

Онтологический подход к проектированию научно-производственных систем

© 2022, Г.Ф. Ахмедьянова ✉, А.М. Пищухин

Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

Аннотация

Рассматривая онтологию как один из аспектов систематизации, исследование сосредоточено на анализе сущностей, присутствующих и возникающих в процессе проектирования. Все сущности отображаются с различных процедур и операций проектирования, объединяются процессом проектирования и являются связующими между проектными процедурами и операциями. Их онтология образует некоторый «скелет», основную часть этого процесса. Выявленный порядок объединения сущностей используется в проектировании научно-производственной системы. Синтезируется структура системы, включающая как исследовательскую, так и экспериментально-производственную составляющие. Выявляется ключевой параметр, определяющий проектирование и реализацию проектируемой системы – её эффективность, оцениваемая по трём аспектам: результативности, целесообразности и оптимальности. При этом научно-исследовательская и экспериментально-производственная составляющие оцениваются принципиально различными показателями. В основу оценки научных результатов положена их значимость, а при оценке функционирования производственной составляющей используются экономические показатели. В работе синтезирована двухуровневая схема управления процессом проектирования, нацеленная на максимизацию эффективности проектируемой системы. На втором уровне отслеживаются показатели результативности, целесообразности и оптимальности всех проектируемых составляющих на каждом этапе. При отклонении значений какого-либо из этих показателей от оптимальных второй уровень направляет на первый один или несколько управляющих воздействий: параметрическое, структурное, организационное.

Ключевые слова: онтология, сущности, инновация, компоновка, научно-производственная система, эффективность, многоуровневое управление.

Цитирование: Ахмедьянова Г.Ф., Пищухин А.М. Онтологический подход к проектированию научно-производственных систем // Онтология проектирования. 2022. Т.12, № 1(43). С.57-67. DOI:10.18287/2223-9537-2022-12-1-57-67.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение

Онтология проектирования является одним из аспектов систематизации [1, 2]. Анализ сущностей, сопровождающих и возникающих в этом процессе, позволяет выявить структурный скелет проводимых процедур. Первый вывод, который при этом можно сделать, заключается в том, что все сущности *отображаются* (в философии принят термин «снимаются») с различных процедур и операций проектирования. Во-вторых, все сущности объединяются процессом проектирования. Одновременно, эти сущности являются связующими между проектными процедурами и операциями. Поскольку сущности претерпевают целенаправленные изменения в процессе проектирования, необходимо управление этим процессом [3, 4].

Принятие проектного решения сопровождается многократно повторяемым выбором из альтернатив, а выбор – это функция управления. Следовательно, необходимо провести исследование, начиная от онтологии или структуры выявленных сущностей, по выбору схемных решений в управлении проектированием [5, 6]. Перспективным направлением в этом смысле авторы считают многоуровневые системы управления [7, 8].

1 Онтология сущностей процесса проектирования

На рисунке 1 показана иерархическая структура, описывающая взаимосвязи составляющих процесса проектирования.



ТП-Е – техническое предложение; ТЗ – техническое задание; ЭП – эскизный проект; ЛИ – лабораторные испытания; ТП-Т – технический проект; ПИ – производственные испытания; РД – рабочая документация.

Рисунок 1- Структура взаимосвязей сущностей проектирования

Анализ этой схемы показывает, что необходимо обсуждать постановку целей формирования и изменения сущностей проектирования, выявлять управляемые величины, отражающие состояние этих сущностей, находить средства достижения целевого их состояния, оценивать достижимость этих целей и точность достижения и, поскольку целей много, то оптимально распределять управляющие ресурсы, направляемые на повышение полноты достижения этих целей.

Ещё до непосредственного проектирования (этап предпроектного исследования) необходимо выявить потребность и найти соответствующее техническое решение (инновацию). Поиск инновации продолжается до тех пор, пока не обеспечивается её привлекательность для инвестирования, через такие её параметры как прогнозируемый высокий спрос на неё, низкая себестоимость изготовления, возможность быстрого ввода в производство. Способствует улучшению этих показателей наличие аналогов, отработанность технологии, уже имеющееся организованное производство, способное быстро освоить инновацию.

Выбранная инновация становится *объектом проектирования*. Если инвестор найден, то результатом этапа формулирования *технического задания* (ТЗ) [9], следующей исследуемой сущности, всегда является некий компромисс между максимизацией возможностей инновации и технико-экономическими возможностями. Благодаря встречному движению вырабатываются чёткие требования к будущему изделию, включая всесторонний охват всех аспектов его производства, потребления или эксплуатации.

ТЗ одновременно является ограничителем при выборе планируемых к использованию *технических предложений*. Эти две сущности связаны самым тесным образом и не только со стороны ТЗ. Невозможность обеспечения заданных ТЗ ограничений заставляет возвращаться на этап его повторного формулирования.

После выбора технических предложений, удовлетворяющих требованиям ТЗ, необходимо провести совокупность проектных работ по обоснованию формы будущей инновации и взаимного расположения деталей, систем и узлов, то есть реализовать общую *компоновку*. Таким образом, сущность компоновки в общей интеграции, позволяющей отдельным составляющим выполнять свои функции в обеспечении собираемости инновации. Одновременно компоновка задаёт форму и габаритно-массовые показатели инновации в целом.

Только после завершения компоновки можно реализовать *эскизы* отдельных составляющих, а поскольку для последующих испытаний нужен хотя бы один *прототип*, эти эскизы

надо доводить до чертежей. Прототипирование позволяет малыми затратами проверить работоспособность инновации. Эти две сущности - эскизы и прототип - порождаются на этапе эскизного проекта и позволяют впервые увидеть инновацию в целом и проверить её в действии.

Эскизный прототип подвергается на следующем этапе лабораторным *испытаниям*. Эти испытания являются по возможности широкими, охватывают даже те части диапазонов параметров, в которых вероятность работы инновации, при дальнейшей её эксплуатации, мала. Это позволяет выявить позитивные и негативные тенденции будущих конструктивных и технологических изменений.

Недостатки и погрешности в работе инновации, обнаруженные на этапе лабораторных испытаний, устраняются на этапе *технического проекта*. Затем для усовершенствованного варианта прототипа проводят производственные испытания в условиях близких к реальным, в которых будет функционировать инновация.

Только после завершения испытаний и внесения изменений в инновацию разрабатывается *рабочая документация*.

Таким образом, проектные сущности возникают на определённом этапе, а возникнув однажды, продолжают существовать на всех следующих этапах, пусть даже в изменённой форме. Дольше всего существует инновация: возникая на первом этапе, она проходит по всем этапам и востребована до потери спроса на неё или до появления следующей инновации в рассматриваемой области. *Проект инновации* в целом существует до тех пор, пока существует документация на него.

Такая взаимосвязь сущностей отображена на рисунке 2. Из него ясно, что структуру сущностей проектирования в онтологии можно представить в виде обратного дерева, по которому можно двигаться в направлении от кроны к корню. Очевидно, что такое движение предусматривает параллельное существование сущностей и их схождение на конечном этапе проектирования.

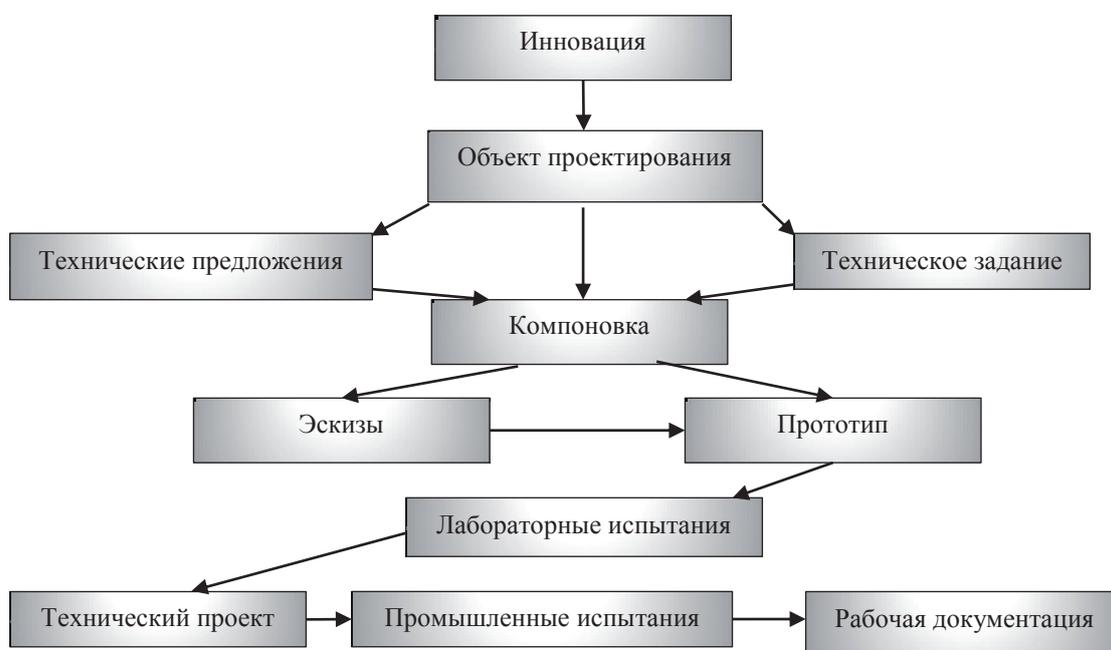


Рисунок 2 - Концептуальная схема онтологии процесса проектирования

2 Проектирование научно-производственной системы

Взаимосвязи сущностей можно проиллюстрировать на примере проектирования научно-производственной системы (НПС), занятой научными исследованиями в области технологий изготовления углепластика.

Инновацией в данном случае являются как изделия из углепластика, так и технологии их производства. Для того, чтобы инновация была поддержана финансовыми средствами, она должна быть привлекательна для частных инвесторов или государственного инвестирования. Государственные средства можно привлечь, например, занимаясь научными исследованиями в прорывных направлениях, и тогда есть возможность выиграть грант. В этом случае от НПС требуются в первую очередь фундаментальные научные результаты, связанные с технологией и технологическим оборудованием, как научного, так и производственного назначения. Если это возможно, надо сразу организовывать участки экспериментального производства, которые могут принести дополнительные средства [10, 11].

Объектом проектирования является в этом случае НПС, структура которой представлена на рисунке 3.

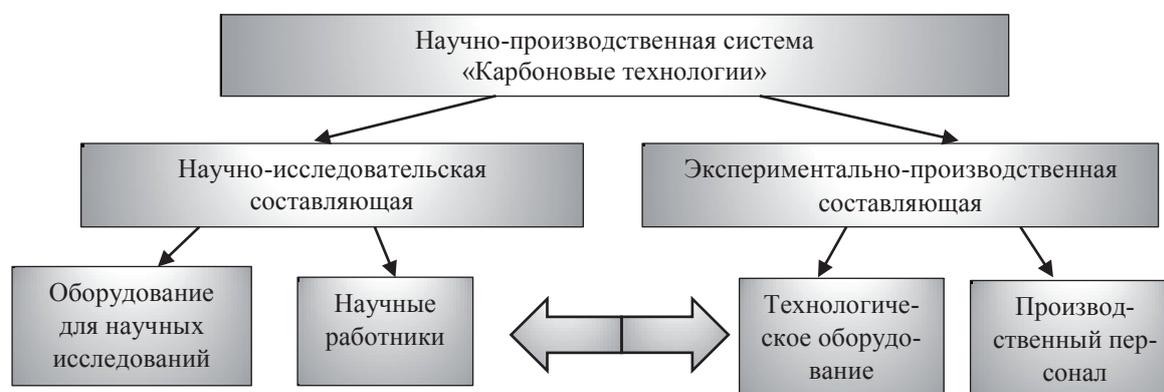


Рисунок 3 – Структура научно-производственной системы

Как только определены цели и задачи проектирования, формулируется ТЗ на проектирование этого объекта, которое условно можно разделить на 4 части.

В первой части задаются состав и технические характеристики оборудования для научных исследований в областях химического состава и механического строения углепластика, а также технологий его изготовления и формования. Здесь же формулируются требования на изготовление специализированного оборудования, отсутствующего на рынке.

Вторая часть ТЗ конкретизирует требования к количественному составу и квалификации научных работников, проводящих исследования с использованием выбранного в первой части оборудования.

Третья часть ТЗ содержит информацию о требованиях к составу и технологическим характеристикам производственного оборудования. Эта часть после запуска НПС в эксплуатацию может резко поменяться в зависимости от состава заявок на изготовление конкретных изделий.

Четвертая часть ТЗ включает требования к составу и квалификации производственного персонала. Поскольку объёмы производства и сложность изготавливаемых изделий определяются далее на этапе пробной эксплуатации, это часть также может претерпеть сильные изменения.

Этап подготовки технических предложений включает: обзор имеющихся близких по назначению НПС, анализ имеющегося на рынке оборудования для научных исследований по

выбранному направлению и промышленного оборудования. Кроме того, необходимы дополнительные технические предложения по оборудованию, которое должно изготавливаться по специальному заказу.

После проведения процедуры выбора оборудования, расчёта производственных мощностей, определения видов и организации труда персонала [12] можно переходить к этапу компоновки.

В данном случае главной задачей компоновки является разработка планировки, поскольку именно планировка объединяет расположение и перемещение всех составляющих частей, в виде основного оборудования и объектов, а также объектов, необходимых для организации жизнедеятельности персонала и функционирования НПС [13]. При этом критериями оптимального выбора различных конфигураций служит минимизация общей площади, геометрическая близость и адекватность разворота объектов, связанных технологической цепочкой, а также необходимость соблюдения требований техники безопасности и строительных норм и правил.

Другой задачей при этом является задача проектирования инженерных сетей и коммуникаций: транспортных, тепло-водо-газоснабжения, энергоснабжения и водоотведения. Сюда же добавляется внутренняя корпоративная информационная сеть. Для каждой из коммуникаций существуют свои критерии. Для выбора конфигурации транспортной сети можно применять критерий минимизации энергозатрат на доставку грузов. При проведении теплоснабжения необходима минимизация критерия близости к местам длительного пребывания персонала. Водо- и газоснабжение подразумевает минимальную длину трубопроводов, при условии выполнения требований техники безопасности.

3 Оценка проектных показателей

Планировка позволяет не только решить задачу размещения, но и оптимизировать это расположение с точки зрения доступности для персонала и транспортировки грузов. Любое выделение площади на планировке должно быть предметом постановки и решения задач оптимизации на основе вышеприведённых критериев, связанных с объёмами, ассортиментом и даже с прогнозом развития системы. Приближёнными решениями этих задач можно ограничиться на этапе эскизного проектирования, но можно разработать схему пошагового создания НПС и реализовать сначала основную часть.

Работоспособность системы может проверяться в реальности, если удастся реализовать в каком-то виде систему или её часть, а может быть проверена с помощью компьютерного моделирования.

При этом необходимо разобраться в том, каков потенциал этой системы при оценке её результативности. В первую очередь, конечно, научный потенциал, поскольку основное назначение системы – проведение научных исследований, но и производственные результаты также необходимо оценивать, хотя бы по управлению качеством продукции, как это принято [14, 15]. Структура ожидаемых от НПС результатов приведена на рисунке 4.

Оценка качества проектирования системы может быть сведена к оценке её эффективности. Эффективность часто рассматривают как понятие, характеризующееся *результативностью, целесообразностью, оптимальностью* соотношения результат/средства [16-18]. Следовательно, задача оценки эффективности упрощается за счёт разбиения оценки на эти три составляющих. Эти составляющие могут иметь следующее содержание.

Результативность научных исследований можно оценить публикационной активностью, которая характеризуется не только количеством публикаций и уровнем журналов, но, самое главное, через количество ссылок определяется научный интерес, проявленный к работе.

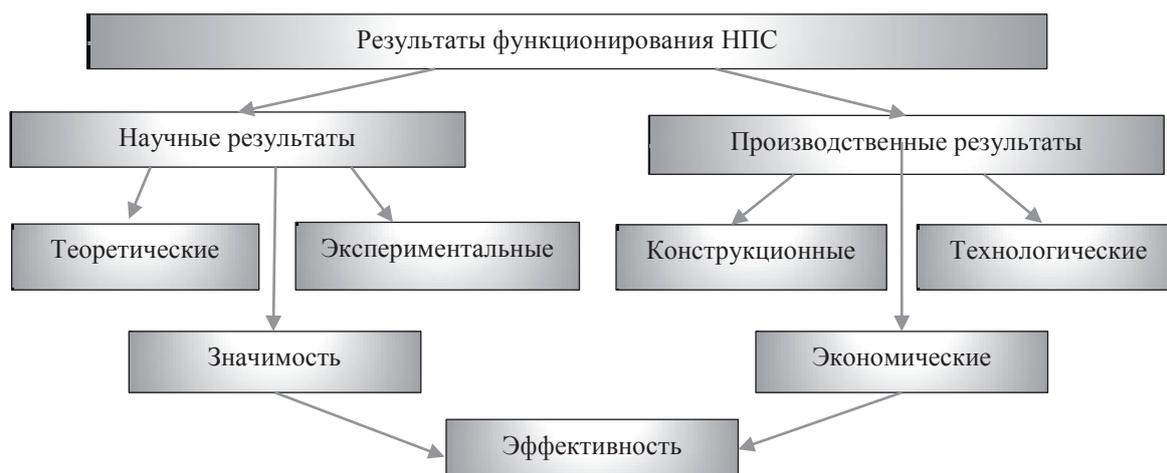


Рисунок 4 – Структура результатов функционирования НПС

Результативность экспериментальной производственной деятельности лучше всего оценивать экономически, как соотношение трёх факторов: количества заявок на изделия (спрос), цены, по которой эти изделия готовы покупать, и себестоимость их изготовления.

На основе анализа *целесообразности научных исследований* оцениваются перспективы их проведения. В этом случае большая эффективность у тех научных исследований, которые могут быть быстро внедрены в практику с принесением большого экономического эффекта. В этом случае фундаментальные исследования напрямую невыгодны, поэтому каждое государство стремится обеспечить финансовую поддержку в первую очередь фундаментальным исследованиям, а прикладные исследования поддержит частный бизнес.

Целесообразность экспериментальной производственной деятельности заключается в отработке новых технологий, превращении их в экономически выгодные. Этому способствуют оптимизация и автоматизация производственных процессов [19].

Оптимальность научных исследований можно понимать как нахождение наилучшего соотношения между фундаментальными и прикладными исследованиями, между теоретическими изысканиями и постановкой экспериментов, глубиной и обширностью исследований.

Предметом *оптимизации экспериментального производства* может быть снижение себестоимости изготовления продукции, определение оптимального ассортимента, оптимизация масштаба используемой технологии.

Для *интегральной оценки* можно использовать вышеприведённые показатели, доведённые до численного значения методом экспертных оценок.

Этап технического проектирования должен быть связан с реализацией НПС в отношении основных составляющих: исследовательской и производственной. При этом должны быть учтены все результаты лабораторных испытаний, проведённых расчётов и компьютерного моделирования.

Реализация системы на предыдущем этапе проектирования нужна ещё и потому, что только в реальности можно осуществить производственные испытания. Что касается НПС, то специально никаких условий создавать не нужно, необходимо только позволить ей функционировать и, оценивая значения показателей этого функционирования, производить возможные проектные корректировки. Создание окончательной рабочей документации позволит тиражировать эту систему в различных регионах и объединить созданные предприятия в холдинг.

4 Двухуровневое управление процессом проектирования

Можно предложить следующую схему двухуровневой системы управления проектированием НПС, как открытой системы, представленную на рисунке 5.



Рисунок 5 – Схема двухуровневого управления проектированием НПС

На первом уровне располагается управление проектированием НПС. Главной задачей на этом уровне является проектирование четырёх объектов: оборудования для научных исследований, количественного и квалификационного состава научных работников, производственного оборудования и производственного персонала.

На втором уровне осуществляется контроль и повышение эффективности проектируемой НПС, интегрированной по показателям соответствующих объектов и процессов, т.е. рассматривая её как интегрированный объект управления [20, 21]. При этом непрерывно отслеживается уровень результативности, целесообразности и оптимальности всех проектируемых составляющих на каждом этапе путём их экспертной оценки, здесь можно принять ступенчатую эталонную модель прогресса [22-24].

При отклонении какого-либо из этих показателей от оптимальных значений второй уровень начинает воздействовать на первый одним или несколькими из следующих видов управляющих воздействий: параметрическим, структурным или организационным. Обусловлено это тем, что нет необходимости непосредственного вмешательства в процесс проектирования, но можно «по-крупному» определять заданные значения (уставки), менять ключевые параметры (параметрическое воздействие). Можно удалять или добавлять элементы, а также их взаимосвязи, участвующие в процессе проектирования (структурные воздействия). Наконец, создавать благоприятные условия для проектирования НПС с повышенной эффективностью (организационные воздействия). Например, создавать условия для всесторонней реализации творческого потенциала проектантов.

Заключение

Онтология проектирования, рассматриваемая с точки зрения взаимосвязи возникающих сущностей, является действенным инструментом выявления многоуровневых схем управления. При этом выявленные сущности необходимо ранжировать по уровню их важности в отношении отображения главных свойств проектируемой системы. Если в этом ранжировании имеется преобладающая сущность, её можно помещать на верхний уровень управления, как это реализовано в данном исследовании на примере эффективности НПС. В противном случае можно воспользоваться интегральным показателем, объединяющим самые важные из выявленных сущностей.

Список источников

- [1] *Боргест Н.М.* Онтология проектирования Super Smart Society: сущность, понятия, проблемы // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XXI международной конф. (3-6 сентября 2019 г., Самара, Россия). - Самара: Офорт, 2019. Т.2. С.9-14.
- [2] *Боргест Н.М.* Ключевые термины онтологии проектирования: обзор, анализ, обобщения // Онтология проектирования. 2013. №3(9). С.97-31.
- [3] *Богданова Н.В., Боргест Н.М., Власов С.А., Глибоцкий Д.С.* Онтология проектирования современного университетского профильного музея // Онтология проектирования. 2021. Т.11. № 3 (41). С.320-338. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-3-320-338.
- [4] *Навроцкий М.А., Жукова Н.А., Муромцев Д.И.* Онтология проектирования, применения и сопровождения порталов научно-технической информации // Онтология проектирования. 2018. Т.8. №1(27). С.96-109. DOI:10.18287/2223-9537-2018-8-1-96-109.
- [5] *Смирнов С.В.* Онтологическое моделирование в ситуационном управлении // Онтология проектирования. 2012. №2(4). С.16-24.
- [6] *Боргест Н.М.* Границы онтологии проектирования // Онтология проектирования. 2017. Т.7, №1(23). С.7-33. DOI:10.18287/2223-9537-2017-7-1-7-33.
- [7] *Мухина А.Г., Шеляго Н.Д.* Системная интеграция на примере управления многоуровневыми структурами в нефтегазовом производстве // ИТ-Стандарт. 2019. № 2(19). С.52-60.
- [8] *Ахмедьянова Г.Ф., Пищухин А.М.* Основы многоуровневого управления в организационно-технических системах: монография. Оренбург: изд-во ОГУ. 2020. 62 с.
- [9] ГОСТ 2.001-2013. Единая система конструкторской документации. Общие положения. М.: Стандартинформ. 2014. 8 с.
- [10] *Голенков В.В., Таберко В.В., Иванюк Д.С., Русецкий К.В., Шункевич Д.В., Давыденко И.Т., Захаров В.В., Иващенко В.П., Корончик Д.Н.* Проектирование предприятий рецептурного производства на основе онтологий // Онтология проектирования. 2017. Т.7, №2(24). С.123-144. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-2-123-144.
- [11] *Боровков А.В.* Эффективность управления информацией, знаниями и интеллектуальным капиталом развивающейся производственной системы // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (НПИ). Серия: Социально-экономические науки. 2017. №5. С.77-81.
- [12] *Hecklauer F., Galeitzka M., Flachsa S., Kohlb H.* Holistic approach for human resource management in Industry 4.0 // Procedia CIRP. 2016. Vol.54. P.1–6. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116308629?via%3Dihub>.
- [13] *Егорова Т.А.* Пространственная планировка предприятия / В книге: Организационное проектирование. Санкт-Петербург, 2014. С62-169.
- [14] *Лазарева Е.И., Михайлова Т.Л.* Онтология проектирования качества продукции в приборостроении: праксеологический анализ применения технологии APQP. / В книге: Будущее технической науки. Сборник материалов XX Всероссийской молодежной научно-технической конференции, посвященной 800-летию Нижнего Новгорода. 2021. С.419-420.
- [15] *Березанский Д.П., Чулков А.К.* Интеграция методов проектного управления и инструментов бережливого производства с системой менеджмента качества // Управление качеством. 2016. №2. С.22-26.
- [16] *Смирнов Ю.Н., Каляшина А.В., Зиганин Э.Ш.* Интеграция автоматизированных систем управления как один из факторов повышения эффективности работы машиностроительного предприятия // Вестник МГТУ Станкин. 2021. №1(56). С.19-24.
- [17] *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Белов А.С., Скубьев А.В.* Эффективность обеспечения живучести подси-

- стемы управления сложной организационно-технической системы // Телекоммуникации. 2020. №11. С.41-47.
- [18] **Нузуманова Л.Ф., Сафиуллин А.Р., Валитов Ш.М., Трутнева А.А.** Сравнительная эффективность мероприятий по развитию производственной системы // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2015. Т.71. №5. С.125-128.
- [19] **Пищухин А.М., Ахмедьянова Г.Ф.** Технологизация и автоматизация - два аспекта совершенствования техники. Оренбург: ОГУ, 2019. 149 с.
- [20] **Пономарева О.С., Шестаев Д.В.** Интеграция методов управления промышленным предприятием // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2020. Т.11. №2. С.63-67.
- [21] **Pishchukhin A.M., Akhmedyanova G.F.** Algorithms for synthesizing management solutions based on OLAP-technologies // Journal of Physics: Conference Series. International Conference Information Technologies in Business and Industry - Enterprise Information Systems. 2018. С.042001.
- [22] **Contrafatto M.** Stewardship theory: Approaches and perspectives // Advances in Public Interest Accounting. 2014. Vol.17. P.177-196. DOI: 10.1108/S1041-706020140000017007.
- [23] **Пищухин А.М., Ахмедьянова Г.Ф.** Ступенчатое адаптивное управление с эталонной моделью // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2017. Т.19, №1. С.157-161.
- [24] **Рыбалкина З.М.** Модель развития управляемости организации // Вестник Казанского технологического университета. 2009. №1. С.122-125.

Сведения об авторах



Ахмедьянова Гульнара Фазульяновна, 1962 г. рождения. Окончила Оренбургский политехнический институт (1984), к.п.н. (2015). Доцент кафедры управления и информатики в технических системах Оренбургского государственного университета. Научных трудов свыше 100. SPIN: 5731-9945; AuthorID: 674304; ORCID: 0000-0003-3284-7794; ScopusID: 57202281622. ahmedyanova@bk.ru. ✉.

Пищухин Александр Михайлович, 1955 г. рождения. Окончил Оренбургский политехнический институт (1977), д.т.н. (2001). Профессор кафедры управления и информатики в технических системах Оренбургского государственного университета. Специалист в области автоматизации, системного анализа и управления. В списке научных трудов 300 работ. SPIN: 6308-2320; AuthorID: 409347; ResearcherID: P-9023-2015; ORCID: 0000-0003-4655-6824; ScopusID: 57193740929



pishchukhin55@mail.ru.

Поступила в редакцию 17.03.2022, после рецензирования 25.03.2022. Принята к публикации 29.03.2022.

Ontological approach to designing scientific and production systems

© 2022, G.F. Akhmedyanova ✉, A.M. Pishukhin

Orenburg State University, Orenburg, Russia

Abstract

Considering ontology as one of the aspects of systematization, the study is focused on the analysis of entities that accompany and arise in the designing process. All entities are displayed from various design procedures and operations, are combined by the design process and are links between design procedures and operations. Their ontology forms a certain skeleton, the main part of this process. The revealed order of combining entities is used in the designing scientific and production system for research purposes. The structure of the system is synthesized, including both research and experimental production components. The key parameter that determines the design and implementation of the designed system is revealed. Its usefulness is evaluated in three aspects: effectiveness, expediency and optimality. At the same time, the research and experimental production components are evaluated by fundamentally different indicators. The evaluation of scientific results is based on their significance, and when evaluating the functioning of the production component, economic indicators are used. A two-level scheme for managing the design process, aimed at maximizing the efficiency of the designed system is synthesized. At the second level, indicators of effectiveness, expediency and optimality of all projected components at each stage are monitored. If the values of any of these indicators deviate from the optimal ones, the second level directs one or more of the types of control actions to the first level: parametric, structural or organizational.

Key words: ontology, entities, innovation, layout, organizational and technical system, efficiency, multilevel management.

Citation: Akhmedyanova GF, Pishukhin AM. Ontological approach to designing scientific and production systems [In Russian]. *Ontology of designing*. 2022; 12(1): 57-67. DOI:10.18287/2223-9537-2022-12-1-57-67.

Conflict of interest: The author declares no conflict of interest.

List of figures

- Figure 1 - Structure of the designing entities relationship
- Figure 2 - Conceptual diagram of the ontology of the designing process
- Figure 3 - Structure of the scientific and production system
- Figure 4 - Structure of the scientific and production system functioning results
- Figure 5 - Scheme of two-level design management

References

- [1] **Borgest NM.** Ontology of designing of Super Smart Society: essence, concepts, problems [In Russian]. Problems of control and modeling in complex systems: Proceedings of the XXI International Conf. (September 3-6, 2019, Samara, Russia). - Samara: Etching, 2019; V. 2; 9-14.
- [2] **Borgest NM.** Key terms of ontology of designing: review, analysis, generalizations [In Russian]. *Ontology of designing*. 2013; 3(9): 97-31.
- [3] **Bogdanova NV, Borgest NM, Vlasov SA, Glybotsky DS.** Ontology of designing of a modern university profile museum [In Russian]. *Ontology of designing*. 2021; 11(3): 320-338. DOI:10.18287/2223-9537-2021-11-3-320-338.
- [4] **Navrotsky MA, Zhukova NA, Muromtsev DI.** Ontology of designing, application and maintenance of portals of scientific and technical information [In Russian]. *Ontology of designing*. 2018; 8(1): 96-109. DOI:10.18287/2223-9537-2018-8-1-96-109.
- [5] **Smirnov SV.** Ontological modeling in situational management [In Russian]. *Ontology of designing*. 2012; 2(4): 16-24.
- [6] **Borgest NM.** Boundaries of the ontology of designing [In Russian]. *Ontology of designing*. 2017; 7(1):7-33. DOI:10.18287/2223-9537-2017-7-1-7-33.
- [7] **Mukhina AG, Shelyago ND.** System integration on the example of managing multilevel structures in oil and gas production [In Russian]. *IT Standard*. 2019; 2(19): 52-60.

- [8] **Akhmedyanova GF, Pishchukhin AM**. Fundamentals of multi-level management in organizational and technical systems: monograph [In Russian]. Orenburg: OSU publishing house. 2020; 162 p.
- [9] GOST 2.001-2013. Unified system of design documentation. General provisions [In Russian]. Moscow: Standartin-form. 2014. 8 p.
- [10] **Golenkov VV, Taberko VV, Ivanyuk DS, Rusetskii KV, Shunkevich DV, Davydenko IT, Zakharov VV, Ivashenko VP, Koronchik DN**. Designing enterprises of prescription production based on ontologies [In Russian]. *Ontology of designing*. 2017; 7(2): 123-144. DOI:10.18287/2223-9537-2017-7-2-123-144.
- [11] **Borovkov AV**. Efficiency of management of information, knowledge and intellectual capital of a developing production system [In Russian]. *Bulletin of the South Russian State Technical University (NPI). Series: Social and economic sciences*. 2017; 5: 77-81.
- [12] **Hecklaue F, Galeitzkea M, Flachsa S, Kohlb H**. Holistic approach for human resource management in Industry 4.0 *Procedia CIRP*. 2016; 54: 1–6. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116308629?via%3Dihub>.
- [13] Spatial planning of the enterprise. In: *Organizational Design* [In Russian]. Textbook. St. Petersburg, 2014; 62-169.
- [14] **Lazareva EI, Mikhailova TL**. Ontology of product quality designing in instrument engineering: a praxeological analysis of the application of APQP technology [In Russian]. In the book: *The future of technical science. Collection of materials of the XX All-Russian Youth Scientific and Technical Conference dedicated to the 800th anniversary of Nizhny Novgorod*. 2021; 419-420.
- [15] **Berezansky DP, Chulkov AK**. Integration of project management methods and lean production tools with a quality management system [In Russian]. *Quality management*. 2016; 2: 22-26.
- [16] **Smirnov YuN, Kalyashina AV, Ziganshin ESh**. Integration of automated control systems as one of the factors for improving the efficiency of a machine-building enterprise [In Russian]. *Bulletin of MSTU Stankin*. 2021; 1(56): 19-24.
- [17] **Anisimov VG, Anisimov EG, Belov AS, Skubiev AV**. The effectiveness of ensuring the survivability of the control subsystem of a complex organizational and technical system [In Russian]. *Telecommunications*. 2020; 11: 41-47.
- [18] **Nugumanova LF, Safiullin AR, Valitov ShM, Trutnev AA**. Comparative efficiency of measures for the development of the production system [In Russian]. *Bulletin of the Kazan State Technical University. A.N. Tupolev*. 2015; 71(5): 125-128.
- [19] **Pishchukhin AM, Akhmedyanova GF**. Technologization and automation - two aspects of perfection technics [In Russian]. Orenburg: OSU, 2019; 149 p.
- [20] **Ponomareva OS, Shestaeв DV**. Integration of industrial enterprise management methods [In Russian]. *Actual problems of modern science, technology and education*. 2020; 11(2): 63-67.
- [21] **Pishchukhin AM, Akhmedyanova GF**. Algorithms for synthesizing management solutions based on OLAP technologies // *Journal of Physics: Conference Series. International Conference Information Technologies in Business and Industry - Enterprise Information Systems*. 2018; 042001.
- [22] **Contrafatto M**. Stewardship theory: Approaches and perspectives. *Advances in Public Interest Accounting*. 2014; 17: 177-196. DOI:10.1108/S1041-706020140000017007.
- [23] **Pishchukhin AM, Akhmedyanova GF**. Stepwise adaptive control with a reference model [In Russian]. *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2017; 19(1): 157-161.
- [24] **Rybalkina ZM**. Development model of organization management [In Russian]. *Bulletin of the Kazan Technological University*. 2009; 1: 122-125.

About the authors

Gulnara Fazulyanovna Akhmedyanova (b. 1962). Graduated from the Orenburg Polytechnic Institute (1984), Ph.D. (2015). Associate Professor of the Department of Management and Informatics in Technical Systems of the Orenburg State University. SPIN: 5731-9945; AuthorID: 674304; ORCID: 0000-0003-3284-7794; ScopusID: 57202281622. akhmedyanova@bk.ru ✉.

Alexander Mikhailovich Pishchukhin (b. 1955). Graduated from the Orenburg Polytechnic Institute (1977), Doctor of Technical Sciences. (2001). Professor of the Department of Control and Informatics in Technical Systems of the Orenburg State University. Specialist in the field of automation, systems analysis and management. There are 300 works in the list of scientific papers. SPIN: 6308-2320; AuthorID: 409347; ResearcherID: P-9023-2015; ORCID: 0000-0003-4655-6824; ScopusID: 57193740929. pishchukhin55@mail.ru.

Received March 17, 2022, Revised March 25, 2022. Accepted March 29, 2022.