

Г. Б. Евгеньев, д-р техн. наук, проф., g.evgenyev@mail.ru, МГТУ им. Н. Э. Баумана

Российская технология индустрии 5.0. Метаонтология

Описаны методы и средства создания интегрированных интеллектуальных систем конструкторско-технологического проектирования в машиностроении. Введено понятие представления модулей знаний для непрограммистов.

Ключевые слова: Индустрия 4.0, Индустрия 5.0, цифровые производства, Интернет знаний, Интернет вещей, интегрированные системы, интеллектуальные системы

Введение

Наиболее серьезный вызов, с которым сталкивается экономика России, — это низкая эффективность. Без модернизации нельзя создать надежный фундамент повышения уровня жизни и обеспечить надежную безопасность страны в нестабильном мире. В связи с этим в состав Национальных проектов России на период с 2019 по 2024 гг. включен проект "Цифровая экономика". В числе целей этого проекта — использование отечественного программного обеспечения в области цифровых производств, а также создание сквозных цифровых технологий преимущественно на основе отечественных разработок. Ставится задача преобразования промышленности посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений.

Модули знаний

В настоящее время происходит четвертая промышленная революция (4ПР), для обозначения которой используется термин Индустрия 4.0. [1—4]. В работе [5] приводится интервью с представителем японской компании о развитии цифрового общества. Отмечено, что Индустрия 4.0 — лишь очередной этап в процессе с перехода к Обществу 5.0, которое представляет собой ступень, следующую за информационным обществом [6]. Общество 5.0 представляет собой оптимизацию ресурсов социума в целом через интеграцию физического пространства и киберпространства. На основе фундамента, создаваемого технологией Индустрия 4.0, в настоящее время необходимо обеспечить переход к технологии Индустрия 5.0 [7].

Настоящая статья посвящена описанию производственных методов, обеспечивающих повышение производительности труда. Статья учитывает основные положения стандарта [8]. Описываемые положения статьи моделируют жизненный цикл машиностроительного изделия и могут быть применены для всех соответствующих предприятий. Статья посвящена информационному классу систем и основана на модульном принципе, разработанном автором.

Поскольку здесь речь идет об интеллектуальных системах, то важнейшим элементом является модуль

знаний (МЗ), в качестве которого выбран модуль стандарта IDEF0 (рис. 1), представляемый на языке деловой прозы.

Особенностью стандарта IDEF0 является акцент на соподчиненность объектов. В IDEF0 рассматриваются логические отношения между модулями. Описание МЗ на языке деловой прозы выглядит как "черный ящик" с входами, выходами, управлением и механизмом, который постепенно детализируется до необходимого уровня. В IDEF0 существуют словари описания активностей и стрелок, в этих словарях можно дать описания того, какой смысл вкладывается в ту или иную активность либо стрелку.

Описание методологии IDEF0 содержится в рекомендациях Р 50.1.028-2001 "Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования".

Отображаются все сигналы управления. Модель в рамках IDEF0 используется при организации бизнес-процессов и проектов, основанных на моделировании всех процессов.

Формирование МЗ осуществляется с помощью системы СПРУТ-ЭксПро [9]. В модуле на рис. 2 проводится расчет по формулам значений ряда величин.

С помощью МЗ для описания формул можно формировать текстовые переменные, например, обозначения изделий, тексты содержания технологических операций, переходов и т. д. На рис. 3 приведен пример формирования содержания перехода механической обработки в соответствии со стандартом ЕСТД (Единой системой технологической документации). При значениях входных переменных $Per = \text{"Точить"}$,

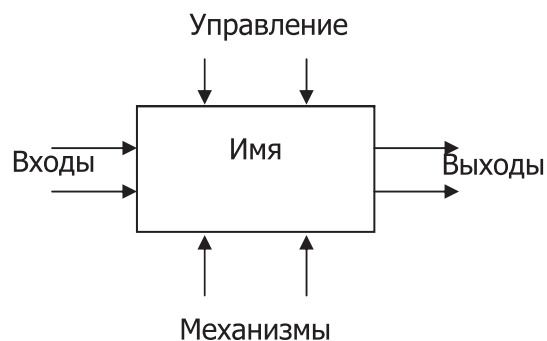


Рис. 1. Внешнее представление модуля в стандарте IDEF0

Модуль: V13
 Разработчик: Евгениев Г. Б.
 Наименование: Расчет номинальной величины деформации
 Источник информации: Шувалов С. А. Методические указания по расчету волновых зубчатых передач на ЭВМ. Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1987

Наименование	Имя	Ограничение
Тип редуктора	ТипРед	волновой одновенцовый (0,)
Передаточное отношение заданное	uz	
Число зубьев гибк. Колеса предвар.	zf	
Козф. Увеличения вращ. Момента при пуске	K1	1.9
Номинальная вел. Радиальной деформации	NWo	$0.84+0.001*uz+1.6*10^{(-3)}$ $*K1*uz^{(1/2)}+0.15*10^{(-3)} *K1*uz$
Глубина захода зубьев допуст., мм	hd	
		$4*NWo-(4.6-4*NWo)*zf/10^3-2.45$

Рис. 2. Внешнее представление комбинированного модуля

Модуль: ТКР3
 Разработчик: Евгениев Г. Б.
 Наименование: Формирование содержания перехода
 Источник информации: ЕСТД

Наименование	Имя	Ограничение
Переход обработки резанием	Per	[1,)
Элемент обрабатываемый	ElObr	
Номер элемента	NoEl	
Дополнит. информация перехода 2	DinPer2	
Дополнит. информация перехода 4	DinPer4	
Количество элементов	KolEl	
Номер элемента строковый	NoElStr	STR (NoEl:0)
Содержание перехода	SodPer	Per+" "+DinPer2+" "+ElObr+" "+NoElStr+" "+DinPer4

Рис. 3. Внешнее представление модуля — формулы формирования текстовой переменной

ElObr = "канавку", NoEl = 1, DinPer2 = "кольц.", DinPer4 = "окончательно" содержание перехода будет иметь такой вид: "Точить кольц. канавку 1 окончательно". Функция STR обеспечивает перевод данных из числовой формы в строковую.

Функциональные зависимости часто имеют табличную форму представления. Для ввода таких зависимостей в базы знаний используются МЗ с механизмами в виде таблиц (рис. 4).

В системе, построенной на основе программных средств СПРУТ [11], геометрические и сложные математические вычисления не могут быть представлены в форме МЗ. Для использования математических знаний введены модули с механизмами в виде программных модулей. Пример такого модуля приведен на рис. 5. Этот МЗ предназначен для генерации чертежа спроектированной детали. Аналогичным образом могут генерироваться поверхностные и твердотельные модели изделий, а также обращение к программным средствам, созданным вне среды СПРУТ.

Сгенерированные из элементарных МЗ методы (сложные функции) могут быть представлены в виде МЗ и использованы для решения комплексных задач.

В системе СПРУТ предусмотрена возможность организации циклических процессов. Циклы генерируются автоматически при появлении в выходных переменных одного из модулей метода, выполняющего функцию управления повторением цикла выделенной переменной с идентификатором FinCalc. В методе может содержаться только один цикл. Для установки переменных цикла используются модули инженерных знаний без входных переменных, которые не включаются в тело цикла, располагаясь перед ним.

Цифровая революция должна дать возможность непрограммирующему носителю знаний вводить их в компьютер без посредников. Это стало возможным благодаря методологии *экспертного программирования* [12]. В этой методологии знания, как описано выше, излагаются на языке *деловой прозы*. Этот язык максимально приближен к литературному языку, но

МЗ: "NzTpzbCh" - Назначение Тпз базового для червячных колес Предусловия запуска

имя	наименование	тип	условие
ViZubKol\$	Вид зубчатого колеса	STRING	червячное

Входные свойства

имя	наименование	тип	значение
ZamPris\$	Замена приспособлений	STRING	
VidPod\$	Вид подачи червячной модульной фрезы	STRING	
HarNal\$	Характеристика наладки	STRING	
m_	Модуль детали, мм	REAL	

Механизм - Таблица

Конфигурация свойств в таблице

	ZamPris\$
	m_
HarNal\$	VidPod\$
	tpzb

Таблица

		с заменой установочных приспособлений			без замены установочных приспособлений		
		(0,6]	(6,12]	(12,)	(0,6]	(6,12]	(12,)
без замены фрезерного суппорта	радиальная	29	38	47	17	23	27
	тангенциальная	31	40	50	19	24	30
с заменой фрезерного суппорта	радиальная	39	52	67	27	37	42
	тангенциальная	41	56	72	29	40	52

Выходные свойства

имя	наименование	тип	значение
tpzb	Норматив подготовительно-заключительного времени базовый, мин	REAL	

Рис. 4. Внешнее представление модуля — таблицы

Модуль: М8

Разработчик: Евгеньев Г. Б.

Наименование: формирование чертежа

Источник информации: Анурьев В.И. Справочник конструктора, т.2, стр.7

Наименование	Имя	Ограничение
Тип оси	ТО	ось гладкая
Диаметр оси стандартный, мм	D	(0 , 50]
Длина оси стандартная, мм	L	
Ширина фаски, мм	c	
Чертеж детали	AXLE	AXLES.prt

Рис. 5. Внешнее представление модуля — геометрической процедуры: имя — наименование сегмента графической базы; ограничение — имя программы AXLES.prt

формализован настолько, что имеется возможность автоматической генерации программных средств, соответствующих исходным текстам.

Интеллектуальное производство

Интеллектуальное производство — продукт человеческого интеллекта, деятельность по созданию интеллектуальных и материальных благ. Потребление

этих ценностей обеспечивает личное и общественное благосостояние. Интеллектуальный капитал выступает как основной воспроизводимый фактор производства.

Интеллектуальный капитал (ИК) — это знания, навыки и производственный опыт конкретных людей и нематериальные активы. Знания эти включают патенты, базы данных, программное обеспечение, товарные знаки и др., которые используются в це-

лях максимизации прибыли и других экономических и технических результатов.

Разные сочетания способов увеличения производительных сил экономической системы определяют ее структуру и динамику развития. По определению К. Маркса, "Экономические эпохи различаются не тем, что производится, а тем, как производится, какими средствами труда" [10]. В связи с этим значимость отдельных видов ресурсов изменяется по мере перехода от доиндустриальной к индустриальной, а от нее к постиндустриальной технологии.

В доиндустриальном обществе приоритет принадлежал природным и трудовым ресурсам, в индустриальном обществе — материальным ресурсам, в постиндустриальном обществе — интеллектуальным и информационным ресурсам. В настоящее время технологическая революция с информационными технологиями в центре заново формирует материальную основу общества. В новой информационной экономике — экономике, основанной на знаниях, — источник производительности заключается в технологии генерирования знаний.

Понятие "информационная экономика" (как и информационное общество) было введено в научный оборот в начале 1960-х гг. Знания и информация являются критически важными элементами во всех экономических системах, так как процесс производства всегда основан на некотором уровне знаний и на обработке информации.

Согласно определению К. Маркса [10] "Развитие основного капитала является показателем того, до какой степени всеобщее общественное знание превращается в непосредственную производительную силу, и отсюда — показателем того, до какой степени условия самого общественного жизненного процесса подчинены контролю всеобщего интеллекта и преобразованы в соответствии с ним". Современное изменение технологической парадигмы рассматривают как сдвиг от технологии, основанной главным образом на вложении дешевой энергии, к технологии, основанной преимущественно на дешевых вложениях знания и информации, ставших предметом и средством труда. Впервые в истории человеческая мысль прямо является производительной силой, а не просто определенным элементом производственной системы. Характеризуя условия формирования массового производства, К. Маркс отмечал [10]: "впервые в крупных масштабах подчиняет непосредственному процессу производства *силы природы* ... Эти силы природы как таковые *ничего не стоят*". В условиях новой постиндустриальной экономики изменились не виды деятельности человечества, а технологическая способность использовать в качестве прямой производительной силы то, что отличает человека от других биологических созданий, а именно — способность обрабатывать и понимать символы.

Вместе с тем в этих новых экономических условиях особую актуальность приобретает положение К. Маркса [10] о важности индивидуальных знаний в применении науки для анализа процесса производства (традиционных сведений, наблюдений, профессиональных секретов, полученных эксперимен-

тальным путем). Такая актуальность обусловлена применением естественных наук к материальному производству.

Концептуальная модель интеллектуальных производств

Существующая теория производственной фирмы [11–13] основана на детерминированной модели, в то время как среда окружения для большинства достаточно крупных фирм является стохастической. В соответствии с законом разнообразия такая модель может быть полезной только для анализа отдельных статических ситуаций. При этом компания не способна выжить в реальных условиях рыночной экономики. Онтологическая модель экономики, основанной на знаниях, сводит ее в плоскость инновационной экономики с единственной формой приращения стоимости (получения ценностей) в виде новых технических результатов.

Отсюда следует, что само производство должно относиться к категории гибких производственных систем. В соответствии со стандартом гибкая производственная система — это управляемая средствами вычислительной техники совокупность технологического оборудования, состоящего из разных сочетаний гибких производственных модулей и (или) гибких производственных ячеек. В такой системе должны присутствовать автоматизированная система технологической подготовки производства и система обеспечения функционирования. Система подготовки производства должна обладать свойством автоматизированной переналадки при изменении программы производства изделий, разновидности которых ограничены технологическими возможностями оборудования. Такая формулировка дает постиндустриальную характеристику гибкой производственной системы, схема которой изображена далее на рис. 6. На этом рисунке приведена схема метаонтологии интеллектуальных производств. Метаонтология содержит общие понятия и отношения, независимые от предметной области. Отсюда следует, что само производство должно относиться к категории гибких производственных систем.

На рис. 6 описание производства дается с точки зрения как предметной онтологии, так и онтологии знаний. С предметной точки зрения гибкая производственная система — это управляемая средствами вычислительной техники совокупность технологического оборудования. Эта система состоит из разных сочетаний гибких производственных модулей и (или) гибких производственных ячеек.

С точки зрения знаний в состав гибкой производственной системы входят автоматизированная подсистема технологической подготовки производства и подсистема обеспечения функционирования. Подсистема поддержки функционирования обладает свойством автоматизированной переналадки при изменении программы производства изделий, разновидности которых ограничены технологическими возможностями оборудования.

При переходе к постиндустриальным технологиям сюда должны быть включены все компоненты

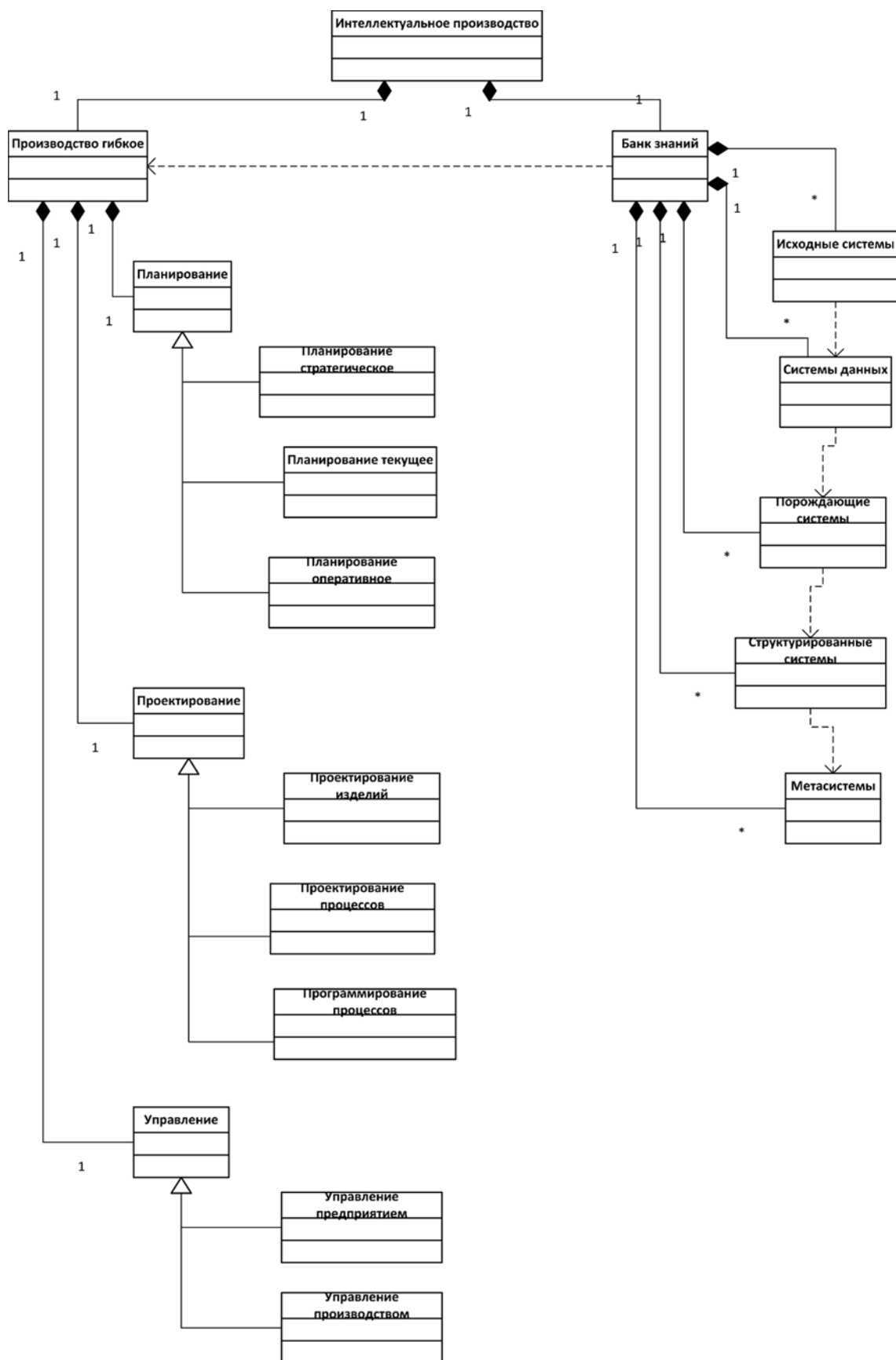


Рис. 6. Концептуальная модель интеллектуальных производств

жизненного цикла предприятий и изделий. В этот цикл входят: планирование, включая стратегическое, текущее и оперативное; проектирование, включая проектирование изделий и процессов, программирование обработки; управление предприятием и производством.

Банк знаний состоит из следующих взаимосвязанных компонентов: исходные системы; системы данных; порождающие системы; структурированные данные; метасистемы. Эти компоненты описывают различные эпистемологические уровни, т. е. уровни знания относительно рассматриваемых явлений.

Настоящая статья представляет собой изложение материалов в соответствии представленной на рис. 6 метаонтологией, которая определяет ее структуру (см. таблицу).

Любая проектируемая система состоит из элементов и связей между ними [14]. Формально структуру системы (изделия или процесса) можно представить в виде упорядоченной пары $S = \langle A, R \rangle$, где A — множество элементов системы; R — множество отношений между этими элементами.

Отсюда следует, что классификация проектируемых систем может быть построена с использованием одного из двух фундаментальных критериев различия: a — по типу элементов, образующих систему; b — по типу отношений, связывающих эти элементы в систему [14]. Эти классификационные критерии можно рассматривать как независимые.

Примером использования критерия a служит традиционное разделение науки и техники на дис-

циплины и специальности, каждая из которых изучает элементы определенных типов. Применительно к конструированию изделий — это разделение в соответствии с классификацией машин и аппаратов, например, по системе ЕСКД (Единая система конструкторской документации). Применительно к технологии — это классификация по технологическим методам в соответствии с ЕСТД (например, литье, обработка давлением, резанием, термическая и т. п.). Поскольку элементы разных типов требуют разных экспериментальных средств для сбора данных, эта классификация имеет экспериментальную основу.

Критерий b дает совершенно иную классификацию систем, а именно — класс определяется типом отношений, а тип элементов, на которых заданы эти отношения, не фиксируется. Такая классификация связана с обработкой данных, а не с их сбором, и основа ее преимущественно теоретическая. До появления средств вычислительной техники в качестве критерия b могли использоваться лишь типы математических моделей проектируемых систем, так как математические модели имеют аксиоматическое построение и абстрагированы от материальной и энергетической сущностей явлений.

Математические модели одного и того же класса могут использоваться для описания связей свойств элементов различной материальной сущности. Вместе с тем во второй половине XX века появился ряд новых родственных теоретических дисциплин, непосредственно связанных с развитием вычислительной техники. К их числу относятся: кибернетика;

Традиционная классификация прикладных областей и эпистемологическая классификация уровней знаний

Традиционная классификация прикладных областей									Эпистемологическая классификация
Наука			Техника			Другие области			Эпистемологические уровни
Физика	Химия	..	Механика	Электроника	..	Медицина	Музыка	..	
		Уровни 4, 5 МЕТАСИСТЕМЫ (отношения между определенными ниже отношениями)
		Уровень 3 СТРУКТУРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ (отношения между определенными ниже системами)
		Уровень 2 ПОРОЖДАЮЩИЕ СИСТЕМЫ (модели, генерирующие определенные ниже данные)
		Уровень 1 СИСТЕМЫ ДАННЫХ (данные, структура которых определена ниже)
		Уровень 0 ИСХОДНЫЕ СИСТЕМЫ (язык определения данных)

общесистемные исследования; математическая теория систем; теория принятия решений; исследование операций; теория искусственного интеллекта.

Эти дисциплины обладают одним общим свойством — они связаны с такими системными задачами, в которых главенствующими являются не тип сущностей, из которых состоит система, а информационные, реляционные и структурные аспекты.

Самыми большими по критерию *б* являются классы, описывающие различные *эпистемологические уровни*, т. е. уровни знания относительно рассматриваемых явлений. Далее они уточняются с помощью различных методологических отличий. Каждый выявленный таким образом класс подразделяется далее на меньшие, состоящие из систем, эквивалентных с точки зрения конкретных, практически существенных сторон, определенных в них отношений. Поскольку системы в каждом из таких классов эквивалентны только с точки зрения некоторых характеристик их отношений, они могут базироваться на совершенно разных типах элементов. Если рассматривать только характеристики отношений в системах, то достаточно каждый такой класс систем заменить одной системой, представляющей этот класс.

В область *системологии* [14] входят все типы свойств отношений, существенные для отдельных классов или для всех систем. Выбранная классификация систем по отношениям определяет способ разбиения системологии на подобласти, так же как традиционная наука подразделяется на различные дисциплины и специальности. Знания в науке о системах, т. е. знания, относящиеся к различным классам свойств отношений в системах, можно получать либо с помощью математики, либо с помощью экспериментов с их моделями на ЭВМ.

Системная методология представляет собой совокупность методов изучения свойств различных классов систем и решения системных задач, т. е. задач, постановки которых касаются отношений в системах. Ядром системологии является классификация систем с точки зрения таких отношений. Главная задача системной методологии — предоставление в распоряжение потенциальных пользователей из разных дисциплин и предметных областей методов решения всех типов характерных им задач.

Основой иерархической классификации систем в системологии является иерархия их эпистемологических уровней (см. таблицу). Эта иерархия опирается на следующие элементарные понятия:

- исследователь (конструктор, технолог) и его среда;
- исследуемая (проектируемая) система и ее среда;
- взаимодействие между исследователем и системой.

Самый нижний уровень в этой иерархии обозначается как нулевой (0) уровень. На этом уровне система определяется через множество свойств (переменных), множество потенциальных состояний (значений) этих свойств и операционный способ описания смысла этих состояний в терминах значений соответствующих атрибутов данной системы. Для

систем, определенных на этом уровне, используется термин *исходная система*, указывающий на то, что она является, по крайней мере, потенциально, источником эмпирических данных. В литературе используется также название "система без данных", означающее, что система этого уровня представляет собой простейшую стадию процесса исследования, не использующую данные о доступных переменных.

Иными словами, на уровне 0 рассматриваются характеристики и взаимосвязи между свойствами (переменными) исследуемой (проектируемой) системы. В качестве теоретической основы на этом уровне может использоваться математическая лингвистика, изучающая понятия, имена, термины и связи между ними. Для специалистов в области автоматизации проектирования язык выступает как средство описания исходных систем. Лексические единицы языка, используемые для обозначения исходных систем, называются *понятиями*. Понятие обозначает не какой-то конкретный предмет, а класс однородных предметов (процессов). Понятиям соответствует некоторая *структура*, определяющая набор обязательных характеристик класса предметов. Характеристики в языке обозначаются *именами*, а конкретные значения имен — *терминами*. С помощью терминов из класса предметов выделяется один конкретный.

На более высоких эпистемологических уровнях системы отличаются друг от друга содержанием знаний относительно переменных соответствующей исходной системы. На более высоком уровне используются все знания расположенных ниже по системной иерархии систем и, кроме того, дополнительные знания, недоступные низшим уровням. После того как исходная система дополнена данными, т. е. фактическими состояниями основных переменных при определенном наборе параметров, рассматривают новую (исходную систему с данными), как определенную на эпистемологическом уровне 1. Системы этого уровня называются *системами данных*. В зависимости от задачи данные могут быть получены из наблюдений или с помощью измерений (как в задаче моделирования) или определены как желательные состояния (в задаче проектирования).

При конструировании используются данные архива ранее спроектированных конструкций, данные об имеющихся унифицированных сборочных единицах и деталях, о типовых конструкторско-технологических элементах деталей и т. п. При проектировании технологических процессов используются данные архива ранее спроектированных процессов, данные об имеющихся унифицированных технологических процессах, средствах технологического оснащения и т. п.

Более высокие эпистемологические уровни содержат знания об отношениях рассматриваемых переменных, посредством которых можно генерировать данные при соответствующих начальных и граничных условиях. Эти характеристики отношений содержатся обычно в нормативной технической документации, иногда их источником является практический инженерный опыт.

Уровень 2 применительно к задачам автоматизации проектирования представляет собой уровень

базы знаний генерации значений переменных, определяющих свойства изделий и технологических процессов. Здесь задаются инвариантные параметрам функциональные связи основных переменных, в число которых входят определяемые соответствующей исходной системой переменные и, возможно, некоторые дополнительные. Каждая дополнительная переменная определяется конкретным правилом преобразования на множестве параметров, применимом или к основной переменной исходной системы, или к гипотетической (ненаблюдаемой), введенной пользователем (составителем модели). Эту переменную называют *внутренней*. Каждое правило преобразования базы знаний на этом уровне обычно представляет собой однозначную функцию, присваивающую каждому элементу множества переменных, рассматриваемому в этом правиле в качестве выходного, единственное значение из множества допустимых.

Поскольку задачей генерации свойств является реализация процесса, при котором состояния основных переменных могут порождаться по множеству параметров при любых начальных или граничных условиях, системы уровня 2 называются *порождающими* системами (*generative system*). При конструировании на уровне 2 располагаются базы знаний, связанные с расчетом конструкций, при проектировании технологических процессов — базы знаний по выбору заготовок, формированию набора переходов, расчету режимов обработки, норм времени и т. п.

На эпистемологических уровнях 4 и выше системы состоят из набора определенных на более низком уровне систем и некоторой *метахарактеристики* (правила, отношения, процедуры), описывающей изменения в системах более низкого уровня. Такие системы называются *метасистемами*. Требуется, чтобы метасистемы имели одну и ту же исходную систему и были определены на уровне 1, 2 или 3.

Заключение

Представлены базовые положения и методы создания интеллектуальных производств в рамках концепции "Индустрия 5.0". Такие положения рассматриваются как подходы на развитие технологий Интернета вещей и принципов Интернета знаний. Описана концептуальная модель таких производств. Дано описание банка знаний и эпистемологических уровней представления знаний.

Список литературы

1. **Industry 4.0:** the fourth industrial revolution — guide to Industrie 4.0. URL: <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0>.
2. **Industry 4.0:** the Future of Smart Manufacturing — Praim. URL: <https://www.praim.com/en/news/industry-4-0-the-future-of-smart-manufacturing/>.
3. **Siemens** | Industrie 4.0. URL: <https://www.siemens.com/digital/enterprise>.
4. **Digital** Factory 4.0 | Industry 4.0 solution. URL: <https://antsolutions.eu/>.
5. **Хорицук У.** Общество 5.0: взгляд Mitsubishi Electric // Экономические стратегии. 2017. № 4. С. 2—11.
6. **Ржевский Г. А.** Самоорганизация в социальных системах // Онтология проектирования. 2014. № 4 (14). С. 8—17.
7. **Концепция** Индустрии 5.0. URL: <http://industry5.ru/concept>.
8. **ГОСТ Р 1.0-2004** "Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения".
9. **Евгеньев Г. Б.** Основы автоматизации технологических процессов и производств. Т. 1: Информационные модели. Т.2: Методы проектирования и управления. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. Т. 1: 441 с. Т. 2: 479 с.
10. **Маркс Карл** // Большая советская энциклопедия: [в 30 т.] / под ред. А. М. Прохорова. 3-е изд. М.: Советская энциклопедия, 1969.
11. **СПРУТ-Технология.** Автоматизация проектирования. URL: <https://sprut.ru/>.
12. **Евгеньев Г. Б.** Экспертотепия как средство создания онтологического интернета знаний // Онтология проектирования. 2019. Т. 9, № 3 (33). С. 307—320.
13. **Центр СПРУТ.** Высокопрофессиональные российские программные решения для предприятия. URL: <https://csprut.ru/>.
14. **Клир Дж.** Системология. Автоматизация решения системных задач: Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1990. 544 с.

Russian Technology of Industry 5.0. Metaontology

G. B. Evgenev, g.evgenev@mail.ru, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russian Federation

Corresponding author:

Evgenev Georgiy B., Professor, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russian Federation
E-mail g.evgenev@mail.ru

*Received on January 20, 2022
Accepted on February 24, 2022*

The methods and means of creating integrated intelligent systems for design and technological design in mechanical engineering are described. Introduced representation of knowledge modules for non-programmer

Keywords: Industry 4.0, Industry 5.0, digital production, Internet of knowledge, Internet of things, integrated systems, intelligent systems

For citation:

Evgenyev G. B. Russian Technology of Industry 5.0. Metaontology, *Programmnaya Inzheneriya*, 2022, vol. 13, no. 4, pp. 178–186.

DOI: 10.17587/prin.13.178-186

References

1. **Industry 4.0**: the fourth industrial revolution — guide to Industrie 4.0, available at: <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0>.
2. **Industry 4.0**: the Future of Smart Manufacturing — Praim, available at: <https://www.praim.com/en/news/industry-4-0-the-future-of-smart-manufacturing/>
3. **Siemens** | Industrie 4.0, available at: <https://www.siemens.com/digital/enterprise>
4. **Digital Factory 4.0** | Industry 4.0 solution, available at: <https://antsolutions.eu/>
5. **Noritsugu U.** Society 5.0: a view of Mitsubishi Electric, *Economic strategies*, 2017, no. 4, pp. 2–11.
6. **Rzhevsky G. A.** Self-organization in social systemg, *Ontologia proektirovaniya*, 2014, no. 4 (14), pp. 8–17 (in Russian).
7. **The concept** of Industry 5.0, available at: <http://industry5.ru/koncept> (in Russian).
8. **GOST R 1.0-2004** "Standardization in the Russian Federation. Basic provisions" (in Russian).
9. **Evgenyev G. B.** Basics of automation of technological processes and production. Vol. 1: Information models. Vol. 2: Methods of design and management, Moscow, Publishing house of MSTU im. N. E. Bauman, 2015, vol. 1: 441 p. vol. 2: 479 p. (in Russian).
10. **Karl Marx**, *Great Soviet Encyclopedia*: [in 30 volumes] / ed. A. M. Prokhorova, 3rd ed, Moscow, Soviet Encyclopedia, 1969 (in Russian).
11. **SPRUT-Technology**. Design Automation, available at: <https://sprut.ru/> (in Russian).
12. **Evgenyev G. B.** Experttopedia as a means of creating an ontological Internet of knowledge, *Ontologia proektirovaniya*, 2019, vol. 9, no. 3 (33), pp. 307–320 (in Russian).
13. **SPRUT Center**. Highly professional Russian software solutions for the enterprise, available at: <https://csprut.ru/> (in Russian).
14. **Clear J.** Systemology. *Automation of solving system problems*: Per. from English, Moscow, Radio and communication, 1990, 544 p. (in Russian).

ИНФОРМАЦИЯ

Начинается подписка на журнал "Программная инженерия" на второе полугодие 2022 г.

Оформить подписку можно через подписные агентства
или непосредственно в редакции журнала.

Подписной индекс по Объединенному каталогу

"Пресса России" — 22765

Сообщаем, что с 2020 г. возможна подписка
на электронную версию нашего журнала через:

ООО "ИВИС": тел. (495) 777-65-57, 777-65-58; e-mail: sales@ivis.ru,

ООО "УП Урал-Пресс". Для оформления подписки (индекс 013312)
следует обратиться в филиал по месту жительства — <http://ural-press.ru>

Адрес редакции: 107076, Москва, Матросская Тишина, д. 23, оф. 45,

Издательство "Новые технологии",
редакция журнала "Программная инженерия"

Тел.: (499) 270-16-52. E-mail: prin@novtex.ru