

## К вопросу оценки эффективности «системы систем»

А.А. Зацаринный, email: AZatsarinny@ipiran.ru

Ю.С. Ионенков, email: UIonenkov@ipiran.ru

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»  
Российской академии наук

***Аннотация.** Доклад посвящен вопросу оценки эффективности применительно к «системы систем» применительно к информационным системам (ИС). Приведено определение «системы систем», рассмотрены признаки и типы «системы систем». Отмечены особенности реализации процессов жизненного цикла в «системе систем». Представлены основные факторы, усложняющие рассмотрение «системы систем» и условия ее эффективного функционирования. С учетом особенностей «системы систем» рассмотрены проблемы оценки ее эффективности и сформулированы предложения по их решению.*

***Ключевые слова:** система; система систем; системная инженерия; жизненный цикл; эффективность.*

### Введение

В настоящее время наблюдается интенсивное внедрение информационных систем (ИС) различного назначения. При этом наблюдается тенденция к их еще большему усложнению и появлению такого понятия как «система систем».

Это понятие закреплено в ГОСТ Р 57193-2016 [1], который дает следующее определение «системы систем» - это система, элементы которой представляют собой самостоятельные системы. «Система систем» использует интегрированное множество систем для решения таких задач, которые ни одна из составляющих систем не может выполнить самостоятельно.

Система систем - это система, отдельные части которой разрабатывались независимо друг от друга и могут существовать автономно, но в целом представляет собой полноценную целевую систему. Возникновение этого понятия связано с появлением и функционированием ряда отвечающих этому определению систем. Это, прежде всего:

- телекоммуникационные системы («сети сетей»);
- Интернет, как интернет;

- мультимодальные транспортные системы, т.е. системы доставки грузов разными видами транспорта на определенных направлениях;
- «расширенное предприятие», представляющее собой предприятие с переменной, настраиваемой на среду структурой, состоящей из автономных модулей, которые наращиваются в зависимости от объема функций и решаемых задач;
- интегрированные системы управления военного назначения.

В докладе представлены основные характеристики «системы систем», включая признаки таких систем, их классификацию и специфику, а также сформулированы предложения по оценке эффективности «системы систем» применительно к ИС.

### **1. Основные характеристики «системы систем»**

Введение понятия «система систем» является следующей ступенью в эволюции системных подходов в области качества, производительности, эффективности, безопасности, отвечающих растущей сложности продуктов и систем.

Для «системы систем» характерна определенная независимость составляющих систем, которые во многих случаях были разработаны и функционируют в интересах определенных пользователей одновременно с пользователями системы систем.

Каждая из систем, входящих в «систему систем», имеет свое административное управление, цели и ресурсы, которые обеспечивают координацию в пределах системы систем и адаптацию для достижения целей системы систем.

Отличительными особенностями «системы систем» являются [2]:

- административная независимость её элементов (нет полномочий по указанию, как работать);
- эксплуатационная независимость её систем-элементов (нет полномочий осуществлять её общее развитие/модернизацию);
- эмерджентность/системный эффект от объединения в систему (способность получить от целевой системы систем функцию, которую невозможно получить от работы с отдельными входящими в систему систем элементами, и требуется совместная работа этих элементов);
- эволюционное развитие (понимание того, что будет происходить в системе систем на каждом следующем шаге проекта требует исследований и дополнительных согласований, ибо нет роли, которая знает, как в каждый момент устроена система систем — они ведь все меняются независимо);
- как правило, географическое распределение входящих систем;

– динамическая организационная структура, способная реагировать на изменения в окружении и изменения поставленных целей и задач (самоорганизация);

– реакция структуры «системы систем» на внешние изменения и восприятия среды (адаптация).

В [1] определены четыре типа «системы систем», основанные на отношениях между элементом системы и самой «системой систем» (табл.1).

Таблица 1

*Типы «системы систем»*

Виртуальная	<ul style="list-style-type: none"><li>- отсутствие полномочий для централизованного управления;</li><li>- отсутствие центрально-согласованных целей;</li><li>- появляются поведения с относительно необозримыми механизмами для их сопровождения.</li></ul>
Объединенная	<ul style="list-style-type: none"><li>- составляющие системы добровольно взаимодействуют для достижения согласованных целей;</li><li>- коллективно решаются вопросы взаимодействия, объединения усилий и сопровождения стандартов.</li></ul>
Познаваемая	<ul style="list-style-type: none"><li>- признанные цели, назначенный руководитель и ресурсы;</li><li>- составляющие системы сохраняют их независимую собственность, управление и ресурсы.</li></ul>
Руководимая	<ul style="list-style-type: none"><li>- система построена и управляема для определенных целей;</li><li>- управляется и развивается из центра;</li><li>- составляющие системы поддерживают способности к независимому функционированию;</li><li>- ресурсы подчинены централизованным целям.</li></ul>

Самые строгие отношения управления относятся к руководимой «системе систем», где у соответствующей организации имеются полномочия над составляющими системами. Несколько менее строгий уровень управления предоставлен для познаваемой «системы систем», где полномочия распределены между составляющими системами. В объединенной «системе систем», которой недостает полномочий по всей системе, применение системной инженерии зависит от взаимосвязей между составляющими системами. Виртуальные «системы систем» в значительной степени самоорганизованы.

Следует отметить, что для каждого из четырех типов процессов применительно к «системе систем» процессы жизненного цикла имеют особенности [1].

Для процессов соглашения составляющие системы, входящие в «систему систем», зачастую не могут быть подчинены целям «системы систем», так как приобретаются и управляются различными организациями. Исключая случай руководимой системы, организации, ответственные за систему систем, не могут решать задачи составляющей системы без сотрудничества с ней. При этом для виртуальной системы процессы соглашения рассматриваются только в целях анализа.

Применительно к процессам организационного обеспечения проекта владельцы систем, составляющих «систему систем», сохраняют ответственность за разработку своих систем и у каждого из них имеются свои процессы организационного обеспечения. На уровне «системы систем» также используются свои процессы организационного обеспечения проекта для планирования, анализа, организации и интеграции существующих и новых систем в «систему систем».

Процессы технического управления также реализуемы на уровне «системы систем» и в составляющих системах. Они применяются со специфическим учетом системной инженерии для «системы систем» при планировании, анализе, организации и интеграции существующих и новых систем в «систему систем». Организации, ответственные за составляющие системы, сохраняют ответственность за их собственные процессы технического управления.

Технические процессы реализуются как для «системы систем», так и для составляющих систем. При этом в ряде случаев эти процессы в большей степени реализуются в составляющих системах.

Таким образом, представленные выше характеристики «системы систем» позволяют сделать следующие выводы о факторах, усложняющих рассмотрение «системы систем», в том числе, и с позиций ее эффективности:

- децентрализованное управление системой;
- изменения в технологиях, непредсказуемые потребности пользователей в составляющих системах;
- новые потребности создают новые возможности, которые требуют дополнительной адаптации элементов и «системы систем»;
- системы, входящие в «систему систем» могут находиться на различных стадиях жизненного цикла и эти стадии могут отличаться друг от друга;

– процессы жизненного цикла могут рассматриваться как применительно к «системе систем» в целом, так и для отдельных составляющих систем.

## **2. Проблемы оценки эффективности «системы систем» и подходы к их решению**

Реальное появление систем, относящихся к «системе систем», вызывает необходимость оценки их эффективности.

Следует отметить, что эффективное функционирование «системы систем» в значительной степени зависит от решения следующих вопросов:

- совершенствования методов управления развитием «системы систем»;
- повышения уровня интеграции систем, составляющих «систему систем»;
- внедрения комплекса стандартов в области интероперабельности и эталонных моделей.

Первые два вопроса являются в большей степени организационными, обеспечение же интероперабельности обеспечивается в значительной степени техническими мерами. Интероперабельность играет определяющую роль при создании крупномасштабных систем и их интеграции.

Эффективность системы определяют на множестве показателей. Под показателем понимается характеристика, описываемая количественно и позволяющая оценить свойство этой системы с какой-либо одной стороны [3]. При этом одной из наиболее важных задач является выбор и обоснование номенклатуры показателей системы с точки зрения их влияния на эффективность целесообразно строить путем композиции показателей эффективности отдельных элементов и подсистем с учетом их вклада в общую эффективность системы.

Исходя из особенностей «системы систем» показатели эффективности должны характеризовать как «систему систем» в целом, так и составляющие системы:

$$\mathcal{E}_{cc} = F \{ \mathcal{E}_{\text{общ.}}, \mathcal{E}_{c1}, \mathcal{E}_{c2}, \dots, \mathcal{E}_{cn} \},$$

где  $\mathcal{E}_{\text{общ.}}$  – показатель эффективности, характеризующий «систему систем» в целом;

$\mathcal{E}_{cn}$  – показатель эффективности составляющей системы.

Следует отметить, что показатель  $\mathcal{E}_{\text{общ.}}$  характеризует степень интеграции и взаимодействия систем, входящих в «систему систем». При этом наибольшее значение этот показатель имеет для руководимой

«системы систем», а для виртуальной системы его значение выражено в наименьшей степени.

При этом для «системы систем» в целом существенное значение приобретают показатели интероперабельности, а также показатели, характеризующие выполнение задач «системы систем».

Под интероперабельностью понимается способность двух или более информационных систем или компонентов к обмену информацией и к использованию информации, полученной в результате обмена [4].

В [5] представлена эталонная модель интероперабельности для системы систем, содержащая следующие виды интероперабельности: организационную, семантическую и техническую (рис.).

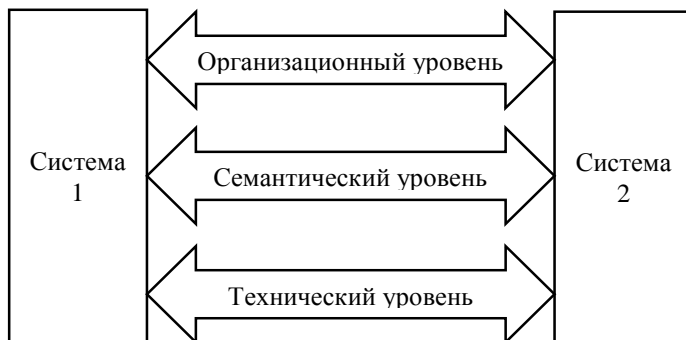


Рисунок. Эталонная модель интероперабельности

Семантический уровень описывает информационно-лингвистические, смысловые аспекты взаимодействия, т. е. содержательную сторону обмениваемой информации и ее качество. Семантические барьеры интероперабельности систем должны преодолеваться за счет построения стека открытых прикладных протоколов для каждого типа системы.

Интероперабельность на техническом уровне достигается главным образом за счет использования стандартных технологических решений в области телекоммуникаций, реализацией web-сервисов или промежуточного программного обеспечения.

Таким образом, в качестве показателей эффективности, характеризующих «систему систем» в целом, могут быть предложены:

- практический показатель интероперабельности (функциональной совместимости) [6];
- уровень автоматизации взаимодействия составляющих систем;

- уровень реализации государственных (корпоративных) функций (задач) посредством «системы систем»;
- количество государственных (корпоративных) услуг, переведенных в электронный вид посредством «системы систем».

Практический показатель интероперабельности определяется экспертным путем как среднее значение в соответствии с пятью значениями уровней зрелости (от 0 до 4) для каждого из четырех аспектов функциональной совместимости (бизнес, процессы, службы и данные) с учетом трех барьеров к реализации функциональной совместимости (концептуальных, технических, организационных). Пример оценки зрелости интероперабельности приведен в табл. 2 [6].

Таблица 2

*Оценка зрелости интероперабельности*

	Концептуальные	Технические	Организационные	Среднее значение
Бизнес-уровни	3	2	2	2,5
Уровни процесса	3	2,5	1	2
Уровни службы	3	3	2	3
Уровни данных	2	3	1,5	2
Суммарный балл				2

Три остальных показателя определяются как динамика (прирост) количества систем, функций, услуг за заданный период времени (как правило – год) по сравнению с предыдущим.

Вопросы выбора и обоснования номенклатуры показателей эффективности для отдельных типов систем, наиболее полно характеризующих конкретную систему, достаточно подробно представлены в [7].

Таким образом, при оценке эффективности «системы систем» необходимо учитывать обобщенные и частные показатели эффективности, характеризующие как «систему систем» в целом, так и отдельные входящие в нее системы.

Применение методического аппарата оценки эффективности применительно к системам, составляющим «систему систем» зависит от их характеристик.

В частности, для «системы систем», составляющие которой построены по одним и тем же принципам и решают близкие функциональные задачи, оценка эффективности этих систем может производиться с использованием одних и тех же показателей и по одинаковым методикам. Оценка же эффективности самой «системы систем» производится на основе взвешенной свертки с учетом важности каждой из входящих в нее систем и показателей, характеризующих «систему систем» в целом.

Примером такой системы является система распределенных ситуационных центров (СРСЦ) органов государственной власти [8], которая создается в целях обеспечения информационно-аналитической поддержки стратегического планирования и повышения эффективности государственного управления в Российской Федерации, в том числе при возникновении чрезвычайных (кризисных) ситуаций. В состав СРСЦ входят ситуационные центры различных уровней – федерального, ведомственного, регионального и корпоративного, которые рассматриваются как отдельные системы.

В случае же, когда системы, входящие в «систему систем» построены по различным принципам и решают разные задачи, оценка эффективности каждой из систем производится с использованием различных показателей, учитывающих специфику этих систем и, в общем случае, по различным методикам. Обобщенная оценка эффективности самой «системы систем» производится, как и в предыдущем случае. Примером таких систем являются интегрированные системы управления военного назначения.

### **Заключение**

В настоящее время распространено и закреплено в нормативных документах понятие «системы систем», для которой имеется семь отличительных характеристик: эксплуатационная и административная независимость отдельных систем, территориальная распределенность, эмерджентное поведение, эволюционное развитие, самоорганизация и адаптация.

Методы системной инженерии применительно к «системе систем» имеют свою специфику. Главной характеристикой «системы систем» являются непредвиденные эффекты на уровне «системы систем», относимые к сложной динамике взаимодействия составляющих систем. Эффективное функционирование «системы систем» в значительной степени зависит от совершенствования методов управления ее развитием, повышения уровня интеграции составляющих систем и внедрения комплекса стандартов в области интероперабельности.



В докладе рассмотрены основные характеристики «системы систем», включая признаки таких систем, их классификацию и специфику, особенности реализации процессов жизненного цикла. На основе учета особенностей «системы систем» сформулированы предложения по оценке ее эффективности.

### **Список литературы**

1. ГОСТ Р 57193-2016. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем [Текст]. – Введ. 2017-11-01. – М.: Стандартинформ, 2016. 98 с.
2. Maier, M.W. 1998. Architecting Principles for Systems-of-Systems. Systems Engineering, 1(4), 267-284.
3. ГОСТ 24.702-85. Эффективность автоматизированных систем управления. Основные положения [Текст]. – Введ. 1987-01-01. – М.: Стандартинформ, 2003. 6 с.
4. ГОСТ 55062-2012. Информационная технология. Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность. Общие положения [Текст]. – Введ. 2013-09-01. – М.: Стандартинформ, 2018. 12 с.
5. ГОСТ Р 59797-2021. Информационные технологии. Сложные системы. Интероперабельность. Основные положения [Текст]. – Введ. 2022-04-30. – М.: Российский институт стандартизации, 2021. 14 с.
6. ГОСТ Р ИСО 11354-2-2016. Усовершенствованные автоматизированные технологии и их применение. Требования к установлению интероперабельности процессов промышленных предприятий. Часть 2. Модель зрелости для оценки интероперабельности предприятий [Текст]. – Введ. 2017-06-01. – М.: Стандартинформ, 2017. 24 с.
7. Зацаринный, А. А. Оценка эффективности информационно-телекоммуникационных систем / А. А. Зацаринный, Ю. С. Ионенков. – М.: НИПКЦ Восход-А, 2020. – 120 с.
8. Система распределенных ситуационных центров как основа цифровой трансформации государственного управления «СРСЦ-2017». Труды Всероссийского форума, Санкт-Петербург, 25-27 октября 2017 г. [Текст] / Научный совет по информатизации Санкт-Петербурга.– СПб., 2018.– 252 с.