

УДК 514

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ - ПРЕОБРАЗОВАНИЕ
ДОВЕРИТЕЛЬНЫХ ДИАПАЗОНОВ ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ****Синицын Сергей Александрович**доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
«Теоретическая и прикладная механика»
Российского университета транспорта (РУТ(МИИТ))**Аннотация**

В статье рассмотрена схема проектирования сложных технических изделий по доверительным диапазонам проектных параметров. В качестве проектных параметров здесь используются основные параметры технического задания и характеристики объекта, которые уточняются при переходе от этапа к этапу. По существу метода каждый параметр должен быть определен внутри своего доверительного диапазона, величина которого должна уменьшаться при переходе от этапа к этапу. Поскольку параметров достаточно много и не все их доверительные диапазоны уменьшаются с одинаковой интенсивностью, здесь предлагается оценивать достоверность проектирования по некоторому усредненному критерию информационного содержания. Для упрощения вероятностных вычислений предлагается использовать равномерный закон на каждом доверительном диапазоне проектного параметра.

Ключевые слова: техническое проектирование, доверительные диапазоны, проектные параметры, модели проектирования, многоэтапное проектирование, распределение вероятностей, проектирование по доверительным диапазонам.

**TECHNICAL DESIGN - TRANSFORMATION CONFIDENCE RANGE OF
DESIGN PARAMETERS****Sergey A. Sinitsyn**Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department
"Theoretical and Applied Mechanics"
Russian University of Transport (RUT (MIIT))**ABSTRACT**

The article discusses the design scheme for complex technical products for the confidence ranges of design parameters. As design parameters, the main parameters of the technical task and the characteristics of the object are used here, which are refined during the transition from stage to stage. Essentially, each parameter must be defined within its own confidence range, the value of which must decrease when passing from stage to stage. Since there are a lot of parameters and not

all of their confidence ranges decrease with the same intensity, it is proposed here to evaluate the design reliability according to some averaged criterion of information content. To simplify probabilistic calculations, it is proposed to use a uniform law for each confidence range of the design parameter.

Key words: engineering design, confidence ranges, design parameters, design models, multistage design, probability distribution, design over confidence ranges.

В процессе проектирования путем последовательного уточнения, от этапа к этапу, определяется ряд параметров, которые с определенной степенью точности характеризуют объект. Эта точность может быть выражена величинами доверительных диапазонов, которые должны уменьшаться при переходе от этапа к этапу, достигая требуемых значений готового проекта. Параметры входят в состав математических моделей проектирования, которые не являются абсолютно точными по отношению к оригиналу [1,с.7]. Модели должны быть адекватны процессу, то есть с требуемой точностью моделировать объект или отдельные его процессы, связанные с назначением технического изделия.

Любые значения проектных параметров, вычисленные с помощью таких моделей, следует рассматривать как некоторые случайные величины из соответствующих доверительных диапазонов. Далее, в традиционной схеме проектирования, на других этапах, найденные значение проектных параметров предыдущего уровня, используются в решениях следующего уровня как единственные реализации из соответствующих диапазонов. Поскольку никакие другие значения из доверительного диапазона не принимаются во внимание, то, очевидно, значительная часть потенциально правильных решений попросту теряется.

Доверительные диапазоны параметров модели уровня проектирования в совокупности определяют суммарный диапазон точности модели или ее адекватности процессу [2,с.105]. При этом любое значение проектного параметра Pr_i из доверительного диапазона является вполне приемлемым с заданной вероятностью, которая определяется принятым законом распределения.

Поэтому процесс проектирования правильно рассматривать не как последовательное уточнение величин проектных параметров, а как процесс последовательного уменьшения величин доверительных диапазонов их вероятных значений [3,с.93]. В такой схеме помимо самого значения параметра необходимо рассматривать его доверительный диапазон и закон распределения вероятностей внутри самого диапазона. С другой стороны, любая математическая модель этапа проектирования будет достоверна только в том случае, если она способствует уменьшению доверительных диапазонов одного или нескольких параметров [4,с.227]. Здесь следует заметить, что даже готовое изделие в виде опытного образца определяется полным набором характеристик из доверительных диапазонов технологических и измерительных погрешностей.

Таким образом, из-за погрешностей математических моделей, применяемых на различных стадиях проектирования, правильно было бы отказаться от рассмотрения точечных реализаций проектных параметров, как показателей результативности, и перейти к проектированию по доверительным диапазонам, включающим набор вероятных значений проектных параметров.

Согласно такой схемы проектирования, возможно считать, что каждый проектный параметр, вычисленный в области конечных решений, может быть задан еще до проектирования каким-то доверительным диапазоном:

$$\Delta Pr_1^{(0)}, \Delta Pr_2^{(0)}, \dots, \Delta Pr_n^{(0)}.$$

Диапазонная схема параметров весьма удобна для информационного описания процесса проектирования, предусматривает постоянное число проектных параметров в течение одного этапа, а также последовательное уточнение доверительных диапазонов параметров на последующих этапах [5,с.108].

Существование доверительных диапазонов по каждому проектному параметру Pr_i подразумевает наличие законов распределения вероятностей, которые могут иметь различную форму. Для нас важными являются нормальные и равномерные законы, взаимозависимость между которыми будет определена позже. Если у разработчиков нет информации, которая позволила бы отдать предпочтение тому или иному значению параметра внутри доверительного диапазона, то целесообразно принять равномерный закон распределения на доверительном диапазоне $\Delta Pr_i^{(i)}$.

Таким образом, в нашем исследовании процесс проектирования сложного технического изделия представлен последовательным уточнением доверительных диапазонов по каждому проектному параметру, как это показано на рис.1.

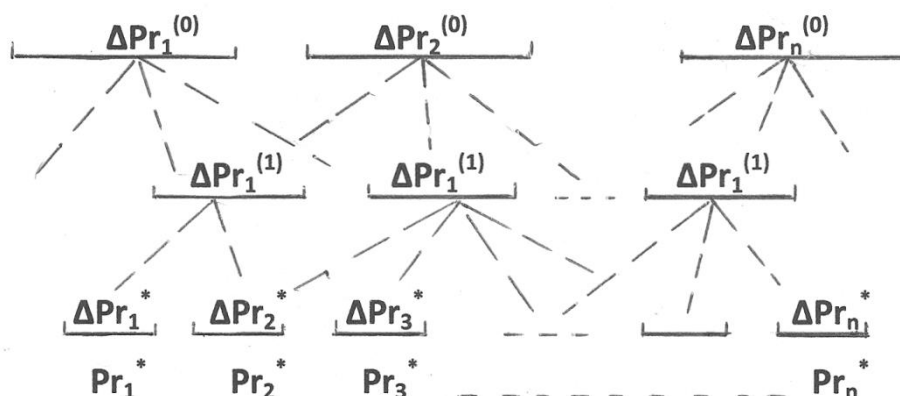


Рис.1. Этапный процесс уточнения доверительных диапазонов проектных параметров при итерационном проектировании

Каждое последующее значение i -го проектного параметра будет определять следующий интервал неопределенности параметра Pr_i . Процесс проектирования по i -му параметру считается завершенным, если его доверительный диапазон принимает заранее заданное значение, то есть когда достигается заданная точность:

$$\Delta Pr_i^{(j)} = \Delta Pr_i^{(m)}; \quad Pr_i^{(m)} = Pr_i^*.$$

Если существует необходимость контроля точности на промежуточных стадиях (технических разработок, эскизного, рабочего проектов), то процесс проектирования считается завершенным на данном этапе. То есть диапазоны соответствующих проектных параметров достигают заданной величины.

В схеме проектирования по доверительным диапазонам вопрос исследования и построения математических моделей приобретает иной смысл. Здесь модель считается достоверной, если ее применение на некотором этапе проектирования объекта позволяет уменьшать диапазоны неопределенности проектных параметров в некотором совокупном смысле, норму которого еще предстоит установить. Если же применение модели увеличивает диапазоны проектных параметров, то она не пригодна для сопровождения процесса проектирования. Такая модель должна быть доработана или заменена другой, более точной в плане достоверности.

Следует заметить, что понятия достоверной модели и достоверного процесса проектирования не являются эквивалентными [6,с.74]. Так достоверность модели, ее

соответствие процессу проектирования – есть необходимое условие решения проектной задачи. В то же время достоверность процесса проектирования является достаточным условием успешного решения задачи разработки объекта, соответствующего техническому заданию.

В процессе достоверного проектирования доверительные диапазоны параметров уменьшаются от этапа к этапу, в то время как все реализации параметров содержатся внутри этих диапазонов:

$$Pr_i^{(j)} \in \Delta Pr_i^{(j)}.$$

В отдельных случаях применение математической модели на соответствующем уровне проектирования позволяет уменьшить доверительные диапазоны только части параметров из всей группы варьируемых параметров. В таких задачах необходимо использовать некоторую усредненную характеристику, которая позволит оценить степень эффективности математической модели по совокупному изменению величин доверительных диапазонов всех проектных параметров данной модели. Такой обобщенной характеристикой может быть прирост количества информации проекта на основе модели.

Список литературы

1. Сеницын С.А., Гусарова О.Ф. Информационные характеристики доверительных диапазонов параметров ситуационных моделей // Оригинальные исследования. т.9. 2019. №4. С.4-12.
2. Панченко В.А. Моделирование теплофотоэлектрических модулей для энергоснабжения инфраструктурных объектов // Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта: межвузовский сборник научных трудов – Москва: Российский университет транспорта (МИИТ), 2018, с. 100 – 109.
3. Левчук Т.В., Дубровин В.С., Панченко В.А. Механика, теоретическая механика и прикладная механика. РУТ, Москва, 2021, 190с.
4. Погорелов И.А., Гурский Ф.А., Панченко В.А. Разработка трекера для солнечных модулей. Инновации в сельском хозяйстве. 2018, №2(27), с.226-231.
5. Панченко В.А., Дубровин В.С. Механика, теоретическая механика, техническая механика, РУТ, Москва, 2018, 192с.
6. Гусарова О.Ф., Панченко В.А., Сеницын С.А. Инженерная компьютерная графика. РРУТ, Москва, 2020, 149с.

References

1. Sinitsyn S.A., Gusarova O.F. Information characteristics of the confidence ranges of the parameters of situational models // Original research, vol. 9. 2019. No. 4. S.4-12.
2. Panchenko V.A. Modeling of thermo-photoelectric modules for power supply of infrastructure facilities // Modern problems of improving the work of railway transport: interuniversity collection of scientific papers - Moscow: Russian University of Transport (MIIT), 2018, p. 100 - 109.
3. Levchuk T.V., Dubrovin V.S., Panchenko V.A. Mechanics, theoretical mechanics and applied mechanics. RUT, Moscow, 2021, 190p.
4. Pogorelov I.A., Gursky F.A., Panchenko V.A. Development of a tracker for solar modules. Agricultural innovations. 2018, No. 2 (27), pp. 226-231.
5. Panchenko V.A., Dubrovin V.S. Mechanics, theoretical mechanics, technical mechanics, RTH, Moscow, 2018, 192p.

6. Gusarova O.F., Panchenko V.A., Sinitsyn S.A. Engineering computer graphics. RRUT, Moscow, 2020, 149p.