

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИНЦИПОВ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ РАЗРАБОТКИ ИНЖЕНЕРНОГО ИЗДЕЛИЯ

Александр Юрьевич БРАИЛОВ

доктор технических наук, профессор

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Постановка проблемы. Конструкторско-технологическая разработка (КТР) изделия является сложным, итерационным, многовариантным, *неоднозначным* процессом [1–4]. Она выполняется группой инженеров (конструкторов, технологов). В таком процессе инженер является открытой нелинейной самоорганизующейся системой [5]. Он создает изделие, которое является открытой системой определенной структуры с прогнозируемым развитием.

В ходе создания изделия разрабатывается его двухмерная параметрическая модель [6, 7], трехмерная параметрическая модель [8, 9], конструкторская документация [4], технологическая документация [9], твердотельная параметрическая модель [9, 10], экспериментальный образец и опытный образец [11–14]. Все эти компоненты и их параметры должны соответствовать друг другу. Поэтому компоненты и их параметры удовлетворяют *однозначно* техническим требованиям к изделию.

Таким образом, суть проблемы ПКТР заключается в противоречии между *неоднозначностью процессов и промежуточных результатов* создания компонент инженерной деятельности и *однозначно заданным характеристикам и параметрам* изделия. Схематически эта проблема иллюстрирована на рисунке 1.

Требования к качеству, надежности и выносливости изделия постоянно ужесточаются. В добавление к этому рынок диктует сокращение стоимости и времени на инженерную разработку. Из-за этого *противоречие* между неоднозначностью процессов КТР и промежуточных результатов деятельности специалистов и необходимостью однозначности параметров конечного продукта особенно обостряется и становится главным отношением. Это

отношение и коррелированные проблемы происходят из-за несогласованности между ресурсами, распределенными для стадии конструкторско-технологической разработки, и количеством работы, которая должна быть сделана для выполнения проекта.

Когда такая проблема достигает определенного предела, процесс конструкторско-технологической разработки компрометирован так, что достижение подразумеваемого конечного результата проекта становится фактически невозможным. Не имеет значение, как высока квалификация инженерной команды, работающей над процессами проектирования, или как хорошо проект управляется, используя наибольшее количество современных управленческих технологий и деловых моделей. При достижении критической несогласованности происходит разрыв в ПКТР и получение экономически оправданного конечного результата невозможно.

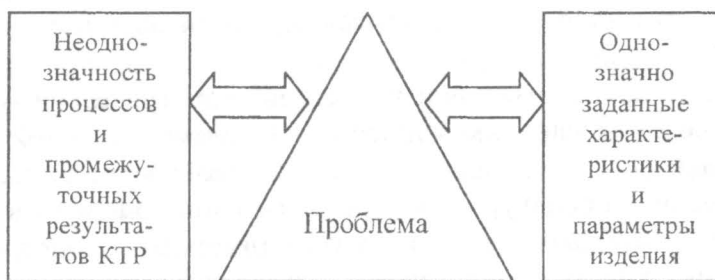


Рисунок 1 – Суть проблемы создания изделия

Для решения сформулированной проблемы и, следовательно, прямого продвижения вперёд процесса КТР используются современные системы автоматизированного проектирования (САПР) и модели, включающие информационные технологии [15]. Хотя эти современные технологии улучшают весь процесс КТР, сформулированная проблема еще не разрешена. Она продолжает оставаться серьезной задачей для ученых, математиков, конструкторов, технологов, программистов, управляющих и руководителей организаций на стадиях разработки, изготовления, эксплуатации, утилизации жизни изделия.

Поскольку эксперты в различных областях участвуют в разработке сложного инженерного изделия, особенно важно

определить главные основные принципы в качестве направляющих линий достижения желаемого конечного результата. Эти различные принципы помогают разрешить противоречие между неоднозначностью процесса КТР и однозначностью требований к конечному изделию. Поэтому определение таких принципов необходимо как для дальнейшего развития теории создания сложного инженерного изделия, так и для практической деятельности.

Анализ публикаций. Работы профессора Ванина Владимира Владимировича и его исследовательской команды положили начало новому современному научному направлению в развитии прикладной геометрии и инженерной графики. Это направление получило название "структурно-параметрическое моделирование" [2, 16–19].

В их работе [2] сформулированы общие принципы структурно-параметрической геометрической методологии (СПГМ): принцип системного подхода, принцип вариантности, принцип оптимальности, принцип открытости и развития, принцип комплексного подхода. Эти принципы относятся к моделированию на основе геометрических моделей.

Исследование созданной целостной геометрической модели не требует преобразования компонентов и элементов этой модели. Следовательно, нет необходимости в разработке специальных математических процедур для преобразования элементов модели. Также нет необходимости в математических процедурах для отображения сущности и характера взаимосвязи между элементами модели.

Особенности взаимодействия специалиста с уже созданной геометрической моделью, в соответствии с заданной программой, не влияют на результаты исследований. Поэтому характер такого взаимодействия не учитывается.

Хотя, это истинно, в общем, в определенных ситуациях вышеуказанные принципы СПГМ могут быть применены в ПКТР изделия также.

Постановка задачи. Цель настоящей работы — определить принципы процесса конструкторско-технологической разработки сложного инженерного изделия и выполнить классификацию этих принципов по основанию неоднозначности процессов и их промежуточных результатов и однозначности установленных характеристик и параметров изделия под разработку.

Основной материал исследования. Так как геометрическое моделирование сопровождает все этапы жизненного цикла инженерного изделия, поэтому и принципы структурно-параметрического геометрического моделирования могут также быть использованы для осуществления процесса конструкторско-технологической разработки этого изделия. Для осуществления процесса конструкторско-технологической разработки изделия принципы структурно-параметрического геометрического моделирования модифицируются. В данном исследовании модификация принципов СПГМ предложена уже для другого вида деятельности (ПКТР) и для другого объекта (изделие).

Принципы ПКТР изделия сформулированы следующим образом.

1. *Принцип системного подхода в ПКТР изделия.* Создаваемое изделие является множеством взаимосвязанных компонентов и одновременно компонентом изделия более высокого иерархического уровня или внешней среды. Причем, изделие как совокупность компонентов обладает новыми свойствами и функциями относительно составляющих его компонентов.

2. *Принцип вариантности ПКТР изделия.* В любом процессе конструкторско-технологической разработки специалистами создаются такие структурные и параметрические разновидности компонентов, которые позволяют конечному пользователю гибко, эффективно и удобно определять окончательный вид изделия, чтобы удовлетворить пользовательским потребностям и требованиям.

3. *Принцип оптимальности ПКТР изделия.* В любом процессе конструкторско-технологической разработки специалистами создаются компоненты конечного изделия, которые позволяют определять и фиксировать оптимальные допуски значений конечных параметров и характеристик функционирования изделия.

4. *Принцип открытости и развития ПКТР изделия.* Процесс конструкторско-технологической разработки обеспечивает возможность и гибкость модификации и обновления всех компонентов изделия в течение его жизненного цикла, когда необходимо или предписано изменение условий эксплуатации и применения конечного продукта.

5. *Принцип комплексного подхода ПКТР изделия.* В процессе конструкторско-технологической разработки компонентов изделия

специальные внешние и внутренние связи следует разрабатывать, чтобы обеспечить согласованность различных компонентов и их координацию в достижении желаемых конечных свойств и характеристик разработанного изделия.

Для повышения эффективности такой координации в процессе ПКТР вводятся ещё два дополнительных принципа: принцип преобразования и принцип адаптивной организации.

6. *Принцип преобразования [4] в ПКТР изделия.* Несюръективные и взаимно однозначные (биективные) отображения множеств параметров компонентов получают в едином цикле конструкторско-технологической разработки изделия (Рис. 2).

7. *Принцип адаптивной организации ПКТР изделия.* Специалист, ответственный за разработку изделия, адаптируясь к задачам, организует процесс конструкторско-технологической разработки для нахождения равновесия (компромиссных решений) между противоречивыми требованиями к изделию и процессам его функционирования. Например, такие противоречивые требования как полнота и простота, однозначность и многовариантность, точность и приемлемый принимаемый допуск, гибкость и удобство в использовании, легкое обновление компонентов и сложность многоцелевой многофункциональной конструкции изделия и т.п. заставляют профессионалов правильно определять цели и находить компромиссные решения.

Эффективность компромиссного решения зависит от способности специалиста быстро адаптироваться в сложной противоречивой ситуации.

развития, комплексного подхода, преобразования, адаптивной организации.

2. Выполненная классификация позволила выявить три принципа, разрешающие противоречие между неоднозначностью процессов и промежуточных результатов инженерной деятельности и однозначно заданным характеристикам и параметрам изделия под разработку. Это общенаучный принцип *системного подхода*, а также частнонаучные принципы *преобразования* и *адаптивной организации*.

3. Все семь принципов отражают неоднозначность процессов и промежуточных результатов инженерной деятельности.

4. Использование разработанных принципов позволяет реализовать изделие как единую систему со сложными связями между компонентами. Такое изделие сохраняет целостность при перегрузках, повреждениях и естественном старении.

5. Два из семи принципов, а именно: *преобразования* и *адаптивной организации* — сформулированы впервые для процесса конструкторско-технологической разработки изделия. В настоящее время *скорость адаптации* специалистов, вовлеченных в разработку изделия, в сложных противоречивых ситуациях является одним из важных критериев эффективности процесса конструкторско-технологической разработки в целом.

Таблица

Классификация принципов создания изделия

№, Степень общности принципа	Принципы СПГМ Профессор Ванин В.В. [2]	Принципы ПКТР Профессор Браилов А.Ю. [3, 4]	Неоднзначность	Однозначность
1	2	3	4	5
1. Общенаучный принцип	Принцип системного подхода заключается "в рассмотрении исследуемого объекта одновременно и как множества определенных взаимосвязанных элементов, и как потенциального компонента геометрической фигуры более высокого иерархического уровня".	<i>Принцип системного подхода в ПКТР изделия.</i> Создаваемое изделие является множеством взаимосвязанных компонентов и одновременно компонентом изделия более высокого иерархического уровня или внешней среды. Причем, изделие обладает новыми свойствами и функциями относительно его компонентов.	+	+

<p>2. Обще-научный принцип</p>	<p>Принцип вариантности заключается "в требовании обеспечения геометрической моделью гибкого, эффективного, прогнозируемого и удобного для конечного пользователя создания параметрических и структурных разновидностей данного объекта или процесса".</p>	<p><i>Принцип вариантности ПКТР изделия.</i> Специалистами создаются такие структурные и параметрические разновидности компонентов, которые позволяют пользователю гибко, эффективно, прогнозируемо и удобно определять вид изделия в соответствии с его требованиями и задачами.</p>	<p>+</p>	<p>–</p>
<p>3. Обще-научный принцип</p>	<p>Принцип оптимальности состоит в "наличии в модели средств для определения рациональных значений параметров и характеристик создаваемого предмета или явления".</p>	<p><i>Принцип оптимальности ПКТР изделия.</i> Специалистами создаются компоненты, с помощью которых можно определять и устанавливать рациональные значения параметров и характеристик функционирования изделия.</p>	<p>+</p>	<p>–</p>
<p>4. Частно-научный принцип</p>	<p>Принцип открытости и развития "сводится к возможности легкого обновления и расширения составляющих структурно-параметрической геометрической модели".</p>	<p><i>Принцип открытости и развития ПКТР изделия.</i> Разработка обеспечивает возможность модификации и обновления компонентов в ситуации изменения условий эксплуатации изделия и появления необходимых компонентов с новым принципом действия.</p>	<p>+</p>	<p>–</p>
<p>5. Частно-научный принцип</p>	<p>Принцип комплексного подхода заключается "в приспособлении геометрической модели к согласованному учету разнообразных потребностей других математических описаний исследуемого объекта или</p>	<p><i>Принцип комплексного подхода ПКТР изделия.</i> Специалистами создаются компоненты для согласования разнообразных характеристик и параметров различных компонентов изделия.</p>	<p>+</p>	<p>–</p>

	процесса".			
6. Частно-научный принцип	Не вводился	<i>Принцип преобразования [4] в ПКТР изделия. Несюръективные и взаимно однозначные (биективные) отображения множеств параметров компонент проектно-конструкторско-технологической разработки получают в едином цикле создания изделия.</i>	+	+
7. Частно-научный принцип	Не вводился	<i>Принцип адаптивной организации в ПКТР изделия. Специалист, адаптируясь к задачам, организует проектно-конструкторско-технологическую разработку для получения компромиссного решения между противоречивыми требованиями к изделию или процессам его функционирования.</i>	+	+

Список использованной литературы:

1. Браилов А.Ю. Интерференция и проблема конструирования в машиностроении //Труды Одесского политехнического университета. - Одесса: ОГПУ, 2002. - Вып. 2(18). - С. 21-24.
2. Ванін В.В. Визначення та основні положення структурно-параметричного геометричного моделювання /Ванін В.В., Вірченко Г.А. //Геометричне та комп'ютерне моделювання: Збірник наукових праць. - Харків: ХДУХТ, 2009. - Вип. 23. - С. 42-48.
3. Brailov A.Yu., 2008, "A theoretical approach to transformations of two-dimensional and three-dimensional models of the product", *Proc. 13th ICGG*, Dresden, Germany, 58-59.
4. Браилов А.Ю. Решение проблем конструирования на основе теории множеств //Геометричне та комп'ютерне моделювання: Збірник наукових праць. - Харків: ХДУХТ, 2009. - Вип. 22. - С. 106-117.
5. Ершова-Бабенко И.В. Психосинергетические стратегии человеческой деятельности (Концептуальная модель). – В.: NOVA KNYGA, 2005. – 250 с.
6. Brailov A.Yu., 2002, "Interference in design", *Proc. 10th ICGG*, Kiev, Ukraine, Vol. 1, 84-88.

7. Brailov, A.Yu., 2004, "Designing using T-FLEX CAD", *Proc. 11th ICGG*, Guangzhou, China, 397—402.
8. Stachel, H., Descriptive Geometry meets Computer Vision – the Geometry of Multiple Images, *Proc. 12th ICGG*, Salvador, Brazil, (2006), Paper #T30.
9. Браилов А.Ю. Компьютерная инженерная графика в среде T-FLEX: преобразования двухмерных и трехмерных моделей изделий. – Киев: Каравелла, 2007. — 176 с.
10. Gao, S., Saga, T., Sakurai, T., Igarashi, S., Maki, H., 2004, "Geometric and solid modeling for gear CAD/CAM", *Proc. 11th ICGG*, Guangzhou, China, 349—352.
11. Bar, G. F. Weiss, G., Kinematics investigation of a Pentapod Robot, *Proc. 12th ICGG*, Salvador, Brazil, (2006), Paper #T26.
12. Brailov, A. Yu., 2006, "Development of a parametrical three-dimensional model of a product", *Proc. 12th ICGG*, Salvador, Brazil, Paper #A19.
13. Suzuki, K., Fukano, A., Kanai, T., Kashiwabara, K., Kato, M., Nagashima, S., Tanaka, I., Tsutsumi, E., Yokoyama, Yu., Adachi, H., Kondo, K., Yamaguchi, Ya., Development of graphics literacy education (2) – Full implementation at the university of Tokyo in 2007, *Proc. 13th ICGG*, Dresden, Germany, 228.
14. Suzuki, K., Schroecker, H.-P., Application of descriptive geometry procedures in solving spatial problems with feature – and parametric-modeling 3D CAD, *Proc. 13th ICGG*, Dresden, Germany, 229.
15. Российский комплекс программ T-FLEX CAD/CAM/CAE/PDM. — М.: "Топ Системы", 2005. — 52 с.
16. Ванін В.В. Структурно-параметричні геометричні моделі як основа для узгодженої розробки літака на стадії ескізного проектування /Ванін В.В., Вірченко Г.А., Ванін І.В. //Наукові вісті НТТУ "КПІ". — № 4. — К.: НТТУ "КПІ", 2006. — С. 35—41.
17. Ванін В.В. Структурно-параметричні геометричні моделі як інваріантна складова комп'ютерних інформаційних технологій підтримки життєвого циклу виробів машинобудування /Ванін В.В., Вірченко Г.А., Ванін В.В. //Праці Тавр. держ. агротех. академії. — Вип. 4. — Т. 36. — Мелітополь: ТДАТА, 2007. — С. 16—21.
18. Ткачевський Я.І. Структурне моделювання складних геометричних об'єктів у літакобудуванні: дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.01.01 "Прикладна геометрія, інженерна графіка". — К.: КНУБА, 2007. — 175 с.
19. Вірченко Г.А. Відтворення визначників кінематичних поверхонь засобами структурно-параметричних геометричних моделей //Геометричне та комп'ютерне моделювання. — Харків: ХДУХТ, 2009. — Вип. 25. — С. 9—13.