В России трамвайные системы не так развиты, как в странах Европы. Недостаточно поддерживается уровень дальнейшего роста в развитии трамвайной системы в стране. Значение трамвайного транспорта должно возрасти, так как именно трамвай обладает рядом преимуществ перед другими видами городского транспорта и к тому же является самым экологически чистым видом транспорта, так как трамваи не загрязняют воздух продуктами сгорания.

1. Лотникова Д.Ю. История и методология транспортных процессов: учеб. пособие / Д.Ю. Лотникова, В.В. Нагорный. – Краснодар: Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2021. – 199 с. ISBN 978-5-8333-1049-6
2. Лотникова Д.Ю. Проблемы функционирования систем транспорта России. / Д.Ю. Лотникова, В.В. Нагорный – Текст: непосредственный // в сборнике: Проблемы функционирования систем транспорта. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет». 2020г. - С. 412-413. – Текст: непосредственный.
3. Нагорный В.В. Сфера безопасности общественного и индивидуального транспорта, на примере г. Краснодар / В.В. Нагорный, Д.Ю. Лотникова, //В сборнике: механика, оборудование, материалы и технологии. Электронный сборник научных статей по материалам третьей научно-практической конференции 2020. - С. 1160-1163. - Текст: непосредственный.

Синицын С.А.

Основные принципы моделирования при проектировании технических объектов

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

doi: 10.18411/trnio-11-2021-51

Аннотация

В статье рассмотрены основополагающие принципы построения моделей, которые используются при проектировании технических изделий любой степени сложности. Процесс проектирования разбит на этапы, каждому из которых ставится в соответствие математическая модель требуемой точности. Завышенные показатели точности модели приводят к удорожанию проектных работ. Проектируемое изделие должно соответствовать техническим требованиям заказчика, которые отражены в совместном ТТЗ. Модель уровня позволяет на каждом этапе проектирования контролировать проект, в плане его соответствия заданию, с требуемой точностью. Такая модель названа адекватной процессу проектирования.

Ключевые слова: техническое проектирование, математическое моделирование, адекватность модели, точность модели, детерминированные модели, стохастические модели, техническое задание, разновидности моделей проектирования.

Abstract

The article discusses the fundamental principles of building models that are used in the design of technical products of any complexity. The design process is divided into stages, each of which is assigned a mathematical model of the required accuracy. Overestimated indicators of the model's accuracy lead to higher costs of design work. The designed product must comply with the technical requirements of the customer, which are reflected in the joint TTZ. The level model allows at each design stage to control the project, in terms of its compliance with the task, with the required accuracy. This model is called adequate to the design process.

Keywords: technical design, mathematical modeling, model adequacy, model accuracy, deterministic models, stochastic models, terms of reference, varieties of design models.

Для решения задачи проектирования любого технического объекта целесообразно разработать математическую модель способную эмитировать сам объект или некоторые

физические процессы, связанные с этим объектом [1,с.206]. Процедура создания такой модели предусматривает ряд типовых этапов, среди которых можно выделить: формализацию объекта проектирования и процессов его функционирования; выделение существенных свойств и особенностей объекта; математическое описание, отражающее существенные свойства технического объекта.

Формализованное описание может быть дополнено физическими процессами функционирования объекта проектирования в цифровой реализации. Такое описание связано со структурой объекта и взаимодействием его частей. Тогда модель можно представить группами уравнений, которые определяют существенные связи, необходимые для формирования количественного критерия эффективности проектируемого объекта в плане его применения, описанного в техническом задании [2,с.84]. Группы уравнений описывают некоторые подпроцессы, а установление связей между такими группами дает общее представление о будущем объекте на самых ранних стадиях его разработки.

Формализованное описание объекта проектирования в блочном представлении является важнейшим этапом создания его модели. Сущность блочного моделирования связана с выделением простейших модулей в структуре обобщенной модели и их тривиального описания с помощью простых аналитических или эмпирических уравнений. В состав последних входят некоторые эмпирические коэффициенты, полученные заранее опытным путем.

Например, при проектировании сложного технического объекта детально изучают группы уравнений – геометрических, весовых, динамических, прочностных, стоимостных [3,с.52]. Кроме того, подбирают уравнения, которые отражают эффективность объекта и его надежность.

Далее математическое представление в виде отдельных групп уравнений объединяется в единую систему уравнений, которая и является математической моделью объекта проектирования. В состав модели объекта помимо блоков технического описания входят зависимости, основанные на общих физических законах сохранения энергии и движения.

Таким образом, на самых ранних этапах проектирования, когда еще нет ни объекта, ни каких-либо отдельных его макетов, с помощью модели может быть предварительно оценена его эффективность и надежность. На основании таких оценок возможно изменить техническое задание не только с эксплуатационной точки зрения, но и с экономической.

Чтобы решить задачу проектирования сложного технического объекта, необходимо получить исходную информацию от заказчика в форме ТТЗ (тактико-технического задания). Такая информация содержит данные о назначении изделия, сроках его службы, специфики его применения, степени тяжести условий работы, а так же ряд ограничений на технологии и материалы [4,с.48].

Каждое конкретное техническое устройство, будь то простая мясорубка или самый сложный современный летательный аппарат, должно быть определено набором параметров, отражающим его основные свойства. Такие параметры должны быть обязательно вычислены на различных стадиях проектирования.

При выявлении существенных свойств объекта проектирования следует исключить те из них, которые не влияют непосредственно на конечные результаты. Среди множества параметров проектирования следует выделить важнейшие проектные параметры, которые принято называть основными.

Основные проектные параметры могут рассматриваться как независимые и изменяться в некоторых заданных пределах, регламентированных ТТЗ.

Обозначим основные проектные параметры вектором:

$$\bar{Z} = (Z_1, Z_2, \dots, Z_m) \quad (1)$$

и будем считать их управляющими величинами, которые оказывают существенное влияние на результат проектирования [5,с.112]. Все прочие параметры объекта проектирования зависят от основных проектных параметров и называются простыми характеристиками:

$$\overline{Pr} = (Pr_1, Pr_2, \dots, Pr_n). \quad (2)$$

Векторы $\overline{Z}$ и $\overline{Pr}$ достаточно полно описывают объект проектирования.

Следует заметить, что информация о законченном проекте обычно представляется однородным описанием всех параметров.

Кроме управляющих проектных параметров характеристики напрямую или косвенно зависят от ряда случайных факторов, которые могут быть представлены случайными параметрами, описывающими внешнюю среду существования объекта. Без этих параметров объект не может существовать и выполнять свои функции. Эти параметры настолько важны, что в отдельных случаях разделение характеристик на объектные и внешние практически невозможно [6, с.228].

Внешние факторы, назовем их $\overline{\xi}$, и управляющие проектные параметры $\overline{Z}$ играют роль независимых параметров, от которых функционально зависят характеристики $\overline{Pr}$.

Тогда под математической моделью проектирования, в общем виде, будем понимать систему уравнений:

$$\begin{aligned} Pr_1 &= Pr_1(\overline{Z}, \overline{\xi}), \\ &\dots \\ Pr_n &= Pr_n(\overline{Z}, \overline{\xi}), \end{aligned} \quad (3)$$

где зависимости $Pr_i(\overline{Z}, \overline{\xi})$, представляют собой отображения между множествами свойств проектируемого объекта и его характеристиками с учетом воздействия внешней среды. Эти зависимости могут быть аналитическими соотношениями, могут быть заданы таблицами или графиками, эмпирическими выражениями, алгоритмами аналоговых действий и так далее.

Таким образом, математической моделью проектирования всякого технического устройства будем называть любые установленные связи между конечным множеством переменных $(\overline{Z}, \overline{\xi})$ и проектных параметров $\overline{Pr}$. Модель будет считаться детерминированной, если она не содержит случайных параметров $\overline{\xi}$:

$$\overline{Pr} = \overline{Pr}(\overline{Z}). \quad (4)$$

Модели, в которых учтены случайные воздействия $\overline{\xi}$, будем называть вероятностными или стохастическими.

На каждом этапе проектирования необходимо разрабатывать свою модель, адекватную по точности конкретному этапу разработки изделия. Такая модель отражает некоторые свойства объекта проектирования с точностью, заданной разработчиком, то есть эта модель в определенной степени адекватна реальному физическому устройству. С параметрической точки зрения ее содержание должно отражать существенные свойства объекта на каком-то этапе его разработки [7, с.74].

В силу вполне объективных причин разработка полностью адекватной модели не целесообразна, поскольку может вызвать неоправданный рост стоимости проектных работ. Поэтому процесс проектирования разбит на этапы, каждому из которых ставится в соответствие модель требуемой точности и сложности. Точность модели напрямую связана с достоверностью результатов проектирования на каждом этапе.

Таким образом, задача оценки степени адекватности или точности моделирования при проектировании является крайне важной при создании многоэтапных алгоритмов проектирования, где вначале применяют более грубые, не точные модели, а по мере развития процесса точность моделей повышается, достигая требуемого уровня, регламентированного в ТТЗ заказчика разработки.

1. Синицын С.А. Погрешность формообразования поверхности, заданной кинематическим методом. E-Scio. 2020, №2 (41), с.204-211.
2. Левчук Т.В., Дубровин В.С., Панченко В.А. Механика, теоретическая механика и прикладная механика. РУТ, Москва, 2021, 190с.

3. Панченко В.А., Дубровин В.С.. Механика. Теоретическая механика, техническая механика. Учебное пособие, Москва: Российский университет транспорта (МИИТ), 2018. ISBN 978-5-7473-0875-6, 191 с.
4. Панченко В.А., Сеницын С.А., Дубровин В.С.. Выполнение сборочных моделей и рабочей конструкторской документации средствами САПР КОМПАС-3D. Учебное пособие, Москва: Российский университет транспорта (МИИТ), 2018. ISBN 978-5-7473-0918-0, 164 с.
5. Гусарова О.Ф., Панченко В.А., Сеницын С.А. Инженерная компьютерная графика. РПУТ, Москва, 2020, 149с.
6. Погорелов И.А., Гурский Ф.А., Панченко В.А. Разработка трекера для солнечных модулей. Инновации в сельском хозяйстве. 2018, №2(27), с.226-231.
7. Панченко В.А. Моделирование солнечных теплофотоэлектрических модулей // Электротехнологии и электрооборудование в АПК, 2019, 2 (35), с. 71 – 77.

Сеницын С.А.

Применение информационных оценок для построения адекватных моделей проектирования в итерационных системах

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

doi: 10.18411/trnio-11-2021-52

Аннотация

В основе метода информационного проектирования заложена диапазонная схема параметризации. Здесь каждый проектный параметр определен величиной доверительного диапазона и законом распределения вероятностей своей реализации внутри этого диапазона. В классическом методе проектирования на каждом этапе вычисляется некоторая центральная оценка параметра, которая принимается за единственно верную в дальнейшем проектировании. В диапазонной схеме все параметры внутри доверительного диапазона принимаются в качестве достоверных для дальнейшего решения с некоторой вероятностью, соответствующей закону распределения. Поскольку доверительный диапазон определяется величиной и законом распределения вероятностей, то его совокупной оценкой может быть аддитивная характеристика – энтропия, которая лишена размерности в отличие от проектных параметров. Свойство аддитивности безразмерной энтропии позволяет выполнять простое арифметическое суммирование параметров модели с целью получения ее интегральной характеристики, которая показывает степень адекватности модели процессу проектирования. Тогда эффективность процесса проектирования на этапе может быть оценена приростом количества информации по уменьшению энтропии.

Ключевые слова: итерационное проектирование, проектные параметры, доверительные диапазоны, распределения вероятностей, энтропия параметра, адекватность модели, погрешности проектирования.

Abstract

The information design method is based on a range parameterization scheme. Here, each design parameter is determined by the value of the confidence range and the law of the probability distribution of its implementation within this range. In the classical design method, at each stage, a certain central estimate of the parameter is calculated, which is taken as the only correct one in further design. In the range scheme, all parameters within the confidence range are taken as reliable for further decisions with a certain probability corresponding to the distribution law. Since the confidence range is determined by the magnitude and the law of probability distribution, its cumulative estimate can be an additive characteristic - entropy, which is dimensionless in contrast to the design parameters. The additivity property of dimensionless entropy makes it possible to perform a simple arithmetic summation of the model parameters in order to obtain its integral characteristics, which shows the degree of model adequacy to the design process. Then the efficiency of the design process at the stage can be estimated by the increase in the amount of information on the reduction of entropy.

Keywords: iterative design, design parameters, confidence ranges, probability distributions, parameter entropy, model adequacy, design errors.