

УДК 621.311:658.26
DOI: 10.15827/0236-235X.130.304-309

Дата подачи статьи: 21.02.20
2020. Т. 33. № 2. С. 304–309

Подходы к созданию онтологий для автоматизированных систем в машиностроительных производствах

Г.Б. Бурдо ¹, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Технология и автоматизация машиностроения», *gbtms@yandex.ru*

Н.А. Семенов ¹, д.т.н., профессор кафедры «Информационные системы»

Н.В. Воронцов ², аспирант

¹ Тверской государственный технический университет, г. Тверь, 170026, Россия

² Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, г. Москва, 105005, Россия

Большинство отечественных машиностроительных предприятий, выпускающих наукоемкую продукцию, характеризуются многономенклатурностью изделий и частой сменой видов изделий, что обуславливает необходимость сокращения времени, предусмотренного на выполнение этапов жизненного цикла изделия. Это возможно путем использования автоматизированных систем проектирования и изготовления.

Известно, что достаточно перспективным является онтологический подход к созданию автоматизированных систем, однако его использование может затрудняться применением не совсем рациональных методов.

В статье рассмотрены системные принципы и дано математическое описание предметной системы онтологий. Показано, что функция онтологий – это определяющий систему онтологий признак, вытекающий из целей разработки онтологий. Предлагается, помимо функции, определять систему онтологий набором элементов, связями между элементами данной системы онтологий с другими системами онтологий, параметрами каждого элемента в онтологии, параметром времени, онтологиями области решений, области исходных данных, области задач.

На основе методологии жизненного цикла изделия показано, что выявленные двенадцать стадий жизненного цикла характеризуются тем, что в рамках каждой из них решается одна задача, свойственная машиностроительному производству. Это значит, что для осуществления процесса проектирования в автоматизированной системе для данной стадии строится и реализуется одна система онтологий, а в рамках одного этапа реализуются несколько систем онтологий, связанных между собой, как имеющие значительные области пересечения. В каждом конкретном случае состав этапов жизненного цикла изделия нуждается в уточнении. Предлагается уточнение этапов, как и выявление задач, решаемых на этапах жизненного цикла изделия, выполнять на основе изучения процессов деятельности организации.

Ключевые слова: автоматизированные системы проектирования и управления, машиностроение, онтология, жизненный цикл изделия, управление процессами, системный подход.

Большинство отечественных машиностроительных предприятий, выпускающих наукоемкую продукцию, характеризуются многономенклатурностью изделий и частой сменой их видов, при этом необходимо сокращать период времени, предусмотренный на выполнение этапов жизненного цикла изделия (ЖЦИ).

Сегодня в различных автоматизированных системах проектирования, управления процессами предприятия, управления производственными системами и т.п., позволяющих значительно сократить длительность подготовки производства и повысить ее качество, активно реализуются элементы искусственного интеллекта.

Известно, что онтологический подход к созданию автоматизированных систем является

достаточно перспективным направлением, однако его применение может затрудняться использованием не совсем рациональных методов. Поэтому цель авторов – выявление концептуальных подходов к созданию автоматизированных систем, построенных на онтологическом подходе.

Подходы к построению автоматизированных систем проектирования и управления на основе онтологий

В работах [1–4] было показано, что онтологический подход открывает новые возможности для построения машиностроительных автоматизированных систем. Однако методологи-

ческая сторона вопроса не была досконально изучена, что привело к рассмотрению онтологий как к подходу вообще. В литературе, касающейся машиностроения, онтологии представлены как некий набор элементов производственных систем, соединенных связями и описываемых рядом параметров. В этом случае возникает естественный вопрос о целях создания онтологий. Если как некая база знаний ознакомительного характера в познавательных целях, то такой подход, наверное, может иметь место. Если же говорить об онтологиях как об аппарате для создания автоматизированных систем, то, на взгляд авторов, следует учитывать принципы построения онтологий.

Принципы построения онтологий

Системные принципы создания онтологий. Как уже отмечалось, онтологии – не самоцель, а эффективный инструментарий. Систему онтологий (O) можно характеризовать следующим набором признаков: $O = \langle F, N, S, P, t \rangle$, а $O = \{O_1, O_2, O_3\}$, где F – функция онтологий; N – набор элементов в онтологии; S – связи между элементами данной системы онтологий с другими системами онтологий (для решения других задач); P – параметры каждого элемента в онтологии; t – параметр времени в онтологиях; O_1 – онтологии области решений; O_2 – онтологии области исходных данных; O_3 – онтологии области задач.

Функция F онтологий – это определяющий систему онтологий признак, вытекающий из целей разработки онтологий. В общем случае функция онтологий O – установление посредством O_2 связей между O_3 и O_1 .

К примеру, если онтологии разрабатываются в целях создания автоматизированной системы проектирования технологических процессов механической обработки, то конечная функция онтологий – установление связей между структурой детали, параметрами качества ее поверхностей, параметрами технологической системы (оборудование, инструмент, технологическая оснастка), параметрами производственной системы (организационные формы реализации технологических процессов, целевая функция технологического процесса), с одной стороны, и параметрами и структурой технологического процесса – с другой [5–7].

Если рассматривать вопросы управления технологическими процессами механической обработки, то среди параметров детали нас бу-

дут интересовать, в первую очередь, трудоемкость и станкоемкость ее изготовления, масса.

Набор элементов N в онтологии $O = \{O_1, O_2, O_3\}$ определяется из соображений полного и адекватного описания областей решений, исходных данных и задач.

Связи S между элементами определяют информационные преобразования, посредством которых синтезируется проектное решение, иерархию элементов в онтологиях и взаимоотношения с другими системами онтологий.

Параметры P в онтологии представляют описание каждого элемента, необходимое для его идентификации в соответствующей области.

Параметр времени t в онтологиях необходим для определения последовательности решения подзадач в рамках решаемой задачи.

Представление онтологий по предлагаемому способу достаточно просто и позволяет целенаправленно строить автоматизированные системы проектирования и управления в машиностроении. Подход гарантирует отсутствие избыточности информации, что может затруднить процесс проектирования, и сходен с организацией естественного мышления человека (проектировщика).

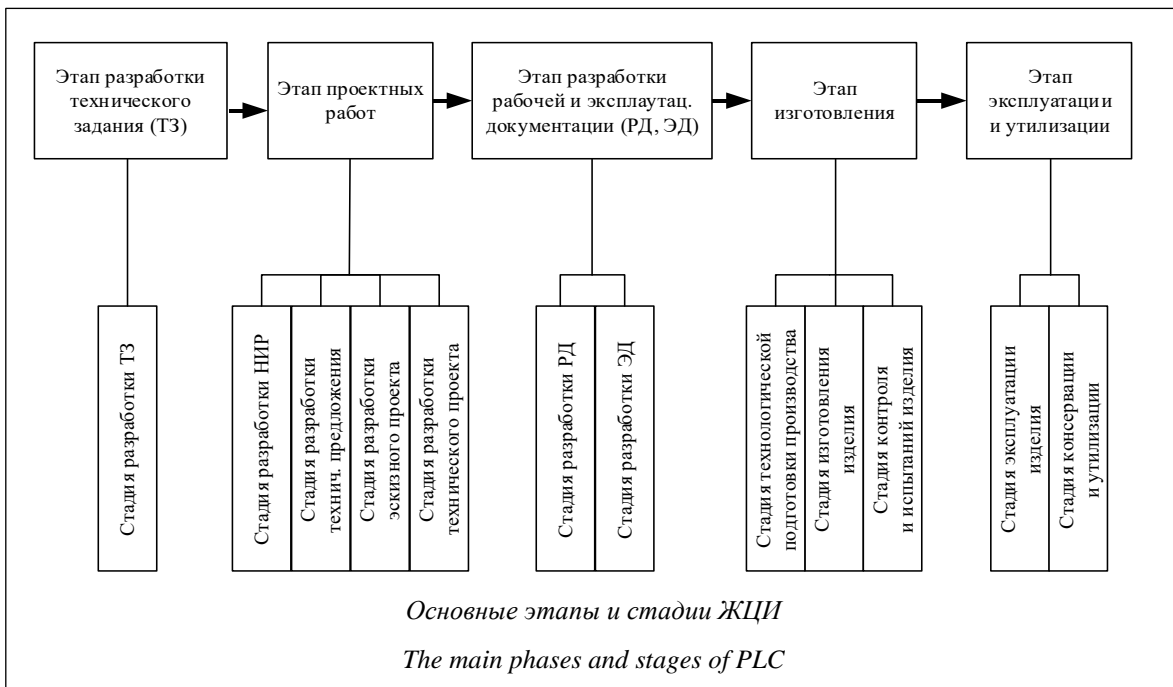
Интеграция с системами поддержки ЖЦИ. Методология ЖЦИ [8–10] также может быть инструментальным средством для разработки онтологий. Типовая структура ЖЦИ представлена на рисунке.

Отметим, что связи между системами онтологий для решения задач целесообразно ограничивать одним этапом ЖЦИ, так как в этом случае решаются родственные задачи и системы онтологий будут связаны смысловым аспектом.

Если не учесть данный факт, системы онтологий будут связаны только зависимостью по времени и иметь мало общих областей по элементам и параметрам.

Если развернуть все этапы ЖЦИ, то получим следующие стадии работ.

- Этап технического задания – стадия разработки технического задания (1).
- Этап проектных работ (проектирования изделия) – стадии выполнения НИР (2), разработки технического предложения (3), разработки эскизного проекта (4), разработки технического проекта (5).
- Этап рабочей и эксплуатационной документации – стадии разработки рабочей документации (6), разработки эксплуатационной документации (7).



- Этап изготовления – стадии технологической подготовки производства (8), изготовления изделия, включая управление изготовлением (9), контроля и испытаний изделия (10).
- Этап эксплуатации и утилизации – стадии эксплуатации изделия (11), утилизации изделия (12).

Выявленные двенадцать стадий характеризуются тем, что в рамках каждой из них решается одна задача, свойственная для машиностроительного производства. Это значит, что для осуществления процесса проектирования в автоматизированной системе для данной стадии ЖЦИ строится и реализуется одна система онтологий *O*.

В рамках одного этапа реализуются несколько систем онтологий *O*, связанных между собой, как имеющие значительные области пересечения.

Следует заметить, что состав стадий ЖЦИ приведен на примере одного из машиностроительных предприятий. В каждом конкретном случае он, как и состав систем онтологий, реализуемых в автоматизированных системах, должен быть уточнен на основе изучения процессов деятельности организации.

Учет процессов деятельности организации. Для исследования современных машиностроительных систем главное – определить задачи, реализуемые на предприятии, то есть выявить структуру и функции процессов. Эти действия необходимо выполнять в следующем порядке [11–14].

В первую очередь следует выявить функции, реализуемые в производственной системе, и для каждой из них определить, какие процессы (действия), выполняемые на протяжении ЖЦИ в рассматриваемой производственной системе, влияют на качество реализации функции, то есть на процесс принятия решения (обозначим их как процессы группы 1). Функции выявляются на основе анализа их целей.

Как правило, такими действиями могут быть научно-исследовательская работа, конструкторская и технологическая подготовка производства, изготовление (с планированием и управлением изготовлением и контролем) и испытания. Понятно, что этими процессами надо управлять, поэтому появляется верхний уровень управления (определение технического задания и собственно управление этапами ЖЦИ).

Процессы 1-й группы не могут существовать сами по себе, поэтому следует выявить процессы (действия), непосредственно не влияющие на процесс принятия решения, но необходимые для выполнения действий вида 1 (действия (процессы) группы 2). Например, подготовка различной технической документации, организация документооборота и т.д.

Таким образом, совокупность этих действий 1-й и 2-й групп и будет составлять суть процессов, реализуемых на предприятии.

Далее необходимо детализировать процессы, разбив их на операции. Каждая операция должна иметь законченный функциональ-

ный смысл, включать выполнение одной подфункции функции процесса.

Важно также найти золотую середину между концентрацией и дифференциацией действий в операции с учетом квалификации будущих пользователей автоматизированной системы, построенной на онтологиях, и возможности принятия ими самостоятельных решений.

Далее следует упорядочить по времени процессы 1-й группы и соотнести их с этапами и стадиями жизненного цикла.

Затем необходимо привязать процессы группы 2 к процессам 1-й группы по времени. Немаловажным является и определение ответственного за тот или иной процесс на каждом уровне, так как в работу включены участники из разных (по административной структуре) подразделений. Этот шаг необходим для придания автоматизированной системе сервис-ориентированной структуры и выявления наиболее важного пользователя системы. Сложность состоит в том, что участвующие в

процессе подразделения организации уже имеют своих руководителей. Как правило, осуществлять руководство должен наиболее грамотный (досконально понимающий суть процесса) из руководителей участвующих подразделений.

Заключение

Попытка использовать имеющиеся разработанные онтологии для машиностроительного производства оказалась малоуспешной, так как они по сути отражали лишь предметную область, не выделяя в ней области решений, задач, исходных данных и не показывая связи между ними.

Предлагаемый авторами подход планируется реализовать на одном из предприятий Тверского региона. Практика показала, что он понятен разработчикам системы, имеющим профессиональное представление о предметной области реализации.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 19-37-50084.

Литература

1. Бурдо Г.Б., Воробьева Е.В. Онтологический подход при проектировании технологических процессов // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем: матер. IV Междунар. науч.-технич. конф. OSTIS. Республика Беларусь, Минск, 2015. С. 461–464.
2. Евгеньев Г.Б. Интеллектуальные системы проектирования. М.: Изд-во МГТУ, 2009. 336 с.
3. Поздеев Б.М. Управление знаниями и интеллектуальная поддержка принятия решений на этапах проектирования и производства машиностроительных изделий // IX конф. по искусственному интеллекту (КИИ): сб. тр. М., 2004. Т. 3. С. 1039–1050.
4. Кондаков А.И. САПР технологических процессов. М., 2007. 272 с.
5. Корсаков В.С., Капустин Н.М., Темпельхоф К.Х. Автоматизация проектирования технологических процессов в машиностроении. М.: Машиностроение, 1986. 204 с.
6. Цветков В.Д. Системно-структурное моделирование и автоматизация проектирования технологических процессов. Минск: Наука и техника, 1979. 264 с.
7. Маталин А.А. Технология машиностроения. СПб: Машиностроение, 2006. 512 с.
8. Колчин А.Ф., Овсянников М.В., Стрекалов А.Ф., Сумароков С.В. Управление жизненным циклом продукции. М.: Анахарсис, 2002. 304 с.
9. Никифоров А.Д., Бакиев А.В. Процессы жизненного цикла продукции в машиностроении. М.: Абрис, 2011. 688 с.
10. Яблочников Е.И. Организация единого информационного пространства технической подготовки производства с использованием PDM SmartTeam // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2009. № 3. С. 22–29.
11. Бурдо Г.Б., Совершенствование технологической подготовки машиностроительного производства // СТИН. 2016. № 7. С. 2–8.
12. Вумек Д.П., Джонс Д.Т. Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании. М., 2008. 473 с.
13. Смирнова Н.В. Как не наступить на грабли при переходе на процессное управление // Управление производством. 2009. № 3. С. 26–32.
14. Бурдо Г.Б., Стоянова О.В. Автоматизированная система управления процессами создания наукоемких машиностроительных изделий // Программные продукты и системы. 2014. № 2. С. 164–170.

Approaches to creating ontologies for automated systems in machine-building industries

G.B. Burdo¹, Dr.Sc. (Engineering), Professor, Head of Chair, gbtms@yandex.ru

N.A. Semenov¹, Dr.Sc. (Engineering), Professor

N.V. Vorontsov², Postgraduate Student

¹Tver State Technical University, Nikitin Quay 22, Tver, 170026, Russian Federation

²Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russian Federation

Abstract. Most domestic machine-building enterprises that produce high-tech products have a characteristic by a product multiplicity, frequent changes in product types, and it is necessary to reduce the time period provided for the implementation of the product life cycle stages. This is possible by using automated design and manufacturing systems.

The ontological approach to the creation of automated systems is quite promising, but its application may be hampered by the use of not entirely rational methods. The authors considered system principles and gave the subject system mathematical description of ontologies. The ontology function is a feature that defines the ontology system and follows from the goals of ontology development.

In addition to the function, the authors proposed to define an ontology system by a set of elements; links between the elements of this ontology system with other ontology systems; parameters of each element in the ontology; time parameter; ontology by the solution area; source data area; and problem area.

Based on the product life cycle methodology, the authors showed that the identified 12 stages of the life cycle have a characteristic by the fact that within each of them one problem has a solution, which is typical for machine-building production. This means that there is a single ontology system for the design process in an automated system for this stage, and within a single stage there are several ontology systems linked together as having significant areas of intersection. In each case, the composition of the product life cycle stages needs to be clarified. There is an assumption to specify such stages, as well as to specify the tasks to be solved at the stages of the product life cycle based on the study of the organization's processes.

Keywords: automated design and control systems, mechanical engineering, ontology, product life cycle, process management, system approach.

Acknowledgements. The paper was with the financial support of the RFBR, project no. 19-37-50084.

References

1. Burdo G.B., Vorobeva E.V. An ontological approach to the design of technological processes. *Proc. 4th Intern. Conf. OSTIS*, Belarus, Minsk, 2015, pp. 461–464 (in Russ.).
2. Evgenev G.B. *Intelligent Design Systems*. Moscow, MSTU Publ., 2009, 336 p. (in Russ.).
3. Pozdeev B.M. Knowledge management and intellectual decision-making support at design and production stages of engineering products. *Proc. 9th Intern. Conf. on Artificial Intelligence*, Moscow, Fizmatlit Publ., 2004, vol. 3, pp. 1039–1050 (in Russ.).
4. Kondakov A.I. *CAD for Technological Processes*. Moscow, Akademiya Publ., 2007, 272 p. (in Russ.).
5. Korsakov V.S., Kapustin N.M., Tempelhof K.H. *Automation of Technological Process Design in Mechanical Engineering*. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1986, 204 p. (in Russ.).
6. Tsvetkov V.D. *System and Structural Modeling and Automation of Technological Process Design*. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1979, 264 p. (in Russ.).
7. Matalin A.A. *Mechanical Engineering Technology*. St. Petersburg, Mashinostroenie Publ., 2006, 512 p. (in Russ.).
8. Kolchin A.F., Ovsyannikov M.V., Strelalov A.F., Sumarokov S.V. *Product Lifecycle Management*. Moscow, Anaharsis Publ., 2002, 304 p. (in Russ.).
9. Nikiforov A.D., Bakiev A.V. *Product Life Cycle Processes in Mechanical Engineering*. Moscow, Abris Publ., 2011, 688 p. (in Russ.).
10. Yablochnikov E.I. Organization of a unified information space for technical production preparation using PDM SmarTeam. *Information Technologies in Design and Production*, 2009, no. 3, pp. 22–29 (in Russ.).
11. Burdo G.B. Improving the technological preparation of engineering production. *STIN*, 2016, no. 7, pp. 2–8 (in Russ.).
12. Womack J.P., Jones D.T. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Free Press, 2003, 396 p. (Russ. ed.: Moscow, 2008, 473 p.).

13. Smirnova N.V. How not to step on the rake during the transition to process management. *Production Management*, 2009, no. 3, pp. 26–32 (in Russ.).

14. Burdo G.B., Stoyanova O.V. Automated control system for science-based mechanical engineering product development. *Software & Systems*, 2014, no. 2, pp. 164–170 (in Russ.).

Для цитирования

Бурдо Г.Б., Семенов Н.А., Воронцов Н.В. Подходы к созданию онтологий для автоматизированных систем в машиностроительных производствах // Программные продукты и системы. 2020. Т. 33. № 2. С. 304–309. DOI: 10.15827/0236-235X.130.304-309.

For citation

Burdo G.B., Semenov N.A., Vorontsov N.V. Approaches to creating ontologies for automated systems in machine-building industries. *Software & Systems*, 2020, vol. 33, no. 2, pp. 304–309 (in Russ.). DOI: 10.15827/0236-235X.130.304-309.