

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Норенков И.П.* Основы автоматизированного проектирования. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 360 с.
2. *Курейчик В.В., Курейчик В.М., Родзин С.И.* Концепция эволюционных вычислений, инспирированных природными системами // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 4 (93). – С. 16-24.
3. *Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М.* Генетические алгоритмы / Под ред. В.М. Курейчика. – М.: Физматлит, 2006. – 320 с.
4. *Курейчик, В.В., Полупанов, А.А.* Эволюционные методы разбиения схем на основе адаптивных генетических процедур: монография. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2007. – 160 с.
5. *Курносова Е.Е.* Об одном подходе к построению интегрированных алгоритмов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2008. – № 9 (86). – С. 104-107.
6. *Курносова Е.Е.* Интегрированный алгоритм поиска оптимальных решений в задачах оптимизации // Труды международных научно-технических конференций «Интеллектуальные системы» (AIS'08) и «Интеллектуальные САПР» (CAD-2008). Научное издание в 4-х томах. – М.: Физматлит, 2008. – Т. 1. – С. 193-197.
7. *Курносова Е.Е., Полупанов А.А.* Методы повышения качества решений в эволюционно-генетических алгоритмах // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 4 (93). – С. 62-66.
8. *Курейчик В.В., Курносова Е.Е.* Методы формирования стартовой популяции решений // Труды международных научно-технических конференций «Интеллектуальные системы» (AIS'09) и «Интеллектуальные САПР» (CAD-2009). Научное издание в 4-х томах. – М.: Физматлит, 2009.
9. *Курейчик В.В., Полупанова Е.Е.* Эволюционная оптимизация на основе алгоритма колонии пчёл // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 12 (101). – С. 41-46.

**Полупанова Елена Евгеньевна**

Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: jienka@mail.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: +79284013301.

**Polupanova Elena Evgenievna**

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: jienka@mail.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: +79284013301.

УДК 863.118.1:14

**В.В. Янушко****ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ В СИСТЕМНОМ АНАЛИЗЕ ЗАДАЧ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

*Рассмотрено влияние неопределенностей при системном анализе процесса концептуального проектирования. Приводятся основные задачи, возникающие в процессе проектирования и взаимосвязи между ними. Указываются различные виды неопределенностей, выявленные в задачах планирования, прогнозирования и анализа проектных решений.*

*Проектирование; системный анализ; САПР.*

V.V Janushko

**ASSESSMENT OF UNCERTAINTIES INFLUENCE OF SYSTEMIC ANALYSIS OF PROBLEMS CONCEPTUAL DESIGN.**

*The article examines the impact of uncertainties in the system analysis process of conceptual design. The basic problem arising in the design process and the relationship between them. Identifies various types of uncertainty identified in the tasks of planning, forecasting and analysis of design decisions.*

*Design; systems analysis; CAD.*

Любое современное производство предполагает использование средств автоматизации, в том числе и систем автоматизированного проектирования (САПР). САПР – это инструмент, решающий весь комплекс задач от анализа задания до разработки полного объема конструкторской и технологической документации. САПР объединяет технические средства, математическое и программное обеспечение, параметры и характеристики которых выбирают с максимальным учетом особенностей задач инженерного проектирования и конструирования.

Стадии (этапы) проектирования подразделяют на составные части, называемые проектными процедурами. Примерами проектных процедур могут служить подготовка детализованных чертежей, анализ кинематики, моделирование переходного процесса, оптимизация параметров и другие проектные задачи. Стремление сократить временные затраты на проектирование привело к разработке методик параллельного проектирования (совмещенного проектирования), при котором параллельно во времени решаются задачи, связанные друг с другом по входным и выходным данным таким образом, что для решения одной из них требуется знание результатов решения другой задачи. Поскольку эти результаты к началу процедуры параллельного проектирования еще не получены, в методике параллельного проектирования должны быть указаны способы задания еще не определенных значений параметров. Примерам параллельного проектирования могут служить параллельная разработка аппаратных и программных средств вычислительных систем.

Объектом проектирования является воображаемый объект проектирования (ОП), который впоследствии должно быть создан искусственным путем для удовлетворения определенных потребностей человека. В создании этого объекта (устройства) и в других стадиях жизненного цикла принимают участие множество людей, поэтому абстрактное представление о проектируемом устройстве не может быть единственным и четким. Проектируемое устройство, как правило, состоит из множества взаимосвязанных частей, т.е. имеет структуру, которая не определена на начальных стадиях разработки. Объекту проектирования могут соответствовать различные системы в разных задачах проектирования. Для того чтобы определить любую систему, подлежащую рассмотрению в процессах проектирования, необходимо иметь представление о «полезном результате» ее деятельности, который выполняет роль системообразующего фактора

В задачах внутреннего проектирования рассматриваются порождающие или структурированные системы, представляющие внутреннее строение и функционирование ОП. На этом уровне решаются задачи исследования (анализа) систем с целью накопления информации, а также задачи проектирования (синтеза) систем на основе полученных знаний.

На рис. 1 показаны основные элементы систем, влияющие на процессы внешнего проектирования. ОП может представлять собой независимый объект и рассматриваться как самостоятельный субъект совместно с другими субъектами, такими как производство, продажи, потребления и т.д.

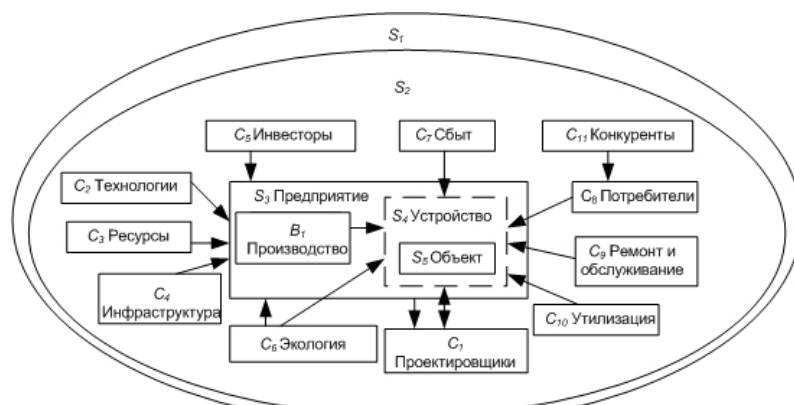


Рис. 1. Основные модули системы внешнего проектирования

Проведение проектно-конструкторских работ возможно начинать только тогда, когда существует потребность в ОП, а также возможность его производства. Поэтому во многих задачах внешнего проектирования необходимо рассматривать требования, которые предъявляются к предприятию-производителю со стороны инвесторов, технологий, инфраструктуры, обеспечения ресурсами, экологии, макроэкономики и т.д. Следует заметить, что Окружение влияет на все элементы систем внешнего проектирования, в связи с чем, требования могут изменяться во времени. Поэтому исследование динамики систем внешнего проектирования является одной из важнейших задач САПР.

Сформулируем главные задачи, возникающие во время внешнего проектирования:

**Задача 1.** Формирование обобщенных требований к ОП поступают из различных источников (производителя, проектировщиков, потребителей и инвесторов). Это – задача коллективного принятия решений в условиях конфликта. При этом участники процесса могут иметь взаимно-исключающие требования к функциям ОП (или даже друг к другу). Примером структуры соответствующей системы на рис. 1 может служить  $S_2 = \{C_i \in S_2, i = 1, \dots, 11; S_j \in S_2, j = 3, 4\}$ . Идеальным результатом является удовлетворение взаимных требований всех участников. Он достижим в случае, когда нет противоречий между требованиями. Представления об ОП являются самыми общими (функциональное назначение, потребность в ресурсах, наличие конкурентов, оценка спроса и т.п.).

**Задача 2.** Исследование динамики системы  $S_2$ . Для этого необходимо построить модель системы  $S_1 = \{S_2, D_1\}$  и провести серию вычислительных экспериментов для проверки гипотез о зависимости поведения системы  $S_2$  от окружения  $D_1$ . Результатами решения данной задачи являются изменения требований к ОП. Для построения прогнозирующих моделей необходима информация о структуре, состояниях и о закономерностях изменения элементов системы  $S_2$ . В том числе о закономерностях развития технических объектов данного функционального назначения. Построение моделей развития таких систем требует учета целенаправленных действий (стратегий) руководства предприятия, инвесторов, конкурентов и т.д. Анализ и синтез стратегий являются предметом стратегического планирования. Во многих случаях структура исследуемой системы  $S_1$  неизвестна, тогда изменения свойств  $S_2$  во времени можно описать либо экстраполяцией регрессионных моделей, построенных по накопленным наблюдениям, либо на основе имитационных моделей.

**Задача 3.** Задача определения целей системы  $S_3$  (и/или целей систем  $C_i$ ,  $i=1, \dots, 11$  см. рис. 1) связана с исследованием метасистем  $S_1$  и  $S_2$ . В отличие от предыдущей задачи, в данном случае необходимо иметь представление о конечном ОП. Формирование такого представления, выработка способов достижения целей и разрешение конфликтных ситуаций между возможным и желаемым элементами процесса стратегического планирования. Решение задач стратегического планирования основано на результатах прогнозирования и включает процедуры принятия коллективных решений в конфликтных ситуациях, а также процедуры синтеза представлений о желаемом будущем и политик его достижения.

**Задача 4.** Определение желаемого будущего для системы  $S_3$  (и/или целей систем  $C_i$ ,  $i=1, \dots, 11$ ) может проводиться нормативным способом, либо путем генерации сценариев на основе причинно-следственных связей между элементами систем  $S_1$  и  $S_2$  с последующим выбором наиболее желательного исхода. Во втором случае необходимо располагать информацией, необходимой для построения множества сценариев.

**Задача 5.** Проектирование ТО для выполнения одной или нескольких заданных функций и удовлетворяющее заданному набору требований. Эта задача сводится к выбору существующего устройства из БД по ТР или к проектированию нового объекта. В первом случае имеем задачу поиска, во втором – задачу синтеза системы  $S_5$ . Для решения задачи синтеза необходимо проведение предварительного исследования системы  $S_5$ , с целью накопления информации об объектах синтеза. В зависимости от вида и состава этой информации, а также от поставленных целей могут решаться задачи синтеза функциональной структуры, конструктивной, функционально-конструктивной, а также задача синтеза физического принципа действия. При этом синтез может осуществляться на основе совершенствования прототипа (реинжиниринг), либо без рассмотрения прототипа.

**Задача 6.** Задача частичного проектирования требует исследования систем  $S_4$  и  $S_5$ . При этом может иметь место не только задача структурного синтеза системы  $S_5$ , но и задача переопределения структуры системы  $S_4$ . В задачах частичного проектирования синтез выполняется на основе совершенствования прототипа путем устранения противоречий на уровне функционально-конструктивной структуры.

**Задача 7.** Задача выбора лучшего варианта структуры является необходимой частью задачи синтеза. Для ее решения необходимо определить принципы и критерии выбора, а также провести технико-экономическую оценку синтезированных вариантов решений. Данная задача является многокритериальной задачей индивидуального или коллективного принятия решений в системах  $S_3$  или  $S_2$ , где формируются представления о наилучших решениях. Для накопления информации необходимо исследование систем  $S_5$ ,  $S_4$ ,  $S_3$ ,  $S_2$

**Задача 8.** Выбор технических решений для производства и/или инвестирования актуален в системах  $S_3$  или  $C_i$ ,  $i=1, \dots, 11$ . Эта задача внешнего проектирования требует привлечения инженерных знаний о ТР, так как для нахождения компромисса между противоречивыми и/или изменяющимися требованиями необходимо рассматривать конкретные объекты, пусть пока несуществующие. Такие задачи решаются с ограниченным числом альтернатив как индивидуальные или коллективные ЗПР с постоянными или динамическими предпочтениями. Возможна также постановка задачи распределения ресурсов, если выбирается несколько альтернатив и учитывается ограниченность ресурсов. Для решения задачи необходима информация о системах  $S_5$ ,  $S_3$ ,  $S_2$

**Задача 9.** Оценка последствий принимаемых решений, связанная с изменением представлений о наилучшем техническом решении во времени. Развитие техники отражает изменение человеческих потребностей и представлений, поэто-

му данная задача является задачей исследования в системах  $S_1$  или  $S_2$ . Эта задача может решаться как динамическая ЗПР, которая основана на прогнозировании значимости критериев и возможных изменений в правилах определения лучших альтернатив во времени. Возможна альтернативная постановка данной задачи, которая заключается в синтезе альтернатив, обладающих свойствами, близкими к прогнозным значениям показателей качества. Несмотря на различие между задачами и результатами, к которым они стремятся, они имеют очень много общего.

*Во-первых*, эти задачи взаимосвязаны. Задача анализа или принятия решения всегда следует за синтезом альтернативных вариантов системы. Задачи синтеза является частью процесса принятия решений, если альтернативы представляют собой многоэлементные структуры. Решение, реализация которого предстоит в будущем, требует прогнозирования возможных изменений существующей в данный момент ситуации. В свою очередь, будущее, являясь всегда многоальтернативным, требует анализа множества возможных вариантов с целью выбора наиболее желательного или наиболее вероятного. Прогнозирование во многих случаях можно рассматривать как процесс синтеза будущего. Задачи планирования всегда включают процедуры синтеза, анализа и прогнозирования решений.

*Во-вторых*, все перечисленные задачи имеют место в сложных системах, а их решение происходит в условиях неопределенности, что вызывает необходимость привлечения знаний экспертов.

*В-третьих*, для обработки экспертной информации в этих задачах применяются одни и те же методы. Например, комбинаторно-морфологические и структурно-логические методы применяются для решения задач синтеза объектов и сценарного прогнозирования, метод анализа иерархий – для принятия решений, планирования и прогнозирования, аппарат нечеткой логики – для прогнозирования и принятия решений.

Сложность проектируемых объектов, многообразие постановок задач и ограниченное время, отводимое на исследования, обуславливают необходимость разработки новых подходов к проблемам концептуального проектирования. Работа проектировщиков требует ориентации на будущее, которое плохо предсказуемо, особенно в условиях нестабильной экономики. В связи с этим возникают противоречия между требованиями к ОП со стороны потребителей, производителей и т.д. При традиционном субъектно-объектном подходе к задачам внешнего проектирования информация о ТР играет пассивную роль в процессах формирования и прогнозирования требований, а также при разрешении конфликтов между ними.

В настоящей работе предлагается рассматривать информацию о ТР как субъект проектирования, который оказывает влияние на процессы формирования, согласования и прогнозирования требований. На основе субъектного подхода предлагается информационная технология концептуального проектирования, включающая компоненты:

1. Информационную модель концептуального проектирования, описывающую взаимосвязь задач и используемых данных.
2. Базы инженерных данных и базы экспертных знаний для сбора и хранения всей доступной информации о рассматриваемых системах. Модели представления экспертных знаний. Методики извлечения знаний из БД.
3. Модели АТС, позволяющие прогнозировать процессы изменения требований к ОГТ в рассматриваемых системах при неполной и неточной информации.
4. Модели, методы, системы и методики для поддержки процессов индивидуального и коллективного выбора решений, а также для разрешения конфликтов между участниками процессов выбора.

5. Методы, системы и методики для поддержки процессов стратегического планирования решений и распределения ресурсов.

6. Методы, системы и методики для целенаправленного структурного синтеза технических объектов с использованием экспертных знаний.

Под неопределенностью понимается неполнота или неточность информации об условиях реализации проекта, в том числе связанных с ним затрат и полученных результатов.

Источники неопределенности многообразны. Исходя из определения, основным источником возникновения неопределенности является неполнота, недостаточность информации об объекте, процессе, явлении, по отношению к которому принимается решение; ограниченность человека в сборе и переработке информации; постоянная изменчивость информации о многих объектах. Информации, которую необходимо учесть при решении той или иной проблемы, может быть либо слишком мало, либо слишком много. В отдельных случаях она носит косвенный характер или ее поступление запаздывает во времени. Информация может быть искажена в силу случайных обстоятельств или сознательно.

Возникновение неопределенности в процессе концептуального проектирования влияет на выбор представления данных и выборов алгоритмов по их обработке.

При решении задач планирования, прогнозирования и анализа решений можно выделить следующие виды неопределенностей [8]: природные неопределенности – факторы, обусловленные полным или частичным незнанием природных условий в которых придется принимать решение; перспективные неопределенности, связанные с плохой проработкой исходных данных об объекте проектирования, т.е. возможность появления факторов, существование которых принципиально невозможно предсказать; стратегические неопределенности (неопределенность целенаправленного противодействия) связаны с наличием двух или более оперирующих сторон, т. е. активно и разумно действующих участников операции, каждая из которых имеет несовпадающие цели (такая ситуация возможна при неполных и неточных сведениях о мотивах, и характере поведения другой стороны); неопределенность действий обусловлены неопределенностью средств решения задач; научно-технические неопределенности связаны с многоальтернативностью технических решений, реализующих определенную функцию и обеспечивающих заданный уровень технико-эксплуатационных характеристик [9].

Основной закономерностью процесса устранения неопределенностей является зависимость величины интервала, содержащего истинное значение искомого параметра, от величины объективной информации об этом параметре. Чем меньше информации, тем шире интервал и выше роль субъективного фактора, и наоборот. В случае полного отсутствия объективной информации интервал совпадает с областью определения данного параметра, это наиболее сложная ситуация принятия решений в условиях неопределенности. При полной информации интервал превращается в точное значение параметра, что соответствует ситуации принятия решений в условиях определенности.

Наличие неопределенностей в рассматриваемых системах обуславливает следующие особенности: организация обработки больших объемов разнородной информации, решение проблем представления и проверки знаний экспертов, необходимость решения задач прогнозирования, поддержка проектирования в условиях многовариантности элементов, структур и стратегий достижения целей, обеспечение возможности выбора методов и моделей, релевантных используемой информации.

Современный подход к исследованиям сложных систем связан с включением исследователя в процесс рассмотрения, в связи с чем называется объектно-

ориентированным подходом [8-10]. Необходимость такого подхода в задачах управления процессом проектирования оправдана множеством субъективных предположений и выводов, на которых строится исследование.

Разработка компьютерных систем на основе объектно-ориентированного подхода базируется на следующих принципах: преодоление доминанты нормативного над субъективным; смена ориентации с выбора решений на решение проблем; увеличение доли и важности задач синтеза решений; отказ от жесткой «субъект-объектной» парадигмы компьютеризации; внедрение концепции постоянно развивающихся систем управления; обеспечение безопасности управленческой деятельности и ее субъектов; использование стратегии проектирования сверху-вниз [10-13].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ли К.* Основы САПР (CAD/CAM/CAE). – СПб.: Питер, 1996. – 559 с.
2. *Вермишев Ю.Х.* Методы автоматического поиска решений при проектировании сложных технических система. – М.: Радио и связь, 1982. – 152 с.
3. *Иммон У., Фридман Л.* Методология экспертной оценки проектных решений для систем с базами данных. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 280 с.
4. *Кунву Ли.* Основы САПР. – СПб.: ПИТЕР, 2004. – 122 с.
5. *Ларичев О.И.* Наука и искусство принятия решений. – М.: Наука, 1979. – 200 с.
6. *Миркин Б.Г.* Анализ качественных признаков и структур. – М.: Статистика, 1980. – 319 с.
7. *Кондаков А.И.* САПР технологических процессов и производств. – АCADEMA, 2007. – 141 с.
8. *Попов Э.В.* Экспертные системы. – М.: Наука, 1987. – 288 с.
9. *Таунсенд Х., Фохт Д.* Проектирование и программная реализация экспертных систем на персональных ЭВМ. – М.: Финансы и статистика, 1990. – 320 с.
10. *Фогель Л., Оуэнс А., Уолли М.* Искусственный интеллект и эволюционное моделирование. – М.: Мир, 1969. – 230 с.
11. *Сабунин А.Е.* Altium Designer. Новые решения в проектировании электронных устройств. – Солон-Пресс, 2009. – 432 с
12. *Курейчик В.М., Писаренко В.И., Кравченко Ю.А.* Инновационные образовательные технологии в построении систем поддержки принятия групповых решений // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2008. – № 4 (81). – С. 216-221.
13. *Лебедев Б.К., Лебедев В.Б.* Планирование на основе роевого интеллекта и генетической эволюции // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 4 (93). – С. 25-33.

#### **Янушко Валерий Владимирович**

Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: jvv@tsure.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634310597.

#### **Janushko Valery Vladimirovich**

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: jvv@tsure.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: +78634310-597.