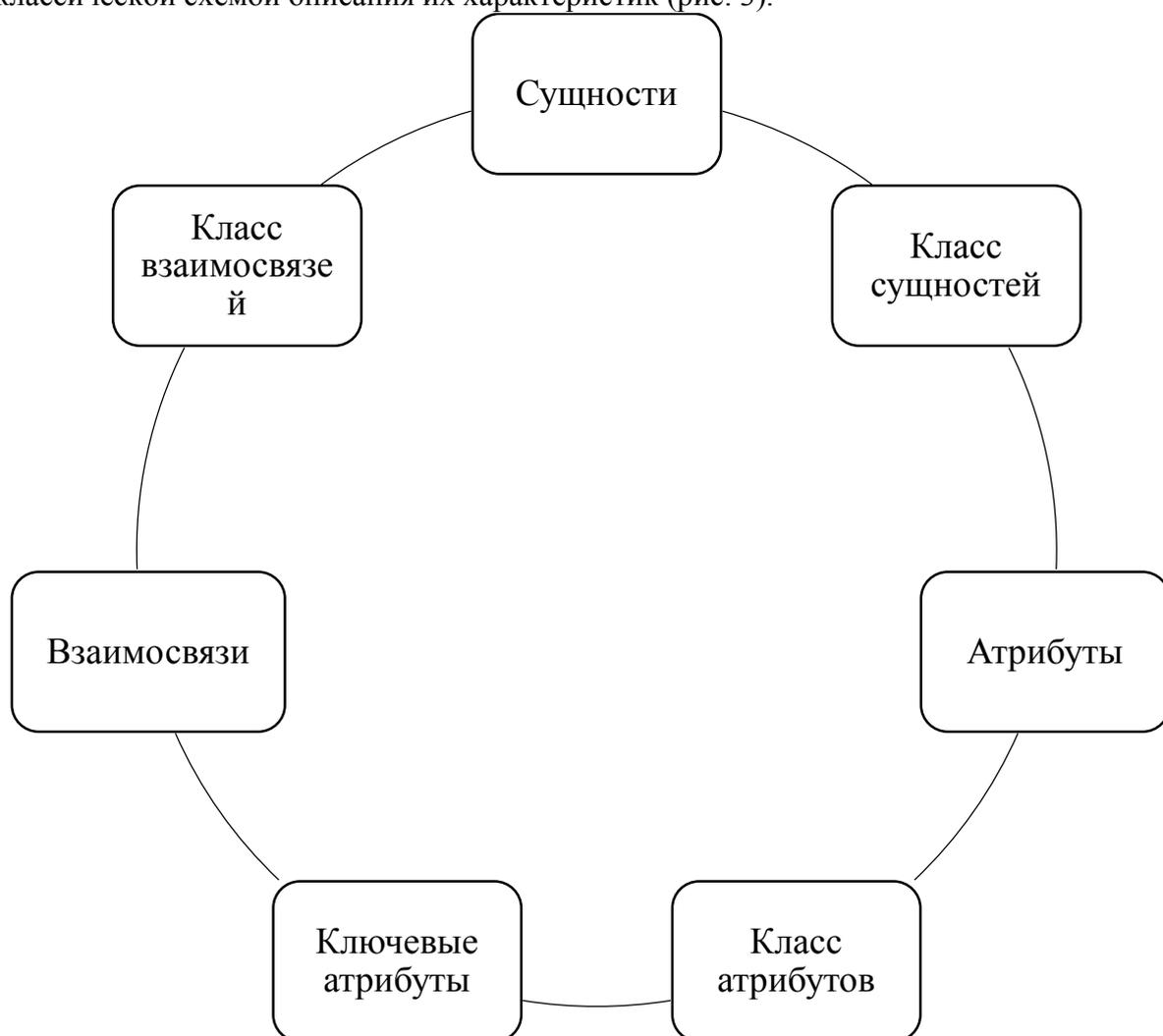


Рис. 3. Основные характеристики методологии моделирования информационных потоков IDEF1 в системах управления сложными объектами

Под сущностью в методологии IDEF1 понимается совокупность (набор) объектов, схожих по свойствам, но отличаемых друг от друга по одному или нескольким объективным признакам. При этом каждый объект является реализацией сущности.

Совокупность накопленной (или располагаемой) информации об определенном объекте или группе объектов реального мира, хранящаяся в системе управления сложными объектами, представляет собой класс сущностей.

Основными концептуальными свойствами сущностей IDEF1 являются:

- уникальность каждой сущности, означающая, что каждая сущность может быть однозначно идентифицирована через другие сущности;
- устойчивость, базирующаяся на аккумулировании информации о сущности, которая накапливается в управляемой системе, обеспечивающей идентификацию каждой из сущностей.

Под атрибутами в методологии IDEF1 понимаются свойства и признаки объектов реального мира, характеризующие которую (определенную) сущность.

Под классом атрибутов понимается набор пар, состоящих из имени атрибута и значения атрибута для определенной сущности, совокупность которых по своим значениям внутри класса атрибутов существенно ближе, чем между классами атрибутов.

Под ключевыми атрибутами понимаются такие атрибуты, по которым можно однозначно отличить одну сущность от другой. При этом каждая сущность может характеризоваться несколькими ключевыми атрибутами.

Взаимосвязь между двумя сущностями считается существующей, если класс атрибутов одной сущности содержит ключевые атрибуты другой сущности.

Класс взаимосвязей представляет собой совокупность взаимосвязей между сущностями.

Опираясь на основные характеристики методологии моделирования информационных потоков IDEF1 в системах управления сложными объектами (рис. 3), рассмотрим класс сложных технических систем, решающих задачу повышения вероятности разделения классов сущностей по совокупности признаков, получаемых с помощью самой сложной технической системы.

В классической постановке методология моделирования информационных потоков IDEF1 применительно к задаче оценки эффективности совершенствования информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами подразумевает поиск ответа на следующий вопрос: какой информации не хватает, чтобы обеспечить желаемое функционирование моделируемой системы?

Собственно, существующие критерии эффективности информационных потоков в большинстве случаев отражают оценки функциональных возможностей информационных подсистем сложных систем (объемы предоставляемой информации, производительность информационных подсистем и ее элементов) или оценки соотношения функциональных возможностей информационных подсистем и их стоимости.

На практике же процесс моделирования информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами ответ на вопрос об оценке эффективности процессов совершенствования информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами подразумевает следующую его детализацию на несколько вопросов.

Во-первых, сколько информации не достает текущей версии сложной технической системы, чтобы обеспечить требуемую вероятность разделения классов сущностей в заданных условиях?

Во-вторых, насколько должны быть улучшены характеристики уже имеющихся в сложной технической системе датчиков информации, чтобы обеспечить за счет совершенствования информационных потоков исходной информации требуемую вероятность разделения классов сущностей в заданных условиях?

В-третьих, какие дополнительные датчики информации должны быть включены в сложную техническую систему, чтобы обеспечить за счет совершенствования информационных потоков исходной информации требуемую вероятность разделения классов сущностей в заданных условиях?

В-четвертых, какие блоки обработки информации необходимо будет включить в сложную техническую систему, чтобы обеспечить за счет обработанных информационных потоков требуемую вероятность разделения классов сущностей в заданных условиях?

В-пятых, позволять ли вносимые в сложную техническую систему изменения расширить диапазон условий, при которых создаваемые информационные потоки позволят сложным техническим объектам обеспечить требуемую вероятность разделения классов сущностей?

В-шестых, как изменится при вносимых изменениях защищенность информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами?

В-седьмых, как изменятся эксплуатационные свойства сложного технического объекта при вносимых в нее изменениях, связанных с совершенствованием предоставляемых информационных потоков? При этом должны учитываться изменения таких эксплуатационных свойств как:

- эксплуатационная надежность (безотказность, ремонтпригодность, сохраняемость, долговечность);
- массогабаритные характеристики;
- энергопотребление;
- электромагнитная совместимость и т.д.

Используя представленную детализацию вопросов оценки эффективности совершенствования информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами, будем исходить из следующих основных предположений.

Предположение первое. Все показатели подсистем, обеспечивающих движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами, условно разделим на три группы:

- А) функциональные показатели;
- Б) эксплуатационные показатели;
- В) стоимостные показатели.

Предположение второе. Группы показателей подсистем, обеспечивающих движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами при совершенствовании процессов осуществления информационных потоков, демонстрируют следующую динамику:

- А) функциональные показатели – неизменно улучшаются, повышая общую эффективность управляемой системы;
- Б) эксплуатационные показатели – могут как улучшаться, так и ухудшаться, т.е. могут как повышать общую эффективность управляемой системы, так и уменьшать ее;
- В) стоимостные показатели – неизменно растут, сокращая тем самым общую эффективность управляемой системы.

Исходя из описанных условий в соответствии с правилами квалиметрии [14] был сформирован следующий критерий эффективности совершенствования процессов движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами:

$$K_{3(\text{СИП})} = K_F \cdot \alpha + K_E \cdot \beta + K_C \cdot \gamma \quad (1),$$

где $K_{3(\text{СИП})}$ – критерий оценки эффективности совершенствования процессов движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами;

K_F – критерий оценки эффективности функциональных характеристик подсистем, обеспечивающих совершенствования процессов движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами, определяемый соотношением:

$$K_F = (F_0 + \Delta F) / F_0 \quad (2),$$

где F_0 – исходный уровень функциональной эффективности процессов движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами;

ΔF – приращение уровня функциональной эффективности процессов движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами в результате совершенствования процессов движения информационных потоков;

K_E – критерий оценки эффективности эксплуатационных характеристик подсистем, обеспечивающих совершенствование процессов движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами, определяемый соотношением:

$$K_E = \lambda \cdot (E_{01} + \Delta E_1) / E_{01} - (1 - \lambda) \cdot (E_{02} + \Delta E_2) / E_{02} \quad (3),$$

где E_{01} – исходный уровень части эксплуатационных характеристик подсистем, обеспечивающих процессы движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами, эффективность которых при совершенствовании функциональных характеристик возросла;

ΔE_1 – приращение исходного уровня части эксплуатационных характеристик подсистем, обеспечивающих процессы движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами, произошедшее в результате совершенствования функциональных характеристик подсистем;

E_{02} – исходный уровень части эксплуатационных характеристик подсистем, обеспечивающих процессы движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами, эффективность которых при совершенствовании функциональных характеристик снизилась;

ΔE_2 – снижение исходного уровня части эксплуатационных характеристик подсистем, обеспечивающих процессы движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами, произошедшее в результате совершенствования функциональных характеристик подсистем;

λ – доля эксплуатационных характеристик подсистем, обеспечивающих процессы движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами, эффективность которых при совершенствовании функциональных характеристик возросла;

$(1 - \lambda)$ – доля эксплуатационных характеристик подсистем, обеспечивающих процессы движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами, эффективность которых при совершенствовании функциональных характеристик уменьшилась;

K_C – критерий оценки эффективности стоимостных характеристик подсистем, обеспечивающих совершенствование процессов движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами, определяемый соотношением:

$$K_C = (C_0 + \Delta C) / C_0 \quad (4),$$

где C_0 – исходный уровень стоимости подсистем, обеспечивающих процессы движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами;

ΔC – приращение уровня стоимости подсистем, обеспечивающих процессы движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами, произошедшее в результате совершенствования функциональных характеристик подсистем;

α , β , γ – весовые коэффициенты функциональных, эксплуатационных и стоимостных свойств подсистем, обеспечивающих процессы движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами, удовлетворяющие условию нормирования $\alpha + \beta + \gamma = 1$.

Следовательно, предлагаемый критерий эффективности совершенствования процессов движения информационных потоков в системах управления сложными

техническими объектами может быть представлен в следующей детализированной форме:

$$K_{э(СИП)} = [(F_0 + \Delta F) / F_0] \cdot \alpha + [\lambda \cdot (E_{01} + \Delta E_1) / E_{01} - (1 - \lambda) \cdot (E_{02} + \Delta E_2) / E_{02}] \cdot \beta - [(C_0 + \Delta C) / C_0] \cdot \gamma, \quad (5).$$

При этом значение критерия эффективности совершенствования процессов движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами, удовлетворяющее условию:

$K_{э(СИП)} > 1$ – будет соответствовать приемлемым изменениям процессов движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами;

$K_{э(СИП)} < 1$ – будет соответствовать неприемлемым изменениям процессов движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами

Обсуждение результатов и выводы

Таким образом, в результате проведенных исследований предложен комплексный критерий эффективности совершенствования процессов движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами, представляющий собой аддитивную взвешенную модель учета функциональных, эксплуатационных и стоимостных свойств подсистем, обеспечивающих процессы движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами.

Особенности предложенного критерия (5) состоят в том, что для групп показателей подсистем, обеспечивающих движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами при совершенствовании процессов осуществления информационных потоков учитывается следующая динамика:

- функциональные показатели – неизменно улучшаются, повышая общую эффективность управляемой системы;

- стоимостные показатели – неизменно растут, сокращая тем самым общую эффективность управляемой системы;

- эксплуатационные показатели – могут как улучшаться, так и ухудшаться, т.е. могут как повышать общую эффективность управляемой системы, так и уменьшать ее.

Предложенный критерий оценки эффективности показывает, что при моделировании вариантов совершенствования процессов движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами по методологии IDEF1 для принятия управленческого решения необходимо обеспечить сбор информации, позволяющий определить:

- исходный уровень функциональной эффективности процессов движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами;

- приращение уровня функциональной эффективности процессов движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами в результате совершенствования процессов движения информационных потоков;

- исходный уровень части эксплуатационных характеристик подсистем, обеспечивающих процессы движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами, эффективность которых при совершенствовании функциональных характеристик возросла;

- приращение исходного уровня части эксплуатационных характеристик подсистем, обеспечивающих процессы движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами, произошедшее в результате совершенствования функциональных характеристик подсистем;

- исходный уровень части эксплуатационных характеристик подсистем, обеспечивающих процессы движения информационных потоков в системах управления

сложными техническими объектами, эффективность которых при совершенствовании функциональных характеристик снизилась;

– снижение исходного уровня части эксплуатационных характеристик подсистем, обеспечивающих процессы движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами, произошедшее в результате совершенствования функциональных характеристик подсистем;

– долю эксплуатационных характеристик подсистем, обеспечивающих процессы движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами, эффективность которых при совершенствовании функциональных характеристик возросла;

– долю эксплуатационных характеристик подсистем, обеспечивающих процессы движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами, эффективность которых при совершенствовании функциональных характеристик уменьшилась;

– исходный уровень стоимости подсистем, обеспечивающих процессы движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами;

– приращение уровня стоимости подсистем, обеспечивающих процессы движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами, произошедшее в результате совершенствования функциональных характеристик подсистем;

– весовые коэффициенты функциональных, эксплуатационных и стоимостных свойств подсистем, обеспечивающих процессы движения информационных потоков в системах управления сложными техническими объектами, удовлетворяющие условию нормирования.

Литература

1. Okinawa Charter on Global Information Societ. <https://www.mofa.go.jp/policy/economy/summit/2000/documents/charter.html>
2. Thomas A. Bruce (1992). *Designing Quality Databases With Idef1X Information Models*. Dorset House Publishing.
3. Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Тебекин А.В., Песчанникова Е.Н. Стохастическая модель динамики частных показателей технических инноваций // Журнал исследований по управлению. – 2021. – Т. 7. – № 1. – С. 36-43.
4. Верников Г. Основы методологии IDEF1. <https://www.cfin.ru/vernikov/idef/idef1.shtml>
5. Верников Г. Основы методологии IDEF1X. <https://www.cfin.ru/vernikov/idef/idef1x.shtml>
6. Вичугова А.А., Вичугов В.Н., Дмитриева Е.А., Цапко Г.П. «Информационные системы и технологии»: учебное пособие / А.А. Вичугова, В.Н. Вичугов, Е.А. Дмитриева, Г.П. Цапко; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 84 с.
7. Ландэ Д.В., Фурашев В.Н., Брайчевский С.М., Григорьев А.Н. Основы моделирования и оценки электронных информационных потоков: Монография. – К.: Инжиниринг, 2006. – 176 с.
8. Мазеин С.В., Попов Е.В. Оценка информационных потоков. // Менеджмент в России и за рубежом. – 2005. – № 5. – С. 118-123.
9. Модели информационных потоков в системах моделирования: [Электронный ресурс]: метод. указания / Е.В. Симонова. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2017. – 23 с.
10. Пальмов А.А., Золотухина Е.Б. Модель оценки эффективности моделирования информационных систем // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=19202>.

11. *Петров В.С., Тебекин А.В.* Использование методологии моделирования idef при формировании структурно-параметрической модели реализации технологий обеспечения эффективного развития промышленных предприятий в условиях постиндустриальной экономики. // Транспортное дело России. – 2017. – № 4. – С. 43-49.
12. *Тебекин А.В.* Методология функционального моделирования сложных технических систем модульного типа // Журнал технических исследований. – 2021. – Т. 7. – № 2. – С. 3-12.
13. *Тебекин А.В.* Управление инновационно-инвестиционной деятельностью в сфере информационных технологий. – Москва, Палеотип, 2006. – 184 с.
14. *Тебекин А.В.* Управление качеством: учебник для вузов / А. В. Тебекин. — 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2020. – 410 с.
15. *Тебекин А.В., Сауренко Т.Н., Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г.* Эволюционная модель прогноза частных показателей инновационных проектов (на примере технических инноваций). // Журнал исследований по управлению. – 2019. – Т. 5. – № 6. – С. 55-61.
16. *Тебекин А.В., Сомов Ю.И.* Моделирование управления деятельностью таможенных органов с использованием методологии idef1. // Вестник Российской таможенной академии. – 2016. – № 1. – С. 135-142.
17. *Цуканова О.А.* Методология и инструментарий моделирования бизнес-процессов: учебное пособие. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2015. – 100 с.
18. *Черемных С.В.* Моделирование и анализ систем. I DEF-технологии: практикум / С.В. Черемных, И.О. Семенов, В.С. Ручкин. – Москва: Финансы и статистика, 2006. – 192 с.
19. *Шахтурин Д.В.* Моделирование сложных телекоммуникационных сетей в Lab VIEW [Текст] / Ю.К. Евдокимов, Д.В. Шахтурин // Образовательные, научные и инженерные приложения в среде Lab VIEW и технологии National Instruments: сб. тр. VII науч.-практич. конф. (Москва, 28-29 ноября 2008 г.). – Москва: Изд-во ДМК Пресс, 2009. – Т. 2. – С. 31-33.