

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОФИЛЯ**

### **АННОТАЦИЯ**

*Излагаются информационные технологии, применяемые при проектировании машин. Обращается внимание на неравномерную степень автоматизации различных этапов проектирования. Наиболее автоматизирована стадия конструирования машин. К наименее автоматизированным этапам относятся ранние этапы проектирования в силу присущей им неопределённости. Предлагаются новые информационные технологии и программные продукты, применяемые в Петербургском государственном университете путей сообщения (ПГУПС).*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Проектирование машин, как и изделий любого назначения, характеризуется различной степенью определённости в принятии решений на разных его этапах. Наибольшей определёностью обладает этап конструирования машины, когда известны: её конфигурация, входящие в неё узлы и их взаимодействие. Этому этапу предшествуют поисковые исследования известных образцов машины для выявления их соответствия поставленным требованиям. В случае отсутствия таковых порождаются и анализируются различные варианты машины, её узлов и параметров. В силу высокой неопределённости выбора на этой стадии проектирования применяется групповая экспертиза. Выполняется эскизное проектирование отобранных для последующего анализа вариантов машины с целью уточнения параметров. Выбор наилучшего варианта осуществляется с применением методов многокритериальной оптимизации. В работе обсуждаются применяемые на этих этапах информационные технологии и применяемые пакеты программ.

### **1. ОТБОР ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВАРИАНТОВ**

Исходное множество вариантов машин генерируется программным комплексом ПМК, реализующим идею морфологического синтеза [1]. В качестве базиса примитивов используются типовые узлы машины. Множество перспективных вариантов машины, подлежащих последующему анализу, формируется в 2 этапа. На первом этапе отбираются сгенерированные альтернативы, удовлетворяющие ограничениям конструктора. Обычно число таких вариантов не превышает десяти-пятнадцати. Однако конструкторская разработка такого количества вариантов для выбора из них наилучшего весьма трудоёмка. Поэтому на

втором этапе множество перспективных вариантов, подлежащих уточнению характеристик объекта, сокращается до 3-5 вариантов.

Поскольку до конструкторской разработки отсутствуют расчётные значения признаков, характеризующих варианты проектируемого объекта, они замещаются экспертными оценками. В условиях высокой степени неопределённости наиболее приемлемы качественные оценки вариантов объекта. В качестве таковых принимаются упорядоченные по качеству оценки: «очень высокое» (ОВ), «высокое» (В), «среднее» (С), «низкое» (Н) качество [2].

Повышение объективности оценивания вариантов достигается применением групповой экспертизы. Для оценивания могут применяться следующие критерии: новизна, технологичность, эстетичность, эргономичность, научно-техническая обоснованность, конкурентоспособность, реализуемость, экологичность, перспективность, мобильность.

Векторная оценка вариантов (ОВ, В, С, Н) по каждому критерию формируется как число голосов, поданных за каждое качественное значение. Например, по критерию новизны вариант А получил следующую оценку, выполненную пятью экспертами: Новизна(А)=(2, 2, 1, 0). При подсчёте голосов может учитываться компетентность экспертов в виде весовых коэффициентов, в сумме равных единице.

Многокритериальная векторная оценка варианта вычисляется как сумма векторных оценок по всем критериям. В общем случае учитывается важность критериев. Поскольку векторные оценки не гарантируют получения линейного порядка альтернатив, в [3] предложен метод скаляризации векторных оценок с учётом согласованности мнений экспертов. Линейный порядок вариантов, полученный по скалярным оценкам групповой экспертизы, позволяет отобрать первые 3-5 вариантов для предварительной конструкторской разработки.

### **2. ВЫБОР НАИЛУЧШЕГО ВАРИАНТА**

Для выбора наилучшего варианта привлекаются расчётные показатели, характеризующие дорожные машины. К ним относятся: производительность, себестоимость, удельная металлоёмкость, удельная энергоёмкость, надёжность, масса, мощность привода. Они оцениваются численными величинами, к которым могут предъявляться конкретные требования типа «масса не более сорока тонн». Эти требования рассматриваются как частные цели.

Поскольку расчётные значения показателей могут, как превышать, так и не достигать целевых значений, в [4] было предложено оценивать степень достижения частной цели кусочно-линейными функциями *частичного достижения* цели. На их основе строятся нелинейные функции полезности. Оценивание вариантов по полезности физических показателей увеличивает обоснованность выбора наилучшего варианта.

Параметризация типовых функций полезности позволяет настраивать их на достижение заданного порядка вариантов, в том числе того, который был получен на основе экспертных оценок. Помимо сопоставления порядка вариантов, полученного разными методами, это позволяет отлаживать функции полезности.

### 3. СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ ВАРИАНТОВ

Для отбора перспективных вариантов на основе групповой экспертизы и выбора наилучшего варианта объекта используется система оптимизации альтернатив по полезности «СВИРЬ-П» [5], разработанная сотрудниками ПГУПС на языке C++. Эта система реализует доминантный анализ альтернатив по их векторным оценкам, многокритериальную оптимизацию и оптимизацию по полезности. Для облегчения создания модели выбора в систему включена библиотека типовых функций полезности.

Система реализует также следующие функции:

- создание, анализ и редактирование модели исходных данных;
- задание условий выбора;
- сохранение модели исходных данных и условий выбора;
- анализ результатов оценивания;
- импорт/экспорт данных из/в MS Excel.

Для представления и анализа результатов оценивания объектов используются средства когнитивной графики.

Система рассчитана на обучение студентов курсу «Теория принятия решений», на проведение исследований и решение практических задач выбора.

### 4. УЧЕБНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАШИН С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Проектирование начинается с формулирования цели и построения дерева целей. В качестве исходных альтернатив наряду с вариантами машины, сгенерированными с помощью ПМК, предлагаются собственные варианты. В курсовом проектировании процедуры, реализуемые ПМК, выполняются вручную. Это делается для того, чтобы студенты освоили методику проектирования.

Студентам для выполнения курсовой работы выдаётся единое задание. Например: «Техническое предложение лёгкой щетночистительной машины для железных дорог промышленного транспорта». В качестве темы для задания выбирается объект, пока не существующий, по крайней мере, в нашей

стране. Это создает для студентов привлекательность в работе. На первых практических занятиях студенты узнают о комплексной механизации путевых работ, о требованиях к объекту проектирования, об его основных свойствах (признаках), о методике выполнения процедур на стадиях технического задания и технического предложения (ПТ). На основе дерева целей определяются общая и частные функции машины, средства реализации частных функций.

Пользуясь этой информацией, студент выбирает из множества исходных альтернатив десять вариантов технического решения. Из них с применением групповой экспертизы студент отбирает три наилучших варианта. Для этих вариантов выполняется расчет удельных показателей, характеризующих качество машины при заданной производительности. По агрегированным оценкам этих показателей определяется наилучший вариант машины, подлежащий конструкторской дальнейшей разработке.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проектирование наукоемких объектов техники требует применения системного подхода, методов оптимизации и использования информационных технологий. Начальный этап проектирования носит исследовательский характер, сопряжённый с проблемами анализа и выбора вариантов объекта. Эти процессы обладают наибольшей степенью неопределённости и до последнего времени плохо поддавались автоматизации в отличие от заключительного этапа разработки конструкторской документации. Овладение студентами передовыми информационными технологиями становится неотъемлемым условием создания надежных, технологичных, эстетичных, эргономичных и экономичных, и, в конечном счёте, конкурентоспособных изделий машиностроения. Проектированию именно такой техники должны обучать высшие учебные заведения.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект № 13-01-00912).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Быков В.В., Быков В.П.** Исследовательское проектирование в машиностроении. –М.: Машиностроение, 2011. 256 с.
2. **Петровский А.Б.** Упорядочение и классификация объектов с противоречивыми признаками // Новости искусственного интеллекта, 2003, №4, с. 34-43.
3. **Микони С.В.** Многокритериальный выбор на конечном множестве альтернатив. Учебное пособие. – СПб.: Лань, 2009, 272 с.
4. **Микони С.В., Бураков Д.П.** Функции частичного достижения цели // Труды Конгресса IS&IT'13, Дивноморское, 2-9.09. 2013, –М: Физматлит, 2013, Том 1, с.30-38.
5. <http://www.mcd-svir.ru>. Проверено 17.11.2013.

**Труды научно-методической конференции  
«Информатизация инженерного образования»  
ИНФОРИНО-2014. –М.: МЭИ, 2014, с. 557-558**