

R. I. Solnitsev, E. P. Kazakov  
*Saint Petersburg Electrotechnical University*

D. S. Polozhentsev  
*Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation*

## THE METHODOLOGY FOR DECREASING THE MEASUREMENT ERROR OF THE MEAN ANGULAR ROTATION VELOCITY OF CONTROL MOMENT GYROSCOPE GYROMOTOR SUSPENSION

*The assessment of angular rotation velocity of control moment gyroscope gyromotor suspension is a challenging technical task made even more complicated by the necessity to carry out a significant number of process checks at different lifecycle stages. To develop a methodology for decreasing the measurement error of the angular rotation velocity of control moment gyroscope gyromotor suspension that would enable the engineers to take into account the effect of systematic harmonics of angle sensor error. The dependency of the measurement error of the mean angular rotation velocity of gyromotor suspension on its actual rotation velocity and initial angular position was established. This article presents an assessment of the measurement error of the mean angular rotation velocity based on the data received from the angular position sensor of an actual control moment gyroscope. A methodology is offered for decreasing the measurement error of the mean angular rotation velocity of gyromotor suspension by selecting a set of optimal initial angular position and specified angular rotation velocity parameters. The results received in the course of the research can be applied to decrease the measurement error of the angular rotation velocity of control moment gyroscope gyromotor suspension at different lifecycle stages. The presented methodology can be applied to assess the measurement error of the mean angular rotation velocity of any electric drive that includes an angular sensor for which it is possible to divide its angular position measurement error into systematic harmonics.*

**Control moment gyroscope, electric drive, angular rotation velocity, measurement error of angular rotation velocity, induction angle sensor, measurement error of angular position**

---

УДК 519.7+681.51

Т. Л. Качанова, Б. Ф. Фомин, О. Б. Фомин  
*Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)*

## Информационный ресурс знания об открытых системах (аналитический обзор)

*Открытые системы заданы эмпирическими описаниями, полученными из больших массивов полимодальных гетерогенных данных. Система с сотнями и тысячами показателей исходно представлена как «система в данных» и как «система в отношениях». Систему, представленную в таких форматах, детально характеризуют ее эмпирический, статистический и структурный портреты. Система в данных, система в отношениях, эмпирический, статистический и структурный портреты системы, взятые вместе, образуют исходный эмпирический контекст системы. Физика систем на основе эмпирического контекста реализует процесс познания, научного понимания и рационального объяснения онтологии открытой системы. Правильность, полнота и завершенность онтологического знания оцениваются в результате исследования его аксиологии и создания ресурсов знания о системе. Информационный ресурс знания характеризует систему как оформленный эмпирический факт. Интеллектуальный, когнитивный и технологический ресурсы знания характеризуют систему как оформленный, понятый, воплощенный смысл и оценивают степень научного понимания и рационального объяснения онтологии системы. Статья посвящена информационному ресурсу, его роли и значимости в процессе познания, понимания и объяснения онтологии, анализе ценности (правильности, завершенности, полноты) полученного знания об онтологии системы, важности требований полноты и представительности исходного эмпирического контекста системы.*

**Физика открытых систем, ресурсы системного знания, знание об онтологии систем, познание онтологии систем, научное понимание онтологии систем, рациональное объяснение онтологии систем, ценность знания об онтологии систем**

**Видение системы.** Физика открытых систем (ФОС) изучает природные, общественные, антропогенные, киберфизические и сложные технические открытые системы, исходно заданные эм-

---

пирическими описаниями с сотнями и тысячами показателей, полученными из больших массивов полимодальных гетерогенных данных, накопленных эмпирической наукой. Первым и главным условием ФОС является правильное видение системы и построение ее полного представительного эмпирического описания в актуальных состояниях. Физика открытых систем создает исходный эмпирический контекст системы на базе уже имеющегося знания (теоретического, эмпирического, экспертного). При построении эмпирического контекста открытой системы ФОС выходит за рамки ограниченного смысла и частного значения, стремится охватить систему целиком в ее естественном масштабе и реальной сложности, выразить во множестве фактов и обстоятельств, характеризующих ее свойства, состояния и изменения.

Видение системы исходно определяют:

– *образующие*: система в ее состояниях, внешняя среда (окружение) системы, ограничения (условия обособления системы);

– *сегменты*: предметные срезы системы (аспекты и ракурсы видения системы, ее окружения и ограничений);

– *носитель*: объект реального мира, доступный для многократных наблюдений актуальных состояний системы. Через носитель система проявляет себя на контролируемых интервалах времени и/или пространства во множестве своих состояний и отношений с внешней средой при определенных условиях и ограничениях. Через носитель сущность системы проявляется и объективируется в полном и неискаженном виде в накопленных массивах полимодальных гетерогенных эмпирических данных;

– *единичный объект наблюдения (ЕОН)*: экземпляр носителя, задает проявление какого-то одного конкретного актуального состояния системы. Представительное (насколько возможно) множество ЕОН выполняет миссию носителя и в идеале актуализирует систему в ее состояниях и изменениях;

– *единый набор атрибутов (ЕНА)*: сформирован для единообразного описания всех актуальных состояний системы максимальным (насколько это возможно) количеством первичных признаков-свойств. Каждый такой признак проявляет вовне какое-то свойство системы или характеризует свойство ее окружения. Условие максимального количества первичных признаков – требование полноты проявления системы на уровне факта.

Понятие «*атрибут*» – ключевое в исходном контексте системы. Через это понятие система в состояниях определяется и актуализируется во множестве всех ее проявленных свойств. Каждый атрибут:

– имеет уникальное символическое имя, полное наименование, предметный комментарий;

– принадлежит к какой-то образующей и какому-то одному конкретному сегменту контекста системы;

– характеризуется способом означивания (измерения, наблюдения, вычисления) и шкалирования;

– представлен методом его определения на уровне факта; при актуализации состояний системы представлен выборочной совокупностью своих значений.

**Система в данных.** Открытая система в естественном масштабе и реальной сложности исходно задана вместе с ее окружением как «*система в данных*». Форматом представления системы служит *таблица «объект–свойство»*. Каждая строка таблицы (*объект*) – одно отдельно взятое *актуальное* состояние системы с учетом ее окружения. Количество строк (десятки, сотни, тысячи) – *представительное* выборочное множество актуальных состояний системы. Каждый столбец таблицы (*свойство*) – показатель с уникальным именем, характеризующий какой-то атрибут системы или ее окружения. Количество столбцов (десятки, сотни, тысячи) – *полный* (насколько возможно) *набор* признаков-свойств системы.

«Система в данных» – *эмпирическое описание* системы. В этой форме представления система в целом объективно проявлена во множестве ее актуальных состояний через *целокупность* значений величин, исходно определяющих *пространство признаков-свойств* системы с учетом ее окружения, ограничений и условий обособления.

**Эмпирический портрет.** Этот портрет отражает общие внешние особенности исходного представления системы как «системы в данных»:

– *эмпирическое описание системы* – представление системы в актуальных состояниях таблицей «объект–свойство»;

– *гетерогенная природа системы* – познание сложности системы основано на исследовании изменчивости эмпирических данных таблицы «объект–свойство», определенных на количественных и качественных шкалах;

– *пространство признаков системы* – координаты пространства (показатели состояния системы). Каждый показатель представлен выбо-

рочным распределением его значений. Метрика пространства не определена. Точки пространства (бесструктурные сущности) характеризуют многообразие типичных и особых актуальных состояний системы;

– *ЕОН* (строка таблицы «объект–свойство») – одно актуальное состояние системы (экземпляр носителя системы), вектор наблюдаемых (измеряемых) и производных (вычисляемых) величин, входящих в состав сегментов всех образующих «системы в данных»;

– *свойство* (столбец таблицы «объект–свойство») – отдельно взятый показатель ЕОН (атрибут, выражающий какое-то определенное свойство системы);

– *форма выражения* свойства – тип данного, для которого допустимо преобразование наблюдаемой величины в ее количественное представление путем измерения, кодирования и вычисления. Кодирование – преобразование исходной эмпирической информации в числовую форму, арифметизация значений именованных величин. Упорядочение – задание порядка значений каждого атрибута ЕОН, измеряемого на интервальной, порядковой или номинальной шкале. Направление порядка роли не играет;

– *ячейка* таблицы «объект–свойство» – значение конкретного атрибута ЕОН в конкретном актуальном состоянии системы;

– *значение данного* – число, выражающее конкретное проявление отдельно взятого атрибута ЕОН;

– *производная величина* – атрибут ЕОН, вычисляемый на базе исходных наблюдаемых (измеряемых) атрибутов ЕОН;

– *шкалы измерения атрибутов ЕОН* – не ниже порядковой.

Эмпирическое описание характеризуют:

– образующие и сегменты системы;

– носитель системы, представительное множество ЕОН, единая база проявления системы в актуальных состояниях, ЕНА, шкалы измерения показателей (метрические, ранговые, номинальные);

– полнота признаков системы и представительность проявления системы в пространстве ее признаков;

– распределение признаков по образующим и сегментам системы;

– пропуски значений показателей в строках и столбцах таблицы «объект–свойство»;

– распределение пропусков по образующим и сегментам системы.

**Статистический портрет.** Этот портрет «системы в данных» интегрально характеризует ее изменчивость через измеряемые (наблюдаемые), вычисляемые (производные) показатели состояния и показатели окружения системы [1]:

– показатели с неизменяющимися значениями и малой изменчивостью;

– распределение показателей по образующим и сегментам, по видам шкал измерения;

– способы упорядочения и арифметизации неколичественных шкал измерения показателей;

– показатели с большой (малой) интенсивностью вариации, показатели с аномальными значениями, нормально распределенные показатели;

– дескриптивные статистики выборочных распределений значений показателей;

– оценки группирования данных, показатели с неравномерной группировкой.

Элементы «системы в данных» – ее показатели. Определяющим свойством системы является *единораздельная цельность* всех ее элементов. Представление системы как единого целого требует расширения контекста системы на уровне факта.

Статистическому анализу подвергаются: унимодальные и полимодальные выборочные распределения, табулируемые<sup>1</sup> распределения частот значений показателей, измеренных на номинальных или порядковых шкалах с небольшим числом уровней значений.

В состав статистических характеристик входят [1]:

– минимальное и максимальное значения показателей, мода, размах;

– функция распределения, плотность распределения, кривая распределения;

– среднее арифметическое, дисперсия, среднее квадратическое отклонение, стандартная ошибка среднего;

– коэффициент вариации, асимметрия, эксцесс;

– аномальные выбросы, способы обнаружения выбросов;

– критерии проверки нормальности;

– группирование, варианты группирования (метод равных интервалов, метод равных частот, выбор границ интервалов значений), интервал группировки, количество интервалов группировки, частота значений, накопленная частота;

– квантиль, медиана, квартиль (нижняя и верхняя);

<sup>1</sup> Табулирование – определение частоты встречаемости в выборке каждого значения показателя.

– группирование по методу равных частот (для интервальных показателей) создает основу для анализа статистических взаимосвязей между показателями; служит базой для количественной оценки уровней значений величин;

– результат группирования данных – таблица, содержащая объем выборки, количество групп, минимальное и максимальное значения, медиану, нижнюю и верхнюю квартили каждого интервального показателя;

– таблица группирования данных – представление распределения значений категориальных (номинальных) показателей в выборке;

– гистограмма, полигон частот, полигон накопленных частот;

– величина показателя (малая) – диапазон значений показателя, у которого нижняя граница совпадает с минимальным значением, а верхняя устанавливается равной нижней квартили распределения;

– величина показателя (большая) – диапазон значений показателя, у которого нижняя граница устанавливается равной верхней квартили распределения, а верхняя совпадает с максимальным значением.

**Система в отношениях.** «Система в отношениях» получена из «системы в данных» путем выявления и атрибуции полного множества актуализированных *парных связей* между всеми показателями системы. Формат представления «системы в отношениях» – *граф связей* (ГС) [1]–[3]. Вершины ГС – показатели «системы в данных». Ребра ГС – парные статистические неориентированные связи между показателями «системы в данных».

*Парная связь* – простейшая форма передачи наиболее существенного и общего, присущего системе, носитель внутрисистемных взаимодействий, основа для раскрытия многомерных внутрисистемных отношений. Каждая парная связь:

– рассматривается *независимо* и является смысловой частью системы в целом;

– задается *двухмерным* выборочным распределением значений каких-то двух (любых) показателей «системы в данных»; в эмпирическом и статистическом портретах «системы в данных» все показатели считаются *независимыми*;

– по-своему представляет систему, актуализирует внутрисистемное взаимодействие пары переменных и характеризует его через атрибуты: *знак связи* (доминанта совместной типичной изменчивости показателей); *форма связи* (статистические оценки значимости, тесноты (силы), монотонности и сложности связи) [1].

Помимо парных связей «систему в отношениях» характеризуют структурные элементы ГС: *звездные графы* – частичные подграфы ГС с выделенной центральной вершиной; *двухслойные графы* – двухдольные подграфы ГС с выделенной центральной вершиной; *ГС* – утверждает систему как целое через атрибуты, характеризующие плотность, связность и сбалансированность ГС [1].

Каждый звездный подграф ГС отражает многовидность изменчивости центральной вершины подграфа, выявляет границы ее количественно-смысловой активности. Главный атрибут звездного графа – *степень* центральной вершины. Через этот атрибут оцениваются полнота и представительность эмпирического описания системы, характеризуются информативность и существенность центральной вершины.

Каждый двухслойный подграф ГС – локация неоднородности системы, выявляет единственность (множественность) механизмов изменчивости системы, не раскрывая их законченного смыслового оформления. *Сбалансированный* двухслойный подграф фиксирует согласованную изменчивость всех своих вершин-показателей и объясняет изменчивость своей центральной вершины одним внутрисистемным механизмом. *Несбалансированный* двухслойный подграф указывает на невозможность объяснения изменчивости центральной вершины одним единственным механизмом [1].

«Система в отношениях» – формат, в котором система представлена как единое целое ее *внешним абстрактным схемным образом*. В этом формате представления проявлены *изменчивость* и *гетерогенность* системы. Сущность системы при этом остается нераскрытой.

**Структурный портрет.** «Систему в отношениях» характеризует *структурный портрет*. В нем приведены интегральные оценки качества форм выражения и полноты проявления сущности системы на уровне факта. Оценки получены для «*считаемых величин*», характеризующих:

- множества различных видов парных связей:
  - численность статистически значимых связей,
  - количество статистически значимых связей по информационной мере,
  - количество статистически значимых связей по разным мерам непараметрических статистик,
  - число неустановленных связей (мало данных),
  - численность множеств положительных, отрицательных, неопределенных связей,
  - количество сильных связей,
  - количество монотонных и сложных связей;

- множество *звездных* подграфов ГС:
  - всего звездных подграфов,
  - минимальная, средняя, максимальная степени центральных вершин подграфов,
  - количество подобных подграфов;
- множество *двухслойных* подграфов ГС:
  - всего двухслойных подграфов,
  - минимальная, средняя, максимальная степени центральных вершин двухслойных подграфов,
  - количество сбалансированных двухслойных подграфов,
    - количество сбалансированных связных двухслойных подграфов,
    - численность множеств сбалансированных двухслойных подграфов с 1–4 компонентами связности,
    - количество противоречивых ребер двухслойных подграфов,
    - количество 3-циклов (треугольников) двухслойных подграфов,
    - количество противоречивых 3-циклов двухслойных подграфов (треугольников противоречий),
    - число вхождений вершин в треугольники,
    - число вхождений вершин в треугольники противоречий.

Абстрактный схемный образ системы как одно целое характеризуют оценки ГС:

- несвязность;
- блоки, мосты, точки сочленения (система как целое не проявлена в ее эмпирическом описании);
- малая плотность (система гетерогенна и/или недостаточно отражена в имеющемся эмпирическом описании);
- знаковый баланс (система актуализирована как целое);
- нарушение знакового баланса (система как целое не актуализирована).

**Эмпирический контекст системы.** Эмпирический контекст образуют: «система в данных» (целокупность показателей-признаков системы в целом), а также ее эмпирический и статистический портреты; «система в отношениях» (абстрактный схемный образ системы в целом) и ее структурный портрет.

«Систему в данных» характеризуют ее эмпирический и статистический портреты. Индикаторы (*актуальные состояния*) эмпирического портрета оценивают с общих позиций полноту и представительность множества актуальных состояний системы. Индикаторы (*показатели*) статистического портрета отображают общие статистиче-

ские свойства системы. «Систему в отношениях» характеризует ее структурный портрет. Индикаторы (*парные связи*) структурного портрета отображают в общем виде свойства характерных структур абстрактного схемного образа системы.

При разработке эмпирического контекста ключевым вопросом является обоснование существования в реальном мире носителя информации о системе, способного стать базовым понятием онтологии систем. ФОС определяет и применяет в качестве такого носителя *синглет* – первоэлемент (индикатор) *системных портретов*, совокупность которых разрешает конфликт между проявлениями системы вовне как *факт* эмпирической реальности и внутренней сложностью системы *в мире ее смыслов*.

Сущностное знание о системе не может быть получено в чистом виде и научно понято на эмпирическом уровне. Для этого необходимо теоретическое знание. Эмпирический и теоретический уровни знания имеют *разные онтологии*. Между ними нет логического моста. Научные теории не могут быть логически выведены из эмпирического опыта. В свою очередь, эмпирически проверяемые следствия не могут быть логически выведены из научных теорий. Выводятся теоретические следствия, которые затем *внелогическим* путем могут быть идентифицированы с определенными эмпирическими высказываниями и подвергнуты проверке опытом [4].

Проблема взаимосвязи теоретического и эмпирического знаний – *отождествление* теоретических и эмпирических терминов, теоретических и эмпирических объектов. Проблема решается путем эмпирической интерпретации теории, введения определений терминов *теоретического языка в терминах эмпирического языка, и наоборот* [5]–[7].

**Ресурсы системного знания.** ФОС получает правильное, полное, завершенное знание об онтологии системы при условии *полноты* и *представительности* эмпирического контекста [8]. На практике это условие трудно выполнить, однако при его нарушении ФОС получает *правильное, но неполное, незавершенное* знание об онтологии системы. Поэтому ФОС в полном объеме исследует ценностные аспекты полученного онтологического знания [9].

ФОС извлекает знание об онтологии открытых систем из эмпирических данных в результате *когнитивного процесса*, включающего этапы *познания*, научного *понимания* и рационального

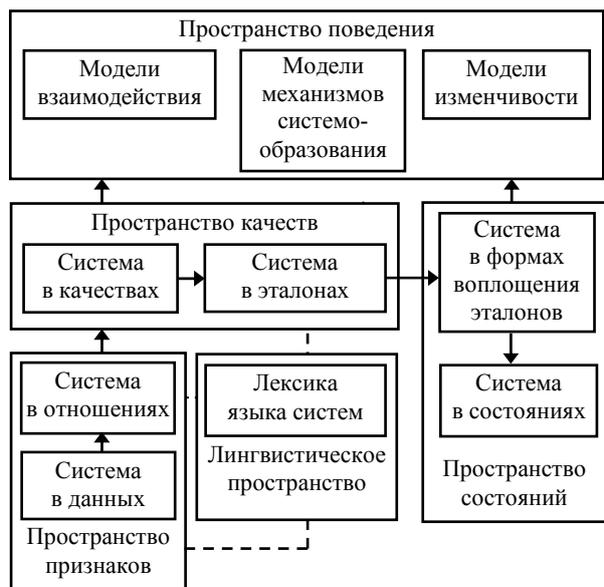


Рис. 1

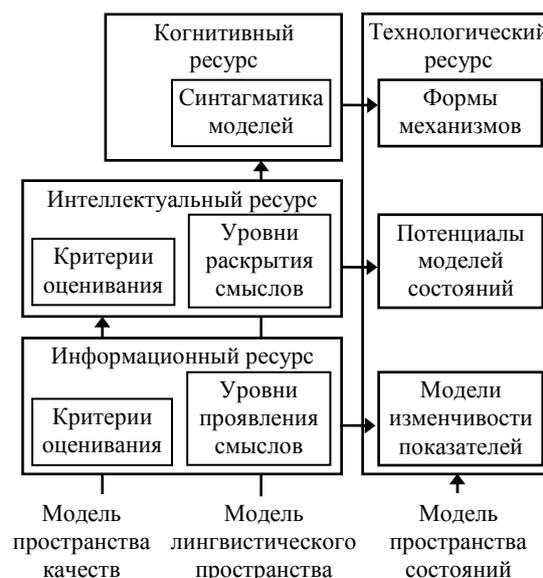


Рис. 2

объяснения, используя при этом понятия, модели и формы представления системы в целом, определенные в пространстве признаков, пространстве качеств, лингвистическом пространстве, пространстве состояний и пространстве поведения системы (рис. 1). Онтологическое знание о системе характеризуют информационный, интеллектуальный, когнитивный и технологический ресурсы знания, полученные ФОС (рис. 2).

На уровне факта система в целом представлена в пространстве признаков ее эмпирическим контекстом, выражающим только внешнее знание о системе. На уровне смысла система в целом представлена в пространстве качеств, лингвистическом пространстве, пространстве состояний и пространстве поведения. В пространстве качеств система представлена как «система в качествах» и как «система в эталонах». Эти представления системы характеризуются, соответственно, интеллектуальным и когнитивным ресурсами знания. В лингвистическом пространстве система в целом, в частях и в конкретных элементах представлена внешним и внешневнутренним знанием, которое на уровнях коммуникации и референции языка систем становится словами, понятиями, качествами понятий, содержательными оценками качеств понятий, а на уровне детерминации – количественными оценками качеств, понятий и слов языка систем. В пространстве состояний ФОС представляет систему в целом как «систему в формах воплощения эталонов» и как «систему в состояниях».

В пространстве поведения система в целом представлена моделями взаимодействия, систе-

мообразования и изменчивости. Уже в конце 1990-х ФОС получила базовые модели внутрисистемных взаимодействий в условиях неравновесия. Разработка научной теории базовых видов взаимодействий в то время была отложена до построения основ теории равновесных состояний открытых систем. Сейчас такая теория в основном построена. На ее базе создается теория изменчивости системы в целом в условиях неравновесных ограничений и метастабильности. Теперь – это важнейшая задача ФОС [10], [11]. В данной статье модели открытых систем в пространстве поведения и анализ ценности моделей эмпирического контекста системы в этом пространстве не исследуются.

Информационный ресурс передает системное знание через категорию «Внешнее». Критерии оценивания являются прямыми характеристиками объектов пространства качеств системы на двух уровнях онтологического знания – знания об эмпирическом факте и знания о системном смысле факта. Уровни проявления смыслов дают семантические оценки эмпирического факта на базе объектов лингвистического пространства системы с позиций способности факта выступать носителем системного смысла.

Интеллектуальный ресурс формируется на основе тех же моделей системы, что и информационный, но раскрывает системное знание через категорию «Внешне-внутреннее». Он включает семейства формальных моделей собственных качеств системы и моделей взаимодействия собственных качеств. Критерии оценивания непосредственно характеризуют системный уро-

вень онтологического знания о пространстве качеств. На уровне раскрытия смыслов порождаются семы языка систем, расширяющие лингвистическое пространство новыми смыслами и оценками.

*Когнитивный* ресурс характеризует системное знание в категории «*Внутреннее*». Он содержит наборы элементов, обеспечивающих создание конструктивно определенных форматов когнитивных схем внутрисистемных механизмов. Целью его создания является научное понимание глубинных механизмов системогенеза, предикатные формы которых получены в лингвистической модели. Инструментом понимания выступают критерии порядков, порождаемых на базе предикатных форм. Эти критерии устанавливают синтагматические отношения, раскрывающие смыслы внутрисистемных механизмов во внешних форматах.

*Технологический* ресурс характеризует системное знание в категории «*Внутреннее*» в плане его применения для доказательного рационального объяснения состояний и поведения системы в эмпирической реальности. Он охватывает модели состояний и свойств системы в целом. Модели изменчивости показателей содержат атрибуты показателей, раскрывающие их системную функцию во всех аспектах для всех качеств и состояний системы как целого. Потенциалы моделей состояний характеризуют: завершенность синтеза системного смысла и факта в аспекте качеств системы через оценки особенностей проявления каждого качества; полноту и законченность реконструкций состояний в оценках влияния дефектов эмпирического описания, ограничений, связанных с эффектами воздействий, стабильности состояний. Формы механизмов описывают внутрисистемные процессы, ответственные за изменчивость показателей, формирование и эволюцию состояний, через атрибуты их определенности, доминантности, реактивности.

ФОС получает научно достоверное онтологическое знание о системе, признаками которого служат: истинность, предметность, определенность, конкретность, логическая доказательность, проверяемость, теоретическая и эмпирическая обоснованность, применимость. *Когнитивный процесс* познания, научного понимания и рационального объяснения онтологии открытых систем реализуют технологии системных реконструкций (ТСР), системной экспертизы (ТСЭ) и системного дизайна (ТСД). Каждая из этих технологий обращается к определенному целевому понятию

ФОС, выражающему главный вопрос на соответствующем этапе когнитивного процесса. Такими понятиями являются: *качества системы* (для ТСР), *язык систем* (для ТСЭ), *модели состояний системы* (для ТСД).

Понятия и методы ФОС универсальны. Технологии ФОС раскрывают ключевые аспекты онтологии системы через вычисляемые объекты (модели, атрибуты, слова, понятия, качества понятий, состояния, свойства), принимающие в каждой исследуемой системе конкретный вид. Модель исследования аксиологии онтологического знания отвечает понятиям *определенность, упорядоченность, объясненность*, выражающим, соответственно, ценность знания о системе в целом, в частях, в конкретных элементах (рис. 3) [9].

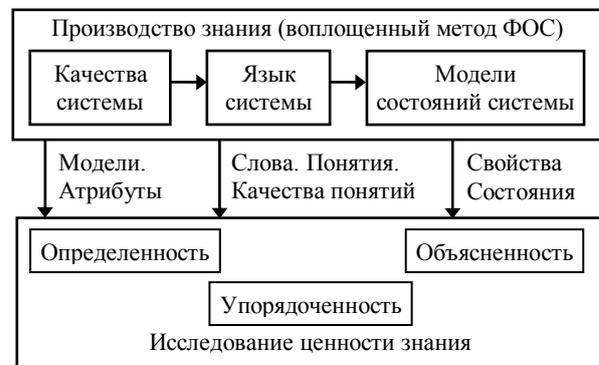


Рис. 3

Аксиология – неотъемлемый момент производства системного знания [12], [13]. Онтологическое знание в оценках его *ценности* производит квалиметрический компонент ФОС. Онтологическое знание образуют различные формы представления системы, раскрывающие ее существенные элементы и отношения. В состав аксиологического знания входят: ценности форм представления системы; идеалы и нормы этих форм; шкалы измерения и процедуры оценивания ценностей; оценки ценностей. Оценки обеспечивают проверку правильности и полноты системного знания. На их базе формируются и выполняются улучшающие изменения форм представления системы. Оценки также могут быть использованы для выработки рекомендаций по совершенствованию исходного эмпирического контекста системы.

Квалиметрический компонент, осуществляющий генерацию аксиологического знания, описывается по единой схеме через шесть образующих: модель элемента квалиметрического компонента; ценность знания; оценивание; идеалы (нормы, образцы); оценки, шкалы оценок; шаб-

лоны нормативных отчетов. Модели элементов «Определенность», «Упорядоченность», «Объясненность» квалитетического компонента ФОС объясняют получение ценностных суждений относительно элементов онтологического знания, полученных ТСР, ТСЭ, ТСД.

**Информационный ресурс знания.** Информационный ресурс знания характеризует способность системы, представленной ее эмпирическим контекстом, выражать свою сущность в полном и завершеном виде. Информационный ресурс раскрывает потенциал эмпирического контекста системы, отвечающего (в пределах возможного) условиям полноты и представительности, служит базой познания, научного понимания и рационального объяснения общей онтологии системы. Этот потенциал характеризуется оценками качеств понятий языка систем, полученными на основе элементов символического знания онтологии системы, количественными формами понятий и слов языка и ценностями категорий системного знания.

Информационный ресурс знания определяет и использует характеристики, отражающие степень пригодности конкретной информации (об актуальных состояниях системы, о показателях и бинарных связях показателей) для постижения сущности исследуемой системы и генерации научно-достоверного знания о свойствах и закономерностях системы.

Информационный ресурс знания есть совокупность оценочных моментов двух форм представления системы (система в данных; система в отношениях), аналитически исследованных на эмпирическом и системном уровнях.

На *эмпирическом* уровне по категории *показатели* вычисляются критерии, характеризующие (через особенности распределений значений показателей) каналы проявления сущности системы

во всех ее свойствах, аспектах, моментах и ракурсах. На этом же уровне по категории структуры отношений оцениваются парные связи показателей как прямые носители множественных внутрисистемных корреляций, наполненных внутрисистемным содержанием бинарных связей между показателями системы.

На *системном* уровне по категории «показатели» оценивается способность показателей: проявлять гетерогенную сущность системы через многообразие *системных ролей* показателей; выступать в качестве координат пространства собственных качеств системы. На этом же уровне по категории *структуры отношений* вычисляются значения критериев, характеризующих эмпирический факт в его способности раскрывать и выражать в абстрактных формах многокачественную сущность открытой системы.

Информационный ресурс представляет систему как *оформленный эмпирический факт*. Проблемные пространства ТСР и ТСЭ представлены на рис. 4 и 5 соответственно их ТехноКубами [1], [8], [9], [14], [15].

Знание о системе на уровне факта представлено в эмпирическом, статистическом и структурном портретах системы. *Эмпирический* портрет интегрально оценивает полноту и представительность описания «системы в данных». *Статистический* портрет представляет «систему в данных» как целокупность наблюдаемых переменных и оценивает ее сложность через изменчивость этих переменных. *Структурный* портрет представляет «систему в отношениях» через полное множество парных корреляций между показателями. Он содержит интегральные оценки форм выражения смыслов систем, рассматривает полноту и представительность эмпирического контекста системы с учетом негативного влияния

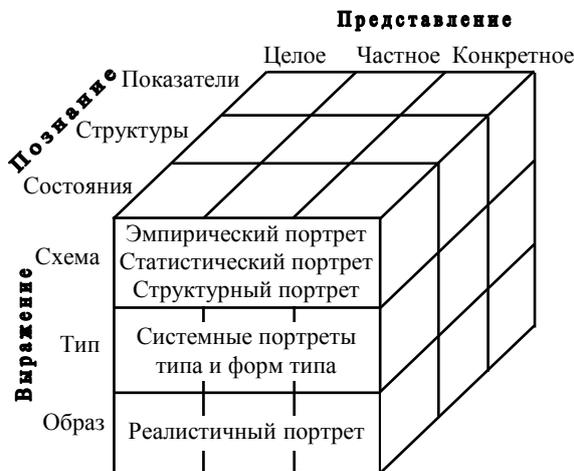


Рис. 4



Рис. 5

пропусков значений в выборочных распределениях показателей. В портрете представлены результаты аналитического исследования системы как оформленного эмпирического факта и оценки потенциала ГС в качестве базы познания внешне-внутреннего и внутреннего знания об онтологии системы, выраженного в символической форме.

Вертикальные срезы ТехноКуба ТСЭ образуют три темы языка систем: «*Качество знания*», «*Объем знания*», «*Суть знания*». В каждом тематическом срезе символическое знание об онтологии системы развернуто в плоскости двух координат «*Понимание*» × «*Общение*». Темы языка раскрывают знания о системе *в целом* («*Качество знания*»), *в частях целого* («*Объем знания*»), *в конкретных элементах целого* («*Суть знания*»). Каждую тему образуют три рубрики – сечения темы по категориям координаты «*Общение*». В состав каждой рубрики входят три слова. Каждое слово – сечение рубрики по конкретной категории координаты «*Понимание*». Язык систем дает полное знание об устройении лингвистического пространства и отраженного в нем пространства смыслов систем. Лингвистическое пространство языка систем включает три уровня отношений [6], [7]:

- уровень *коммуникации* (отношение между словами и понятиями языка);
- уровень *референции* (отношение между понятиями и качествами понятий языка);
- уровень *детерминации* (отношение между качествами понятий и оценками качеств понятий).

На уровнях коммуникации и референции содержательно-смысловые планы знания об онтологии системы получают завершенное научное определение. На уровне референции лексический состав языка обогащается качествами понятий и их содержательными оценками. Содержательные оценки качеств понятий порождают конструктивные определения оценок значений качеств понятий через отношения с элементами внешнего, внешне-внутреннего и внутреннего знаний о системе. На основе этих оценок осуществлена де-

терминация понятий, а затем детерминация слов языка систем. Решение проблемы денотации понятий и слов на уровне детерминации языка приводит к правилам количественного оформления качеств понятий, затем понятий и, в завершение всего, – слов языка систем.

Проблема формирования информационного ресурса знания связана с двумя индикаторами эмпирического контекста системы («*Показатель*» и «*Структура отношений*»). На рис. 6 показаны две рубрики темы «*Качество знания*»: *а* – «*Полнота проявления*»; *б* – «*Раскрываемость смысла*».

Рубрика «*Полнота проявления*» занимает в пространстве системной экспертизы область, в которой на основе предельно общих принципов выражен чистый смысл возможности проявления системы в целом как эмпирического факта. Смысл этой рубрики выражен категорией «*Информация*» координаты «*Общение*», взятой в основных моментах восприятия системы как факта эмпирической реальности через величины (слово «*Представительность*»), через отношения (слово «*Коррелятивность*»), через состояния (слово «*Осуществленность*»).

Рубрика «*Раскрываемость смысла*» оценивает возможности передачи характерных внутрисистемных закономерностей через внешние выразительные формы. В пространстве системной экспертизы эта рубрика представляет область, раскрывающую сущность системы как единого целого в ее самом существенном и определенном через категорию «*Равновесие*» координаты «*Общение*». Категория «*Равновесие*» включает три слова, через которые сущность системы раскрывается в своих главных моментах через *роли каналов детерминации* системы (слово «*Системная обусловленность*»), через *структурные инварианты* устойчивости и неподвижности смысла системы как целого (слово «*Выраженность смысла*»), через *типы и формы проявлений* состояний системы как смысла (слово «*Координированная раздельность*»).

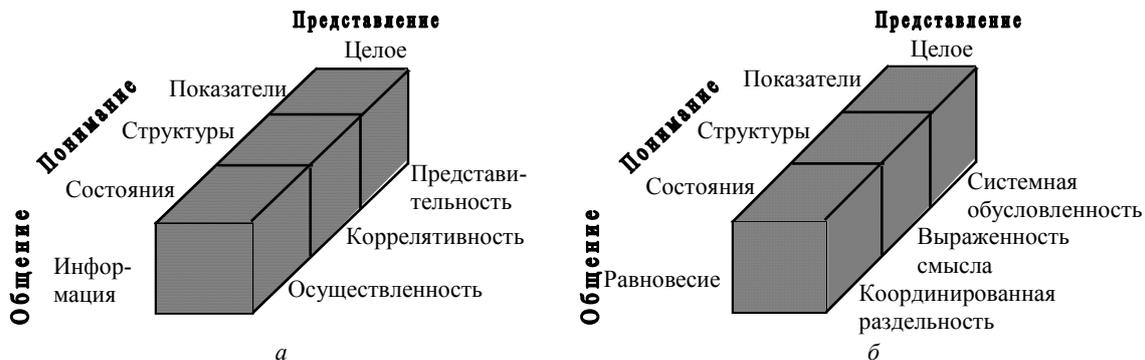


Рис. 6

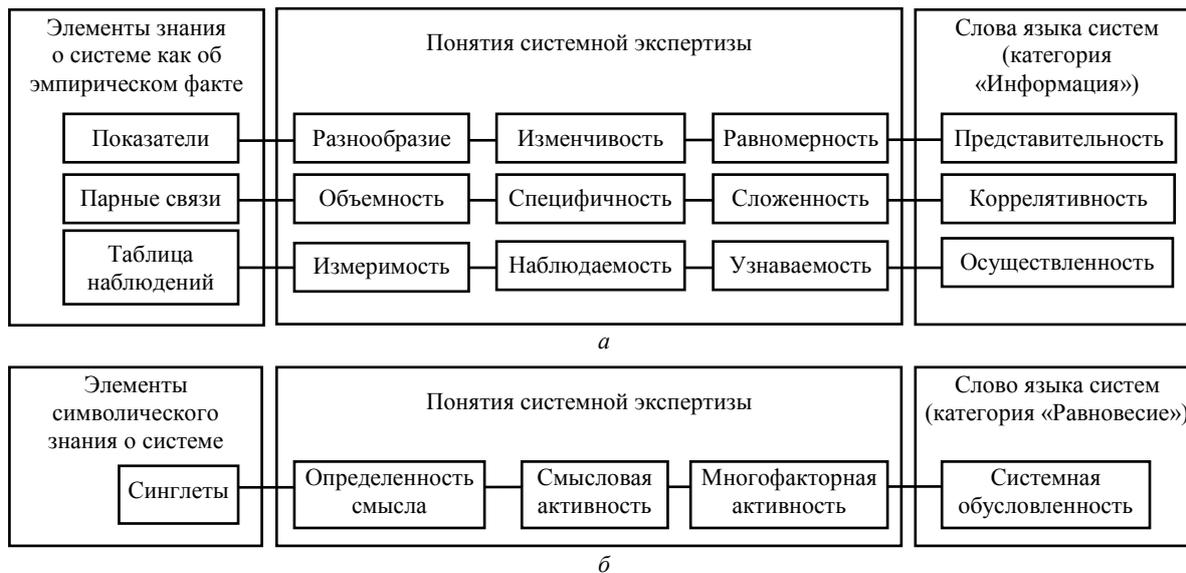


Рис. 7

Таблица 1

Слово	Понятие	Комментарий
<i>Представительность</i>	Разнообразие	Реальная сложность системы проявлена через подвижность, текучесть, многообразие ее изменчивости
	Изменчивость	Степень разнообразия системы в наблюдаемом факте проявлена через сопоставление и сравнение
	Равномерность	Влияние различных ограничений на непрерывность изменчивости системы интегрально выражено в общих оценках
<i>Коррелятивность</i>	Объемность	Сущность системы по-разному проявлена в разных срезах признакового пространства через внутрисистемные корреляции
	Специфичность	Сущность системы как некоторой цельности особым образом проявлена в разных срезах признакового пространства
	Сложенность	Внутренняя сложность и многокачественность системы явным образом проявлены через внутрисистемные корреляции
<i>Осуществленность</i>	Измеримость	Система проявляет свою сущность в определенных мерах и фактах
	Наблюдаемость	Система в полном масштабе проявляет свою сущность как единого целого, представленного в данных
	Узнаваемость	Система идентифицирует себя по внешним признакам как характерное, узнаваемое, обособляемое явление
<i>Системная обусловленность</i>	Определенность смысла	Свойство системы, в котором через первоэлементы сущности проявляется их способность принимать определенные смысловые формы, расположенные к ним по своей природе
	Смысловая активность	Свойство системы, характеризующее чисто смысловые данные, выражающие беспрепятственные действия первоэлементов в различных конкретно осуществленных формах, выражающих неизменность, неподвижность, устойчивость сущности системы
	Многофакторная активность	Свойство системы, означающие проявление способности первоэлементов передавать становление сущности (смысла) системы

В формировании информационного ресурса знания рубрика «Раскрываемость смысла» участвует только словом «Системная обусловленность», эмпирической базой которого являются синглеты – индикаторы системных портретов системы, разрешающие конфликт между проявлениями системы вовне как факта эмпирической реальности и внутренней сложностью системы в мире ее смыслов.

Схемы порождения слов «Представительность», «Коррелятивность», «Осуществленность»

рубрики «Полнота проявления» и слова «Системная обусловленность» рубрики «Раскрываемость смысла» даны, соответственно, на рис. 7, а и б.

Выражение через понятия смыслов слов, приведенных в схемах на рис. 7, представлены в табл. 1.

В формировании информационного ресурса знания также участвует рубрика «Детальность описания» тематического сечения «Объем знания» ТехноКуба ТСЭ (рис. 8).

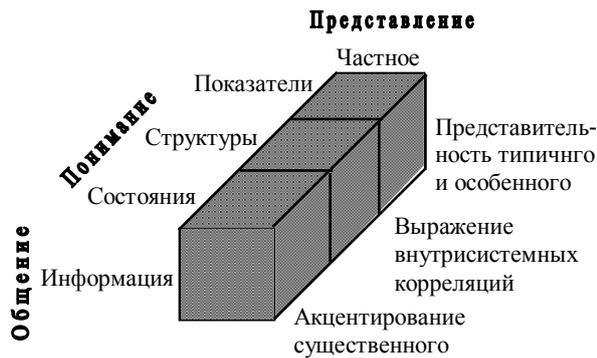


Рис. 8

Рубрика «Детальность описания» характеризует систему как факт эмпирической реальности, соотносенный с целью исследований. Эта рубрика задает частные схемы порождения слов по категориям координаты «Понимание» (рис. 9).

Данная рубрика занимает в пространстве системной экспертизы область, в которой категория «Информация» (координата «Общенье») определяет систему как целое, состоящее из частей, и воспринимает ее на уровне эмпирического факта. Каждое слово рубрики задают три понятия, объясняющие эмпирический факт с трех точек зрения. Первая точка зрения – осмысление факта как изменяющихся значений величин (слово «Представительность типичного и особенного»). Вторая точка зрения – раскрытие факта через особенности парных взаимозависимостей величин (слово «Выражение внутрисистемных корреляций»). Третья точка зрения – выделение в факте моментов, существенных для понимания системной проблемы (слово «Акцентирование существенного»). Выражения смыслов слов рубрики через понятия приведены в табл. 2.

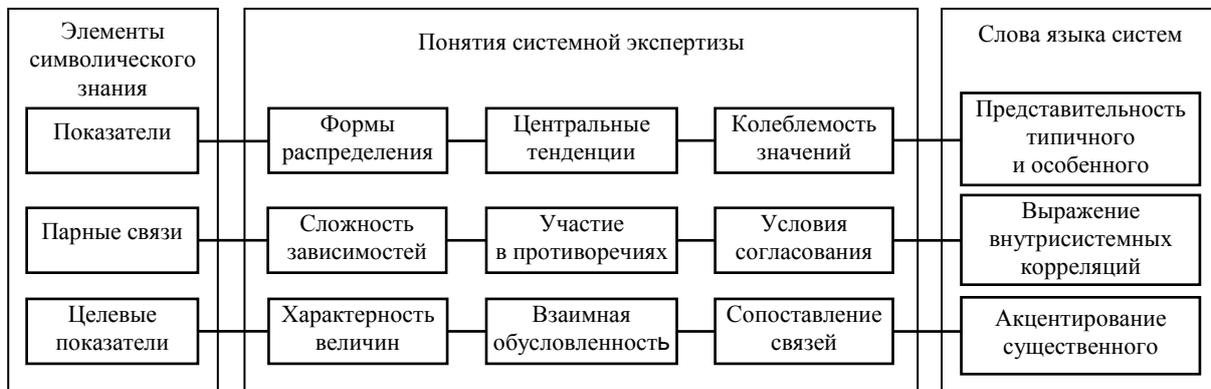


Рис. 9

Таблица 2

Слово	Понятие	Комментарий
<i>Представительность типичного и особенного</i>	Формы распределения	Свойство системы проявлять свое характерное и особенное через определенным образом оформленное разнообразие значений наблюдаемых величин
	Центральные тенденции	Свойство системы выражать свое типическое как способность представлять вонне свою сущность через воспроизводимость факта
	Колеблемость значений	Свойство системы отображать в наблюдаемом факте многообразие проявлений своей сущности, воплощаемой в разных условиях и обстоятельствах
<i>Выражение внутрисистемных корреляций</i>	Сложность зависимостей	Свойство системы, раскрывающее ее способность демонстрировать вонне через каждый канал наблюдения степень определенности и силу проявления ее сущности
	Участие в противоречиях	Свойство системы, определяющее ее способность свидетельствовать вонне о единстве своей сущности
	Условия согласования	Свойство системы, благодаря которому объективируется степень ее сложности через возможность достижения единства сущности системы в его внешних формах
<i>Акцентирование существенного</i>	Характерность величин	Свойство системы, раскрывающее ее способность к внешнему проявлению своей сущности через характерные уровни целевых показателей
	Взаимная обусловленность	Свойство системы, в котором обозначается ее способность к выражению своей сущности через корреляции с целевыми показателями
	Сопоставление связей	Свойство системы ограничивать и фиксировать представление системной проблемы в признаковом пространстве

Свойства системы, выраженные информационным ресурсом знания, проявлены:

– в словах «Представительность», «Коррелятивность», «Осуществленность» рубрики «Полнота проявления» темы «Качество знания»;

– в слове «Системная обусловленность» рубрики «Раскрываемость смысла» темы «Качество знания»;

– в словах «Представительность типичного и особенного», «Выражение внутрисистемных корреляций», «Акцентирование существенного» рубрики «Детальность описания» темы «Объем знания».

Система присутствует в каждом слове языка в каком-то одном определенном смысловом аспекте, в котором она воспринимается как идеальное понятие. Содержание каждого такого понятия распространяется на все конкретные системы реального мира. Степень интенсивности проявления каждого смыслового аспекта системы различна для разных реальных систем. Наряду с оценением слов и понятий системная экспертиза вводит для всякой конкретной системы меры ее близости к идеальному образу системы в заданном аспекте ее понимания. По значениям этих мер можно судить о завершенности процесса понимания сложности системы во всех существенных моментах этого процесса (рис. 10).

Слова языка порождают первый и второй информационные ранги показателей, характеризующие, соответственно, эмпирическую весомость и статистическую однородность показателей системы. На базе каждого из этих рангов выявляются группы сильных и слабых показателей. На базе оценок 1-го информационного ранга и количественной оценки смысла слова «Системная

обусловленность» вычислены оценки потенциала адекватности выражения эмпирической весомости показателей. На базе оценок 2-го информационного ранга и количественной оценки проявленности смысла слова «Акцентирование существенного» получены значения потенциала адекватности выражения однородности показателей системы.

$\Psi(a, b, c)$  – эмпирическая весомость показателя системы – интегральная количественная мера, где  $a, b, c$  – количественные оценки слов «Представительность»; «Коррелятивность», «Осуществленность» соответственно.

$\Omega(\Psi)$  – первый информационный ранг показателя – мера, на основе которой определены сильные и слабые показатели. Показатели в сильных и слабых группах упорядочены по убыванию значения первого информационного ранга. Сильные показатели ( $C$ ) – имеют значение первого информационного ранга в первой и второй квартилях распределения значений функции  $\Omega(\Psi)$ , слабые показатели – в третьей и четвертой квартилях распределения.

$P(\Psi(a, b, c), d)$  – потенциал адекватности выражения эмпирической весомости  $\Psi(a, b, c)$  – количественная мера, где  $d$  – количественная оценка слова «Системная обусловленность». Потенциал адекватности выражения эмпирической весомости показателя образует множество подмножеств показателей с первым информационным рангом:

$$\Pi/V_p \cup \Pi/CP_p \cup \Pi/H_p \cup H/V_p \cup H/CP_p \cup H/H_p \cup HГ/V_p \cup HГ/CP_p \cup HГ/H_p,$$

где  $\Pi$  – положительный;  $H$  – нейтральный;  $HГ$  – негативный потенциалы адекватности отображе-

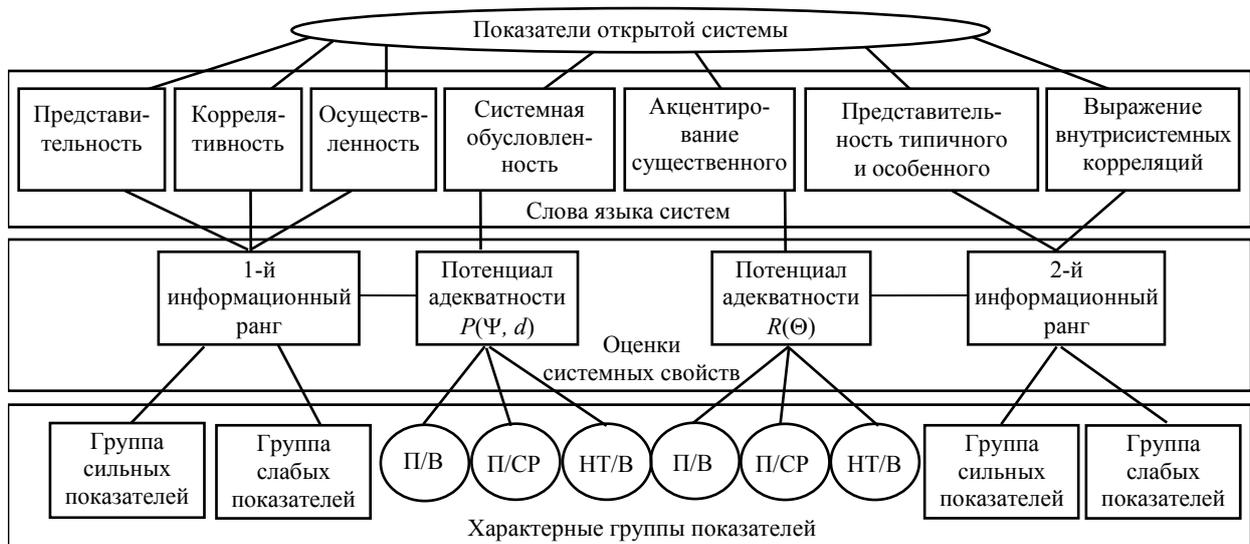


Рис. 10

ния эмпирической весомости показателя;  $V_R$  – высокий;  $CP_R$  – средний;  $H_R$  – низкий уровни значений первого информационного ранга.

$\Theta(e, f)$  – статистическая однородность актуальных значений показателя, где  $e$  – количественная оценка слова «Представительность типичного и особенного»;  $f$  – количественная оценка слова «Выражение внутрисистемных корреляций».

Второй информационный ранг показателя – мера  $\Theta(e, f)$ , на ее основе определены сильные и слабые показатели. Показатели в сильных и слабых группах упорядочены по убыванию второго информационного ранга. Сильные показатели ( $C$ ) – имеют значение второго информационного ранга в первой и второй квартилях распределения значений функции  $\Theta(e, f)$ . Слабые показатели имеют значение второго информационного ранга в третьей и четвертой квартилях распределения  $\Theta(e, f)$ .

$R(\Theta(e, f))$  – потенциал адекватности выражения второго информационного ранга – количественная мера, образующая множество подмножеств показателей:

$$\begin{aligned} & \Pi/V_R \cup \Pi/CP_R \cup \Pi/H_R \cup \text{HT}/V_R \cup \text{HT}/CP_R \cup \\ & \cup \text{HT}/H_R \cup \text{HГ}/V_R \cup \text{HГ}/CP_R \cup \text{HГ}/H_R, \end{aligned}$$

где  $\Pi$  – положительный;  $\text{HT}$  – нейтральный;  $\text{HГ}$  – негативный потенциалы адекватности отображения второго информационного ранга;  $V_R$ ,  $CP_R$ ,  $H_R$  – высокий, средний, низкий уровни значений второго информационного ранга.

**Аксиология знания.** Полнота и завершенность информационного ресурса – основополагающие требования ФОС. Их выполнение гарантирует:

– адекватность символического знания об онтологии системы (выражено в представлениях системы в форматах «система в качествах» и «модели взаимодействий»), что обеспечивает полноту и законченность интеллектуального ресурса знания;

– правильность и завершенность научного понимания онтологии системы (выражены через представление системы в формате «система в эталонах»), что обеспечивает полноту и законченность когнитивного ресурса знания;

– правильность, полноту и завершенность рационального объяснения онтологии системы (выражены представлениями системы в форматах «система в формах воплощения эталонов», «система в состояниях»), что обеспечивает высокое качество технологического ресурса знания.

Знание характеризуют *формальная правильность* и *ценность*. Отношение правильности возникает между *представлением об объекте* и *самим объектом*. Оно отражает процессы познания, понимания и объяснения и выражается в абстрактном описании. При познавательном подходе знание о системе выявляется *само по себе, как таковое*, в его собственных измерениях. В чистом виде знание не имеет ценностной ориентации. Как ценность оно актуализируется в контексте конкретной системы [9], [16]–[17].

При ценностно-оценочном подходе выявляется отношение к знанию. Оценочные суждения имеют момент долженствования; в них заключены требования «быть правильным» и «быть полезным». Правильность и ценность знания противостоят одно другому, дополняют одно другое, не сводятся одно к другому. Ценность определяет *значимость* знания. Отношения ценности отграничивают значимое и существенное знание от незначимого и несущественного, разделяют сущее и должное, реальное и идеальное знания [9].

Оценочные суждения запускают цикл улучшений, включающий: оценивание с позиций единства системы; выявление несоответствий идеалам; принятие решений по повышению ценности и модификацию форм представления системы. Цикл улучшений встроен в процесс познания. Его задачей является приведение всех форм представления системы к виду, максимально приближенному к идеальному образу конкретной системы, если эти формы представления имеют потенциал улучшения. В противном случае вырабатываются рекомендации по развитию эмпирического контекста систем

#### Ценностно-оценочный процесс в ФОС.

Ценностно-оценочный процесс познания ценности знания об онтологии системы обращен к форматам представления системы в целом как «системы в данных», «системы в отношениях», «системы в качествах». Каждый из этих форматов получен ТСП и служит объектом оценивания в элементе «Определенность» модели аксиологии онтологии системы (см. рис. 3).

По отношению к «системе в данных» в процессе познания выдвинута *гипотеза о гетерогенности* открытой системы, исходно заданной в актуальных состояниях *целостностью* показателей, характеризующих состояния системы с учетом ее окружения и условий обособления. По отношению к «системе в отношениях» в процессе

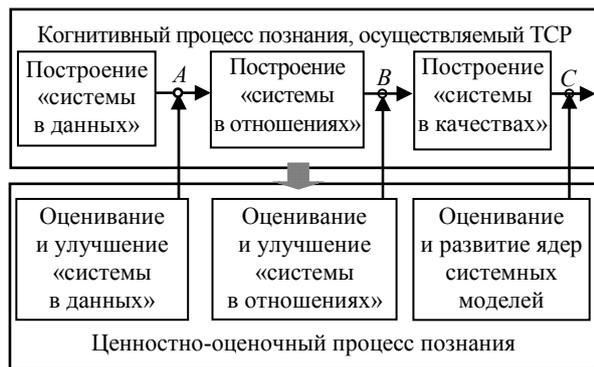


Рис. 11

познания выдвинута гипотеза о структуре системы и ее поведении в целом. Качественно-смысловой образ «системы в качествах» как единого целого характеризует полнота реконструктивных семейств моделей. Познанная сложность системы выражается правильно организованными локальностями (уникальными качественными определенностями системы).

Модель получения ценностных суждений о процессе познания онтологии системы (элемент «Определенность») показана на рис. 11, где *A*, *B*, *C* – улучшающее изменение «системы в данных», «системы в отношениях», «системы в качествах» соответственно [8], [9].

Ценностно-оценочный процесс понимания онтологии системы обращен к форматам представления системы как «системы в данных», «системы в отношениях», «системы в качествах», «системы в эталонах». Представление системы в формате «система в эталонах» порождает ТСЭ. В этом формате система представлена множеством эталонных состояний всех своих уникальных собственных качеств. Такой формат представления системы подтверждает и обосновывает гипотезу о сложности (многокачественной сущности) системы. Ценность этого формата в рамках ТСЭ исследует элемент «Упорядоченность» квалиметрического компонента ФОС, модель которого приведена на рис. 12, где *D* – слова языка систем, *E* – эталоны состояний собственных качеств исследуемой системы, *F* – приведенные треугольники (интегральные образы триединой сущности системы в каждом ее собственном качестве) [1], [6], [9].

Входами элемента «Упорядоченность» служат все представления системы в форматах моделей эмпирического контекста и формате «система в качествах», полученных ТСР, а также в формате «система в эталонах», порожденном ТСЭ. Эти

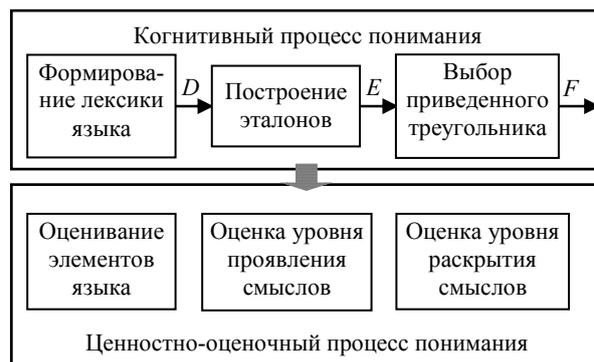


Рис. 12

форматы представления системы исследуются с позиций целого, состоящего из частей. Активности ценностно-оценочного процесса понимания формируют оценочные суждения о завершенности форм представления системы и полноте переноса системных смыслов из одной формы представления в другую. Оценки, полученные в результате ценностно-оценочного процесса понимания, характеризуют качество полученного системного знания и расширяют поле научно понятых смысловых интерпретаций.

Когнитивный процесс объяснения полученного онтологического знания об открытой системе реализует ТСД. Активности этого процесса порождают еще два формата представления системы – «система в формах воплощения эталонов» и «система в состояниях». Ценности этих форматов представления исследует элемент «Объясненность» квалиметрического компонента ФОС (см. рис. 3). Модель элемента «Объясненность» приведена на рис. 13, где *G* – улучшающее изменение реконструктивного семейства моделей собственных качеств системы; *H* – модели форм воплощения эталонов; *I* – полное семейство моделей состояний системы; *K* – модель системы в целом.

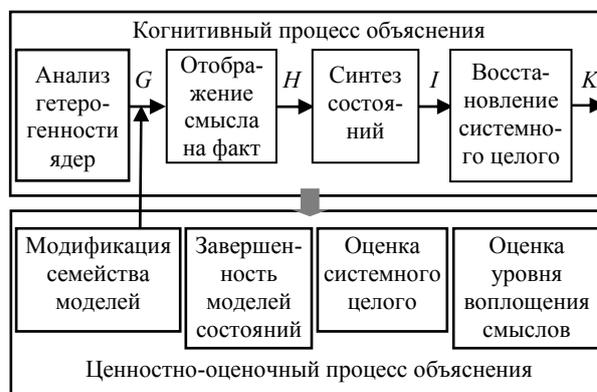


Рис. 13

Ценностно-оценочный процесс объяснения исследует представления системы в форматах: «система в данных», «система в качествах», «система в формах воплощения эталонов», «система в состояниях». Исследование ведется с позиций *отдельных элементов*, образующих части системы и всю систему в целом. Результаты исследования – суждения о законченности оформления системного знания, о завершенности реконструкций актуальных состояний, о качестве реконструкций состояний.

**Оценки ценности различных форматов представления системы в ФОС.** Оценки ценности онтологического знания о системе выражены через понятия. Каждый элемент модели исследования аксиологии онтологического знания анализирует конкретный набор представлений системы

и определяет ценность каждого формата представления из этого набора через соответствующую группу релевантных понятий (табл. 3).

**Анализ ценности информационного ресурса.** Понятия ценности знания об эмпирическом контексте (оформленном эмпирическом факте), включающем представление системы в форматах «система в данных» и «система в отношениях», раскрываются с разных точек зрения и аспектов оценивания в каждом элементе модели аксиологии (табл. 4).

Формализация точек зрения и аспектов оценивания понятий построена на методах предобработки объектов и атрибутов объектов ТСР. Конструктивное определение идеалов и норм основано на теории реконструктивного анализа ФОС. Методы шкалирования задают структуру абсолютных оценочных шкал, обеспечивают вычис-

Таблица 3

Элемент модели	Формат представления системы	Понятия	Содержание понятия
Определенность	Система в данных	Цельность Простота Чистота	Зависит от доли разных значений показателей, законов распределения показателей, шкал измерения показателей. Зависит от пропусков значений, количества показателей, количества актуальных состояний. Зависит от характера изменчивости, шага изменения значений, равномерности группирования
	Система в отношениях»	Цельность Простота Чистота	Зависит от количественно-смыслового единства, передающего вовне сущность системы через отношения. Зависит от ясности передачи системных закономерностей через атрибуты отношений. Зависит от максимальной приближенности к структурным инвариантам системы
	Система в качествах	Цельность Простота Чистота	Качественно-смысловой образ системы как единого целого. Осмысленная сложность системы. Ясность и идеальность форм выражения смыслов системы
Упорядоченность	Система в данных»	Подобие Прямота Равенство	Идеальность передачи смысла вовне. Ощущение реальности. Слияние идеального и реального
	Система в отношениях	Подобие Прямота Равенство	Идеальность выражения системной организации. Ощущение сущности системы в ее главных моментах. Единство структуры и поведения
	Система в качествах	Подобие Прямота Равенство	Идеальность форм выражения раскрытых смыслов. Детализованное понимание сущности системы. Единение противоположностей
	Система в эталонах	Подобие Прямота Равенство	Системная идеализация факта. Постижение идеи состояния. Согласование разнотипного
Объясненность	Система в данных	Полнота Тождество	Достаточность факта. Уравновешенность всех элементов системы в едином целом
	Система в качествах	Полнота Тождество	Завершенная идея гетерогенной системы. Отражение всех проявлений факта во всех формах осмысления сложности системы
	Система в формах воплощения эталонов	Полнота Тождество	Все многообразие смысловых форм системных качеств. Фактическая выраженность всех качеств системы
	Система в состояниях	Полнота Тождество	Завершенный образ сущности системы. Соразмерность факта и смысла

Таблица 4

Элемент модели	Ценности	Система в данных	Система в отношениях
Определенность	Цельность	Пропуски данных. Размеры таблицы наблюдений	Связность. Плотность. Локальные знаковые балансы. Локальные противоречия. Масштаб корреляций
	Простота	Доля разных значений. Законы распределения. Шкалы измерения	Определенность связей. Определенность знака. Противоречивость структур
	Чистота	Характер изменчивости. Шаг изменения значений. Равномерность группирования	Характерные меры связей. Сложность согласования. Раскрытые противоречия
Упорядоченность	Подобие	5-балльная шкала. Идеалы (антиидеалы). Нормы	
	Прямота	Слова: «Представительность», «Представительность типичного и особенного», «Осуществленность»	Слова: «Коррелятивность», «Выражение внутрисистемных корреляций»
	Равенство	Слово «Многообразие изменчивости»	Слово «Области изменчивости»
Объясненность	Полнота	Информационные ранги. Доминирующая предметная значимость	–
	Тождество	Оценка показателей, препятствующих верификации. Оценка показателей по соответствию эталонам состояний	–

Таблица 5

Элемент модели	Шкала		
	лингвистическая (не числовая)	порядковая (ранговая)	количественная (метрическая)
Определенность	Измерение признака, позволяющего классифицировать объекты по сходству и различию	Различает объекты по принципу «лучше – хуже»	Имеет единицу измерения, допускает, как минимум, линейное преобразование
Упорядоченность	Интерпретирует оценки ценностей слов, понятий, качеств понятий языка систем	Имеет интервал [0, 1], измеряет ценности слов, понятий и качеств понятий, основываясь на установленных мерах близости и видах сверток	–
Объясненность	Представляет ценностные отношения в диспозиции «хорошо/плохо». Имеет градации, нагруженные соответствующей аксиологической интерпретацией	5-балльная. Представляет информационные и системные ранги по категориям «Показатели» и «Системные модели»	Выражает ценностные отношения в виде аналитических высказываний

ление норм и мер близости между элементами пространства системного дизайна. Методы математической статистики обеспечивают построение градуированных шкал оценок ценностей. Теория множеств применяется с целью вычисления отношений на множестве элементов языка систем. Методы агрегирования обеспечивают установление порядка предпочтений на множестве элементов системного знания. Логика высказывания используется для формулирования заключений, выводов, отношений к объектам оценивания. Методы визуализации создают графические и табличные форматы вывода результатов исследования аксиологии онтологического знания о системе.

При анализе ценности информационного ресурса знания используются лингвистические, порядковые и количественные шкалы (табл. 5).

Ценности различных форматов представления системы определяются на специальных шкалах.

*Пример 1:* формат представления системы – «система в данных»; признак оценивания – «Характер изменчивости величин»; вид шкалы – лингвистическая; пункты шкалы: «Наличие выбросов», «Средняя изменчивость величин», «Высокая повторяемость значений».

*Пример 2:* формат представления системы – «система в отношениях»; признак оценивания – «Масштаб корреляций»; вид шкалы – количествен-

ная (совмещается с порядковой шкалой, интерпретирующей интенсивность проявления признака: «значительная», «высокая», «средняя», «низкая»); негативной оценке на шкале соответствует 0.

**Оценки информационного ресурса знания.** Объективность онтологического системного знания определяется степенью его приближения к истине. Объективность аксиологического знания связана с эффективностью оценочных суждений, указывающей, в какой мере оценка способствует доверию к результатам, полученным в результате когнитивного процесса.

Оценки ресурсов знания – это смысловые интерпретации основных характеристик системного знания. Квалиметрический компонент ФОС представляет элементы аксиологического знания в виде нормативных документированных отчетов: «Оценки информационного ресурса знания», «Оценки интеллектуального ресурса знания», «Оценки когнитивного ресурса знания», «Оценки технологического ресурса знания».

Отчет об информационном ресурсе знания включает три раздела, в которых содержатся оценки ценностей элементов знания онтологии системы по категориям «Показатели» и «Структуры отношений». Знание о показателях и структурах отношений определено на эмпирическом и системном уровнях. Оценочные суждения по этим категориям знания представлены критериями оценивания и *семами языка*<sup>2</sup> систем.

Раздел «*Общее описание*» отчета об информационном ресурсе знания включает набор технологических индикаторов эмпирического, статистического и структурного портретов системы, являющихся общими оценками элементов системного знания эмпирического уровня. Для каждого технологического индикатора приводится его значение в этом разделе отчета.

Раздел «*Критерии оценивания (эмпирический уровень)*» отчета об информационном ресурсе знания содержит результаты шкалирования:

- изменчивости показателей (неопределенности в данных, разнообразия значений, характера изменчивости, равномерности группирования, особенностей распределений величин и др.);
- выраженности структур отношений (характерности мер связей, масштабов корреляций,

противоречивости отношений, сложности согласований и др.).

Шкалирование осуществляется на базе оценок качеств понятий горизонтали «Информация» ТехноКуба системной экспертизы. Раздел о критериях оценивания (на системном уровне) представляет результаты шкалирования:

- многовидности показателей (разрешенности противоречий, неохваченности противоречий, множественность механизмов и др.);

- системной предназначенности (двухфакторной активности, многофакторной активности и др.).

Шкалирование выполняется на базе оценок качеств понятий горизонтали «Равновесие» ТехноКуба системной экспертизы.

Раздел «*Уровни проявления смыслов*» отчета об информационном ресурсе знания содержит результаты двухмерного развертывания пар слов, пар понятий, пар качеств понятий языка систем (уровней изменчивости величин, уровней группирования данных, уровней неоднородной изменчивости, уровней измерения связей, уровней включенности в циклы, уровней смысловой активности и др.).

Технологии ФОС формируют системный контекст каждого показателя. В этот контекст входят атрибуты показателей и оценочные суждения о показателях. ТСП вносит в этот контекст знание о системных ролях показателей и их вкладах в устройство системных моделей. ТСЭ добавляет в ресурс оценки способности показателей проявлять, раскрывать, выражать и воспринимать системные смыслы.

Информационный ресурс знания в ФОС – это доказанное документированное знание о полноте и завершенности познанной, научно понятой и рационально объясненной онтологии открытой системы, развернутое на уровнях факта и смысла по категориям «показатель» и «структура».

Система в целом как *факт эмпирической реальности* исходно представлена в виде «системы в данных» и аналитически исследована в ее способности быть *эмпирической базой* феноменологической теории ФОС. «Система в данных» – это объективное полное представительное эмпирическое описание системы в актуальных состояниях с учетом окружающей среды и сопутствующих ограничений ее обособления. Полноту и представительность «системы в данных» на уровне факта характеризуют ее эмпирический и статистический портреты.

<sup>2</sup> Семы – элементарные отражения в языке различных сторон и свойств обозначаемых предметов и явлений действительности (Большая российская энциклопедия. URL: <https://bigenc.ru/linguistics/text/3546926>).

На базе «системы данных» построен формат представления системы в целом в виде «системы в отношениях». В этом формате систему как эмпирическую реальность представляет ее внешний абстрактный схемный образ, правильность построения которого обеспечена ФОС. «Система в отношениях» служит *источником информации* о гетерогенности, структуре и изменчивости системы. Полнота и представительность «системы в отношениях» детально исследованы на уровне факта и характеризуются ее структурным портретом.

«Система в данных» вместе с ее эмпирическим и статистическим портретами и «система в отношениях» вместе с ее структурным портретом образуют в совокупности *эмпирический контекст* системы. Полнота и представительность эмпирического контекста – главные условия успешного производства на базе ФОС полного, завершенного, научно достоверного знания об общей онтологии системы.

Когнитивный процесс *познания* онтологии системы переводит представление системы на уровне *факта* в виде «системы в отношениях» в представление системы на уровне *смысла* в виде «системы в качествах». В этом формате система раскрыта во всех ее уникальных *собственных качествах*. В каждом собственном качестве представлена часть всей системы, и вся система – в условиях этой части. Каждое собственное качество задано в символическом виде, имеет однотипную морфологию, проявляет вовне какой-то определенный аспект сущности системы. На уровне смысла полноту и представительность символически представленного знания об онтологии системы характеризуют системные портреты: портрет типа, портрет форм типа, реалистичный портрет. «Система в качествах» – *итог познания* общей онтологии системы. Правильность «системы в качествах» гарантирована ФОС. Ценность (полнота, завершенность) символического знания об онтологии системы на уровне смысла обусловлена полнотой и представительностью эмпирического контекста системы (уровень факта). Ценность символических образов собственных качеств анализирует *ценностно-оценочный* процесс познания. Результаты анализа выражены через оценки понятий «цельность», «чистота», «простота», характеризующие *определенность* полученного символизированного онтологического знания. Влияние полноты и представительности

эмпирического контекста системы (уровень факта) на определенность онтологического знания (уровень смысла) отображается в специальном разделе нормативного документированного отчета «Оценки информационного ресурса знания».

Когнитивный *процесс научного понимания* онтологии системы (уровень смысла) преобразует «систему в качествах» в новый формат и представляет ее как «систему в эталонах». Каждый эталон – образец символического представления какого-то одного уникального *состояния собственного качества* системы при условии его *равновесия*. Полнота и представительность «системы в эталонах» (уровень смысла) обусловлены полнотой и представительностью «системы в качествах» (уровень смысла), относительно которых предполагается их обусловленность полнотой и представительностью исходного эмпирического контекста системы (уровень *факта*). Итоги когнитивного процесса понимания характеризуют портреты, отражающие качество, объем и суть знания об онтологии системы (уровень научного знания). Правильность «системы в эталонах» гарантирована ФОС. Научное понимание символизированных эталонированных смыслов системы обеспечивает *язык* систем. Ценность научно понятой онтологии системы анализирует ценностно-оценочный процесс *научного понимания*. Результаты анализа ценности выражены через оценки понятий «подобие», «прямота», «равенство», полученные для каждого формата представления системы в когнитивном процессе понимания. Такие оценки характеризуют *упорядоченность* символизированного онтологического знания. Влияние эмпирического контекста системы на упорядоченность онтологического знания отображается в соответствующем разделе нормативного документированного отчета «Оценки информационного ресурса знания».

Когнитивный процесс *рационального объяснения* познанной и научно понятой онтологии системы (уровень смысла) создает представления системы в виде «системы в формах воплощения эталонов» и «системы в состояниях» (смысл перешел на факт, факт и смысл отождествились при доминирующей роли смысла). На основе двух последних форматов представления системы верифицируются все ее познанные и понятые смыслы, проверяются полнота полученного онто-

логического знания и его тождественность факту. Когнитивный процесс объяснения *доказывает*: раскрытый и понятый смысл тождественен факту; каждое актуальное значение любого показателя системы и каждое актуальное состояние «системы в данных» воссозданы (реконструированы) релевантными сборками верифицированных эталонированных смыслов (собственных качеств). Когнитивный процесс объяснения верифицирует результаты когнитивного процесса познания онтологии системы. Его итоги характеризуют портреты системы, в которых представлены: знание о системе в целом, знание об эталонах, знание о состояниях.

Правильность представлений системы в виде «системы в формах воплощения эталонов» и «системы в состояниях» гарантировано ФОС. Ценность рационально объясненной онтологии системы анализирует ценностно-оценочный процесс *научного объяснения*. Результаты анализа ценности выражены через оценки понятий «полнота» и «тождество», полученные для каждого формата представления системы в когнитивном процессе объяснения. Такие оценки характеризуют *рациональную объясненность* полученного знания об

онтологии системы. Влияние эмпирического контекста системы на объясненность онтологического знания отображается в соответствующем разделе нормативного документированного отчета «Оценки информационного ресурса знания».

В данном аналитическом обзоре рассмотрен процесс формирования информационного ресурса знания об общей онтологии открытых систем, требования назначения такого ресурса, его содержание и оформление. Обзор дает полное представление о ресурсе, построенном на основе теории равновесных состояний ФОС, который создается в технологической платформе ФОС, применяется в ней и не отчуждается от нее.

Перспективы дальнейшего развития информационного ресурса знания (то же самое следует сказать в отношении интеллектуального, когнитивного и технологического ресурсов знания) связаны с созданием теории изменчивости открытых систем в условиях неравновесных ограничений, метастабильности, резонансов, хаотизации. В настоящее время работы в этом направлении только начались и еще далеки от завершения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Технология системных реконструкций. СПб.: Политехника, 2003.
2. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Основания системологии феноменального. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 1999.
3. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Метатехнология системных реконструкций. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2002.
4. Карнап Р. Философские основания физики. Введение в философию науки. М.: Едиториал УРСС. 2003.
5. Чернавский Д. С. Синергетика и информация: Динамическая теория информации. М.: Ленанд, 2017.
6. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Введение в язык систем. СПб.: Наука, 2009.
7. Scientific understanding of ontological knowledge about open systems that is automatically mined from big data / B. F. Fomin, K. A. Turalchuk, T. L. Kachanova, O. B. Fomin // Proc. of the 33rd Intern. Business Information Management Assotiation Conf. Granada, Spain, 2020. P. 8870–8876.
8. Fomin B., Kachanova T., Fomin O. Generating scientifically proven knowledge about ontology of open systems. Multidimensional knowledge-centric system analytics // Ontology in Inform. Sci. / ed. by T. Ciza. Rijeka: InTech, 2018. P. 169–204.
9. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Квалитология системного знания. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014.
10. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Внутрисистемные взаимодействия по модели «подобия» (теория) // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2019. № 7. С. 70–79.
11. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Внутрисистемные взаимодействия по модели «переключение» (теория) // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2020. № 6. С. 61–71.
12. Ивин А. А. Аксиология. М.: Высш. шк., 2006.
13. Ивин А. А. Ценности и понимание // Вопр. философии. 1987. № 8. С. 33–36.
14. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Методы и технологии генерации системного знания. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012.
15. Fomin B., Kachanova T. Cognition of ontology of Open Systems // Procedia Computer Sci. J. 2017. №103. P. 339–346.
16. Ивин А. А. Основания логики оценок. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970.
17. Вольф Е. М. Функциональная семантика оценки. М.: Едиториал УРСС, 2002.

T. L. Kachanova, B. F. Fomin, O. B. Fomin  
Saint Petersburg Electrotechnical University

## INFORMATION RESOURCE OF KNOWLEDGE ON OPEN SYSTEMS (AN ANALYTICAL REVIEW)

*Open systems are given by empirical descriptions gathered from huge amount of multimodal heterogeneous data. A system with hundreds and thousands of indicators is initially represented as a «system in data» as well as a «system in relations». Thus, the system represented in such formats can be characterized in details by its empirical, statistical, and structural portraits. Both system representations («in data» and «in relations») and empirical, statistical, and structural portraits, taken all together, form an initial empirical context of the system. The physics of systems, on the basis of empirical context, implements the process of cognition, scientific understanding, and rational explanation of ontology of open system. Correctness, fullness, and completeness of ontological knowledge are assessed as a result of exploring its axiology as well as creating resources of knowledge about the system. Information resource of knowledge describes the system as empirical fact that has gained shape. Intellectual, cognitive, and technological resources of knowledge characterize the system as a sense that has gained shape, was understood and embodied, and simultaneously, they assess the extent to which ontology of the system had been scientifically understood and rationally explained. This article is devoted to the information resource, its role and significance in the processes of cognition, understanding and explanation of ontology, is aimed to analyze value of obtained knowledge (correctness, fullness, and completeness) about the system's ontology, as well as indicates the importance of requiring fullness and representativeness for initial empirical context of the system.*

**Physics of open systems, resources of system knowledge, knowledge about systems ontology, cognition of systems ontology, scientific understanding of systems ontology, rational explanation of systems ontology, value of knowledge about systems ontology**

УДК 681.5

И. М. Новожилов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

А. Н. Ильюшина

Санкт-Петербургский технический колледж управления и коммерции

М.-А. М. Асадулаги, В. В. Антропова, Т. В. Кухарова

Санкт-Петербургский горный университет

## Разработка пространственно распределенной математической модели пласта сложной формы

*Работа посвящена построению пространственно распределенной математической модели пласта сложной формы. Цель статьи заключается в разработке математического обоснования, построении пространственно распределенной математической модели пласта в месторождениях сложной формы. Модель представляет собой 3D-график, отображающий изменение температуры пласта в различных его точках с течением времени. Рассмотрен объект моделирования и его свойства. Проанализированы уже имеющиеся математические модели месторождений. В качестве объектов исследования рассматриваются месторождения, содержащие сырье, имеющее реологические свойства (нефть, минеральная и артезианская вода). Разработан программно-аппаратный комплекс, осуществляющий непосредственное измерение текущего состояния температурного поля. Сопоставлены экспериментальные и аналитические данные. На основе исследования, описанного в данной статье, можно сделать вывод о необходимости моделирования месторождений, поскольку оно снижает затраты на бурение и строительство скважин за счет оптимизации технологических операций при строительстве, уменьшает количество аварий, остановок во время бурения, сокращает количество непродуваемого времени и стоимости бурения, а также позволяет увеличивать отдачу пластов.*

**Месторождение, математическая модель, системный анализ, моделирование, управление, датчики**

В настоящее время добыча минеральных ресурсов значима не только для благосостояния

Российской Федерации, но и играет важную роль в мировой экономике. От развития минерально-