РАЗДЕЛ V. МОДЕЛИРОВАНИЕ

Синицын С.А.

Принципы построения этапной методики проектирования сложных технических объектов*Российский университет транспорта (ПУТ(МИИТ))
(Россия, Москва)**doi: 10.18411/trnio-11-2021-44***Аннотация**

В статье рассмотрен принципиальный подход к подготовке и организации многоэтапного, иерархического процесса проектирования сложных технических изделий на основе математических моделей заданной степени достоверности. Процесс проектирования развивается в параметрической схеме от ограниченного множества основных проектных параметров до множества характеристик готового изделия по принципу круговой конической поверхности, каждое сечение которой соответствует некоторому этапу проектирования. Соседние этапы проектных разработок связаны между собой некоторыми общими критериями оптимальности, актуальными для смежных уровней проектирования. Целью проектирования на текущем этапе является выборка или расчет множества характеристик объекта из доверительного диапазона, которые должны уменьшать суммарную неопределенность объекта разработки. На последней стадии характеристики должны быть вычислены с заданной доверительной вероятностью.

Ключевые слова: многоэтапное проектирование, основные проектные параметры, техническое задание, характеристики объекта, доверительные диапазоны, неопределенность проекта, диапазонное проектирование.

Abstract

The article considers a principled approach to the preparation and organization of a multi-stage, hierarchical process of designing complex technical products based on mathematical models of a given degree of reliability. The design process develops in a parametric scheme from a limited set of basic design parameters to a set of characteristics of the finished product according to the principle of a circular conical surface, each section of which corresponds to a certain design stage. Adjacent stages of design development are interconnected by some general optimality criteria that are relevant for adjacent design levels. The purpose of the design at the current stage is to select or calculate a set of characteristics of the object from the confidence range, which should reduce the total uncertainty of the development object. At the last stage, the characteristics must be calculated with a given confidence level.

Keywords: multi-stage design, main design parameters, technical specifications, object characteristics, confidence ranges, project uncertainty, range design.

В структуре процесса проектирования любого технического изделия можно выделить характерные алгоритмические моменты. Прежде всего, это то, что любая задача проектирования разбивается на отдельные этапы разных уровней конкретизации будущего изделия. Для такой многоуровневой схемы характерно наличие иерархических связей соподчинения этапов, которые отражены в основных проектных параметрах [1, с.54].

Процедура деления процесса проектирования на отдельные этапы должна выполняться с учетом особенностей постановки задачи. Под этапом будем понимать законченную часть процесса проектирования, не подлежащую делению в рамках общей

задачи. Условно процесс проектирования можно разбить на этапы высшего, среднего и низшего уровней в соответствии со стадиями: согласования технического задания с заказчиком, эскизных и технических разработок [2,с.75]. Для этапов нижнего уровня характерно меньшее количество перекрестных связей, то есть определенные показатели качества математических моделей оценки принимаемых решений.

С другой стороны, деление процесса проектирования на этапы носит условный характер и во многом определяется волевыми решениями разработчиков, соблюдающих следующие правила:

- при работе на соответствующем этапе проектирования следует учитывать влияние соседних уровней;
- если модель проектирования включает подэтапы, связанные функционально с данным этапом, то эти элементы системы проектирования должны включаться в текущую модель исследования.

На основе многолетнего опыта технического проектирования были установлены закономерности, позволяющие упростить процесс создания математических моделей проектирования [3,с.28].

Прежде всего, модели различных этапов проектирования могут исследоваться с учетом реакций связей в определенной мере независимо друг от друга. Далее, в результате независимых исследований моделей уровней возможна коррекция результатов с учетом выявленных функциональных связей.

На всех этапах исследования иерархических моделей проектирования применяется принцип совместной оптимальности, согласно которому модели всех уровней должны быть оптимальны в смысле соответствующих им критериев более высокого уровня. Только в этом случае вся система проектирования считается оптимальной.

Проектирование сложного технического изделия представляет собой итерационный процесс последовательного приближения от некоторой абстрактной математической модели до натурального готового изделия. Схема развития такого процесса включает взаимодействие нескольких циклов уточнения и детализации объекта проектирования:

- уточнения постановки задачи и варьируемых альтернатив;
- установления структуры объекта;
- исследования моделей отдельных этапов проектирования;
- формирования адаптивной математической модели проектирования;
- реализация проектирования с целью определения оптимальных характеристик.

Итерационный характер процесса проектирования позволяет успешно реализовать идею расчленения модели на отдельные этапы [4,с.73]. При этом любое частное решение не должно противоречить единой цели и критериям создания оптимального изделия. Так, например, применение легких, дорогостоящих материалов для конструкции одной детали или узла может противоречить критерию минимальной стоимости изделия.

Если рассматривать процесс проектирования в плане параметрических преобразований, то оказывается, что для каждой группы проектных параметров $\overline{Pr}^{(j)}$ нижнего уровня иерархии можно поставить в соответствие обобщающие параметры на более высоком уровне. Выполняя ряд последовательных преобразований, можно получить множество управляющих проектных параметров $\{Z_i\}$. Иными словами, иерархический процесс проектирования может быть представлен некоторым коническим образом (рис.1). В вершине такого конуса расположено множество основных проектных параметров, а в основании множество рабочих характеристик $\{Pr_i^*\}$.

Рисунок 1. Коническая модель процесса проектирования

Каждый этап проектирования представлен состоянием или сечением $S_k, S_{k+1}, \dots$. Заключительный этап соответствует нижней ступени иерархической модели проектирования и определяет завершённый проект.

Основные задачи, которые должны быть решены в выбранной схеме проектирования:

- определение количества состояний S_i ;
- исследование области достоверных решений в каждом состоянии.

Будем считать, что первая задача решена на стадии назначения этапов проектирования заранее. Актуальной для нас является вторая задача - построения моделей достоверных решений. Такие решения не должны противоречить общей стратегии проектирования.

На каждом этапе проектирования в параметрической схеме необходимо выбрать из множества характеристик объекта $\{Pr_i^*\}$ те, которые определяют достоверные решения на ближайшем низком уровне. При этом исходная неопределенность состояния уровня проекта должна быть обязательно снижена до уровня неопределенности вполне пригодного для решения задачи на следующем, более высоком уровне, рис.2.

Рисунок 2. Уменьшение неопределенности проектных характеристик этапа

Если расчетная модель проектирования позволяет реализовать названное условие, то она будет считаться достоверной. Тогда процесс проектирования будем рассматривать схемой последовательных переходов от высшего уровня управляющих параметров к характеристикам готового объекта путем уменьшения области неопределенности групп проектных параметров [5, с.228].

При рассмотрении одного из возможных вариантов деления процесса проектирования на отдельные сечения, то есть этапы, можно представить его последовательностью действий по уменьшению диапазонов неопределенности параметров, соответствующих иерархической схеме, представленной на рис.3.

Рисунок 3. Оптимальная схема уменьшения диапазонов неопределенности проектных параметров

При разбиении модели проектирования на этапы по критерию достоверности необходимо учитывать, что при переходе с уровня на уровень результаты могут быть получены с определенной точностью по отношению к уровню точности предшествующего уровня проекта.

Если принять во внимание коническую схему построения модели проектирования, то установленный критерий достоверности позволяет нормировать число сечений условного конуса для достижения требуемой точности характеристик готового изделия [6, с.84].

Такая схема построения позволяет рассматривать проектирование, как дискретный процесс уменьшения доверительных диапазонов проектных параметров Pr_i , совокупность которых задает на каждом уровне проекта некоторую область неопределенности, которая, в свою очередь, является исходной для следующего этапа проектирования.

1. Синицын С.А. Концепция моделирования обтекаемых обводов высокоскоростного наземного транспорта // Наука и техника транспорта. – 2011. - №3. - с.52-55.
2. Панченко В.А. Моделирование солнечных теплофотозлектрических модулей // Электротехнологии и электрооборудование в АПК, 2019, 2 (35), с. 71 – 77.
3. Панченко В.А., Дубровин В.С. Механика, теоретическая механика, техническая механика, РУТ, Москва, 2018, 192с.
4. Панченко В.А., Синицын С.А., Дубровин В.С. Выполнение сборочных моделей и рабочей конструкторской документации средствами САПР Компас-3D. РУТ, Москва, 2018, 164с.
5. Погорелов И.А., Гурский Ф.А., Панченко В.А. Разработка трекера для солнечных модулей. Инновации в сельском хозяйстве. 2018, №2(27), с.226-231.
6. Гусарова О.Ф., Панченко В.А., Синицын С.А. Инженерная компьютерная графика. РПУТ, Москва, 2020, 149с.

Синицын С.А.

Проектирование как процесс уменьшения величин доверительных диапазонов проектных параметров

*Российский университет транспорта (РУТ(МИИТ))
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-11-2021-45

Аннотация

В статье рассмотрены основные принципы реализации иерархического процесса проектирования сложных технических объектов по доверительным диапазонам проектных параметров. Диапазонная схема позволяет учитывать все возможные значения проектных параметров, которые с заданной вероятностью содержатся внутри доверительного диапазона. Форма закона распределения параметров может существенно влиять на размеры доверительных диапазонов, максимальные величины которых соответствуют