

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Системы автоматизированного проектирования»

**ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ
МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОСТИ**

Лабораторная работа
по дисциплине «Оптимизация проектных решений»
для студентов специализации 1-40 01 02-01
«Информационные системы и технологии
в проектировании и производстве»

Минск
БНТУ
2011

УДК 519.816 (076.5) (075.8)

ББК 22.18я7

П 76

Составители:

Т.А. Мархель, В.Т. Придухо

Рецензенты:

В.И. Лакин, В.В. Напрасников

П 76 Принятие решений в условиях многокритериальности: лабораторная работа по дисциплине «Оптимизация проектных решений» для студентов специализации 1-40 01 02-01 «Информационные системы и технологии в проектировании и производстве» / сост.: Т.А. Мархель, В.Т. Придухо. – Минск: БНТУ, 2011. – 18 с.

В издании рассматриваются вопросы построения оптимизационных моделей проектируемых систем на основе их расчетных методик и применения современных методов многокритериальной оптимизации для поиска проектного решения. Лабораторная работа выполняется путем практического решения задачи оптимизации технической системы.

ISBN 978-985-525-596-4

© БНТУ, 2011

Лабораторная работа

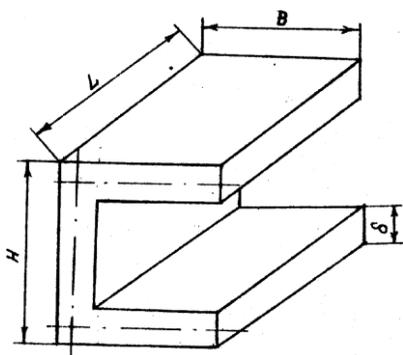
РАЗРАБОТКА ОПТИМИЗАЦИОННОЙ МОДЕЛИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВА ПАРАМЕТРОВ

Цель работы:

- 1) освоение практических навыков построения оптимизационных моделей проектируемых объектов;
- 2) изучение алгоритма многокритериальной оптимизации;
- 3) решение задачи параметрической оптимизации рамы.

§1. Описание объекта проектирования

Сечение лонжерона рамы (рис. 1), определяющее массу лонжерона, назначается на основе расчета на изгиб при действии статической нагрузки



$$\begin{aligned}\delta &= 6 \dots 10 \text{ мм}; \\ B &= 40 \dots 100 \text{ мм}; \\ H &= 100 \dots 400 \text{ мм}.\end{aligned}$$

Рис. 1. Схема лонжерона

Напряжение изгиба:

$$\sigma = \frac{M_{\text{изг}}}{W}, \quad (1)$$

где $W = \frac{\delta H}{6}(H + 6B)$ – момент сопротивления изгибу швеллерного сечения;

δ – толщина профиля, мм;
 B – ширина полки лонжерона, мм;
 H – высота сечения лонжерона, мм;
 $M_{изг}$ – изгибающий момент в сечении.

Размеры сечения лонжерона должны обеспечивать также его прочность при кручении. Нормальное напряжение стесненного кручения характеризуется величиной секториальной координаты:

$$W = \frac{BH}{2} \cdot \frac{(H + 3B)}{(H + 6B)}. \quad (2)$$

Стоимость лонжерона при постоянной длине рамы зависит от его объема. С учетом масштабных коэффициентов можно выразить:

$$C = \frac{V^{0,9}}{117} + 0,8 \cdot V^{0,1}, \text{ руб.}, \quad (3)$$

где V – объем лонжерона, мм³.

Исходя из опыта проектирования при выборе размеров сечения применяют эмпирические зависимости

$$\frac{H}{B} = 2,8 \dots 3,5; \quad \frac{H}{\delta} = 24,7 \dots 39,1; \quad \frac{H}{z} = 0,5 \dots 0,7,$$

где z – периметр профиля по средней линии.

Задача проектирования рам автомобилей является многокритериальной, так как при выборе наилучшего варианта приходится учитывать несколько противоречивых показателей рамы.

Для решения этой проблемы предлагается использовать метод исследования пространства оптимизируемых параметров.

Отличительная черта метода — систематический просмотр многомерной области проектных решений и принятие решения в режиме диалога проектировщика с ЭВМ, что поз-

воляет оперировать привычными для проектировщика величинами, видя, какой выигрыш по одним критериям могут дать уступки по другим.

§2. Создание оптимизационной модели рамы в диалоговой системе принятия решений (ОРТ)

Система выполнена в виде мастера. После запуска системы пользователь может приступить к созданию матрицы решений. Для этого необходимо выбрать переключатель *Создать новую матрицу решений*, после чего нажать кнопку *Далее*.

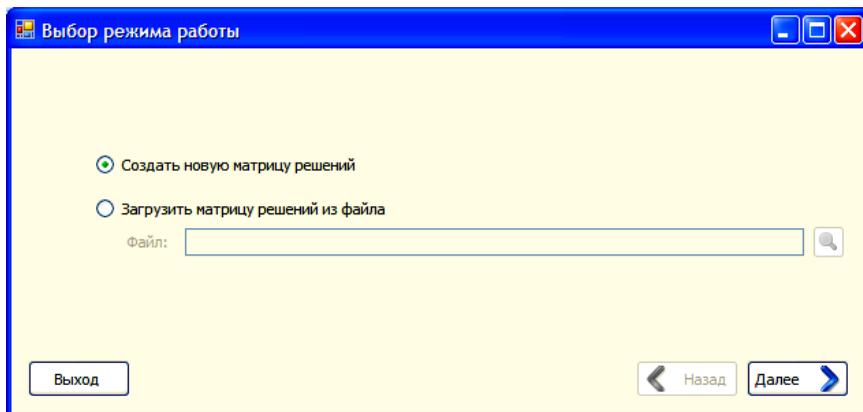


Рис. 2. Окно первого шага мастера

После этого будет осуществлен переход на второй шаг мастера. Как видно из рис. 3, на нем пользователь должен задать варьируемые (оптимизируемые) параметры модели. Таблица слева служит для отображения уже созданных оптимизируемых параметров.

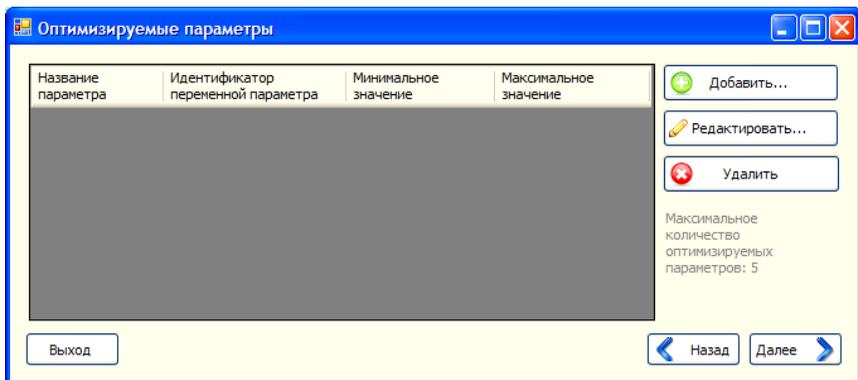


Рис. 3. Окно мастера построения матрицы решений (Шаг 2)

Для добавления, редактирования и удаления варьируемых параметров служат кнопки соответственно *Добавить*, *Редактировать* и *Удалить*.

Для добавления и редактирования параметров используется диалоговое окно, показанное на рис. 4.

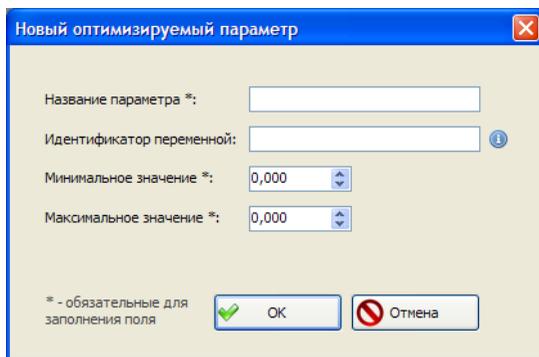


Рис. 4. Окно добавления/редактирования варьируемого параметра

Обязательные для заполнения поля (отмечены звездочками): *Название параметра*; *Минимальное значение*; *Максимальное значение*.

После того как оптимизируемые параметры заданы, Пользователь может нажать на кнопку *Далее* и перейти к третьему шагу мастера (рис. 5)

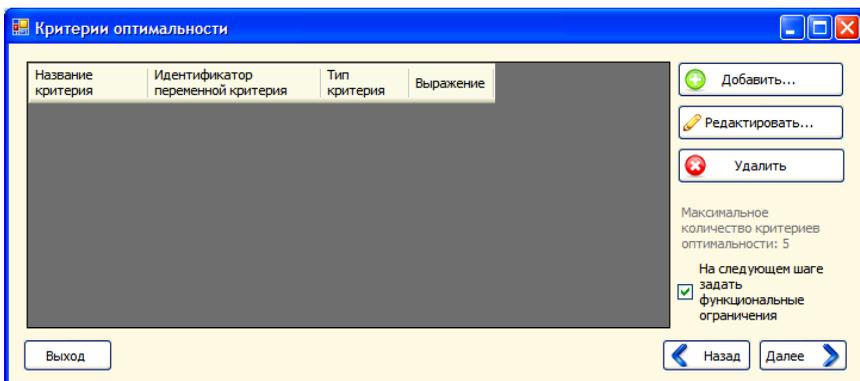


Рис. 5. Окно мастера построения матрицы решений (Шаг 3)

На третьем шаге мастера пользователю предлагается задать критерии оптимальности оптимизационной модели. Таблица слева служит для отображения уже созданных критериев оптимальности. Для добавления, редактирования и удаления критериев служат кнопки соответственно *Добавить*, *Редактировать* и *Удалить*. На рис. 6 показано диалоговое окно для добавления/редактирования критерия оптимальности.

Обязательные для заполнения поля (отмечены звездочками): *Название критерия*; *Тип критерия*.

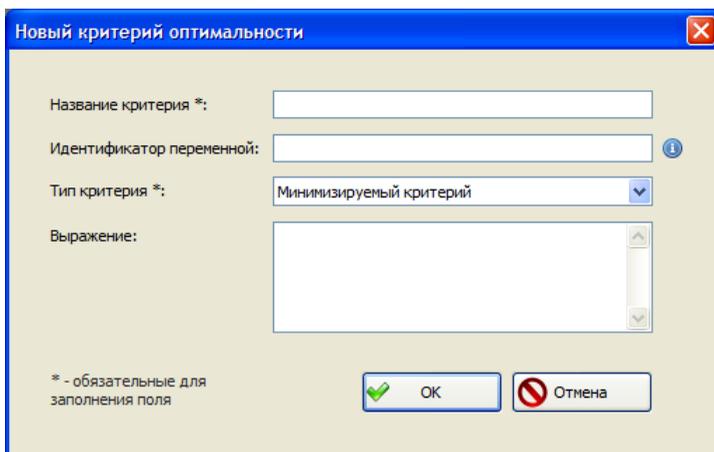


Рис. 6. Окно добавления/редактирования критерия оптимальности

Если переключатель *На следующем шаге задать функциональные ограничения* был включен, то после нажатия кнопки *Далее* откроется окно задания функциональных ограничений (рис. 7).

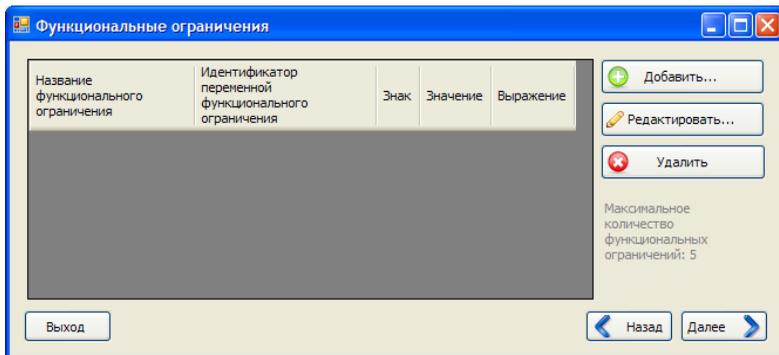


Рис. 7. Окно мастера для задания функциональных ограничений

Таблица слева служит для отображения уже созданных функциональных ограничений. Для добавления, редактирования и удаления функциональных ограничений служат кнопки соответственно *Добавить*, *Редактировать* и *Удалить*. На рис. 8 показано диалоговое окно для добавления/редактирования функциональных ограничений.

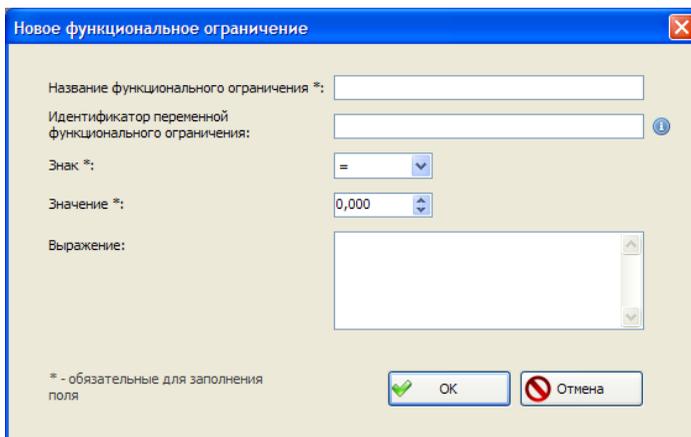


Рис. 8. Окно добавления/редактирования функционального ограничения

Когда пользователь закончил ввод функциональных ограничений, он может нажать кнопку *Далее* и перейти к следующему шагу мастера (рис. 9).

Если переключатель *На следующем шаге задать функциональные ограничения* (см. рис. 5) был выключен, то после нажатия кнопки *Далее* в окне шага 3 мастера также произойдет переход к шагу, окно которого показано на рис. 9.

На этом построение матрицы решений закончено. Для сохранения результатов работы в файл можно воспользоваться кнопкой *Сохранить*. На экран будет выведено стандартное диалоговое окно сохранения файла.

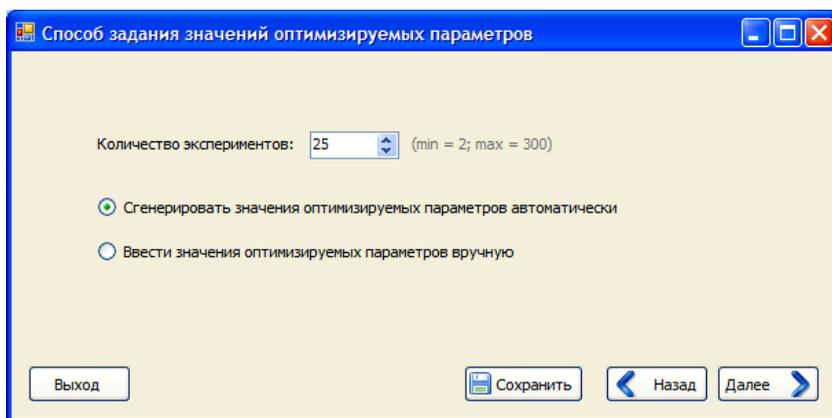


Рис. 9. Окно мастера для выбора количества экспериментов и способа задания значений оптимизируемых параметров

§3. Постановка многокритериальной задачи

Практически любой объект проектирования характеризуется большим количеством критериев качества проектных вариантов, неопределенностью и большим объемом исходной информации, описывающей возможную область допустимых значений.

Задачи, решение которых оценивается вектором из локальных критериев $Y = \{Y_1, \dots, Y_n\}$, называются многокритериальными (векторными) задачами.

С решением векторных задач оптимизации связаны следующие четыре основные проблемы:

- определение области компромиссов,
- нормализация критериев (приведение их к единому масштабу),
- определение схемы компромиссов,
- учет приоритета критериев.

§4. Построение оптимизационной модели с помощью модуля пользователя

После запуска системы пользователь может приступить к созданию матрицы решений. Для этого необходимо выбрать переключатель *Создать новую матрицу решений* в окне первого шага мастера и выполнить ряд шагов (задать оптимизируемые параметры, критерии оптимальности и функциональные ограничения) так же, как это делалось в выше.

Для загрузки ранее созданной и сохраненной матрицы решений и продолжения работы с ней в окне первого шага мастера необходимо выбрать переключатель *Загрузить матрицу решений из файла*, указать в поле ввода полный путь к нему и нажать на кнопку *Далее*.

После создания матрицы решений пользователю предлагается ее заполнить, выполнив несколько шагов, окно первого из которых показано на рис. 10.

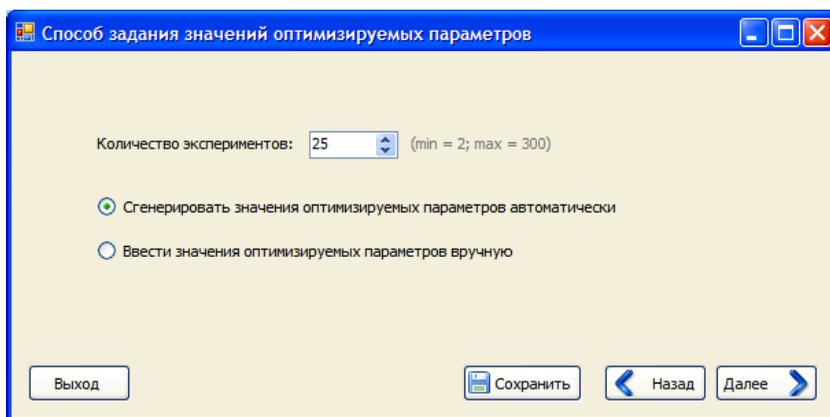


Рис. 10. Окно мастера для выбора количества опытов и способа задания значений оптимизируемых параметров

В этом окне пользователю предлагается указать количество опытов (экспериментов; в соответствующем поле ввода) и выбрать способ задания значений варьируемых параметров (с помощью переключателей).

Предлагается два способа задания значений варьируемых параметров: автоматическая генерация и ввод значений в таблицу вручную.

После указания количества опытов и выбора способа задания значений оптимизируемых параметров следует нажать на кнопку *Далее*.

Произойдет переход на следующий шаг (рис. 11). Если был выбран переключатель *Сгенерировать значения оптимизируемых параметров автоматически* (рис. 10), то таблица в открывшемся окне окажется заполнена сгенерированными значениями. Если же был выбран переключатель *Ввести значения оптимизируемых параметров вручную*, то таблица будет пуста, пользователю нужно будет ввести в нее значения вручную.

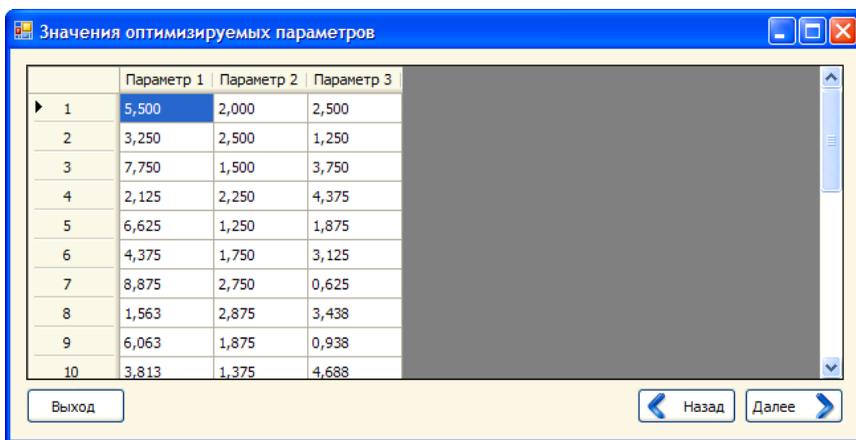


Рис. 11. Окно мастера с таблицей значений варьируемых параметров

После ознакомления/ввода значений варьируемых параметров пользователь может нажать на кнопку *Далее* и осуществить переход к следующему шагу (рис. 12).

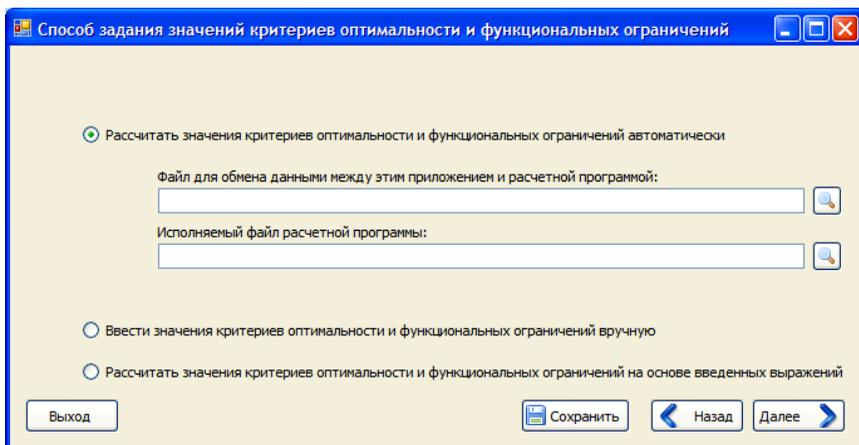


Рис. 12. Окно мастера для выбора способа задания значений критериев оптимальности и функциональных ограничений

Предусмотрено три способа задания этих значений: автоматический, с помощью пользовательского модуля (внешней расчетной программы); ручной; расчет на основе заданных математических выражений.

Переключатель *Рассчитать значения критериев оптимальности и функциональных ограничений автоматически* необходим для стыковки с разработанными пользователем модулями (расчетными программами), содержащими модель проектируемого объекта.

Программный модуль пользователя содержит аналог проверочного расчета проектируемого объекта при известных его параметрах. Он может быть составлен на любом языке программирования и в дальнейшем стыковаться с головной системой с помощью механизма параметров командной строки.

Структура программы пользователя и схема ее взаимодействия с ОПТ приведена на рис. 13.

На схеме рис. 13

n – число оптимизируемых параметров;

N – число опытов;

s – число критериев оптимальности;

r – число функциональных ограничений.

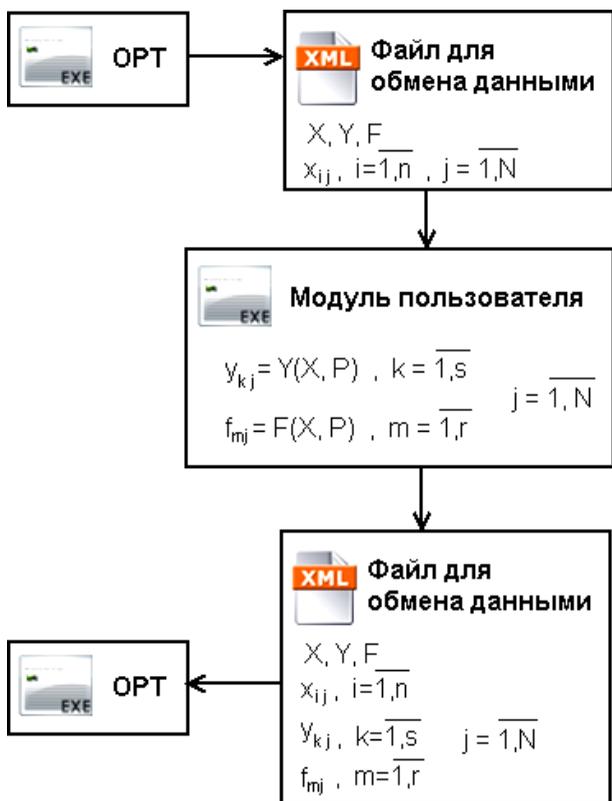


Рис. 13. Структура программы пользователя и схема ее взаимодействия с OPT

§5. Реализация диалогового метода многокритериальной оптимизации в системе OPT

После того, как матрица решений создана и заполнена (с помощью модуля пользователя либо вручную) можно перейти непосредственно к поиску решения с помощью диалогового метода многокритериальной оптимизации.

Когда модуль пользователя закончит работу, произойдет автоматический переход к отображению полученной матрицы решений (рис. 14).

Матрица решений

Номер эксперимента	Критерий 1 По возрастанию	Ограничение 1	Параметр 1	Параметр 2	Параметр 3	Номер эксперимента	Критерий 2 По убыванию	Ограничение 1	Пар 1
3	4,000	0,000	7,750	1,500	3,750	5	100,000	0,000	6,62
1	7,000	0,000	5,500	2,000	2,500	4	11,000	0,000	2,12
5	11,000	0,000	6,625	1,250	1,875	3	9,000	0,000	7,75
2	18,000	0,000	3,250	2,500	1,250	2	7,000	0,000	3,25
4	52,000	0,000	2,125	2,250	4,375	1	2,000	0,000	5,50

Выход Опции отображения Сохранить Назад Далее

Рис. 14. Окно мастера с матрицей решений

По умолчанию таблица содержит упорядоченные согласно типу критериев эксперименты (для минимизируемых критериев – по возрастанию, для максимизируемых – по убыванию) так, чтобы лучший опыт по каждому критерию оказывался сверху. После колонок со значениями критерия и функциональных ограничений идут колонки со значениями оптимизируемых параметров.

В окне просмотра матрицы решений (рис. 14) имеется кнопка *Сохранить*, с помощью которой можно сохранить матрицу решений в файл.

Для выбора окончательного решения из матрицы решений необходимо нажать на кнопку *Далее*.

Задание и порядок выполнения работы

1. На основе постановки задачи разработать математическую оптимизационную модель рамы.
2. Изучить инструкцию по работе с диалоговой системой принятия решений ОРТ.
3. Создать оптимизационную модель рамы в системе ОРТ.
4. Разработать модуль пользователя, содержащий описание модели рамы и подключить его к системе.
5. Решить задачу для созданной модели (с использованием модуля пользователя) для разного числа экспериментов.
6. Проанализировать полученные результаты.
7. Для защиты лабораторной работы предоставить отчет, содержащий оптимизационную модель лонжерона и упорядоченные таблицы решений.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Понятие и структура оптимизационной математической модели.
2. Идея алгоритма многокритериальной оптимизации.
3. Определить паретовское множество по рисунку, предложенному преподавателем.
4. Для чего нужна нормализация критериев?
5. Опишите основные схемы компромиссов.
6. Как можно учесть приоритет критериев?
7. Сравните методы, разработанные в программе OPT.

ЛИТЕРАТУРА

1. Диалоговые системы технического проектирования / В. И. Анисимов [и др.]. – М.: Радио и связь, 1994.
2. Ларичев, О.И. Теория и методы принятия решений / О.И. Ларичев. – М.: Логос, 2002.
3. Подиновский, В.В. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В.В. Подиновский, В.Д. Ногин. – М.: Физматлит, 2007.
4. Statnikov, R.B. Multicriteria Design. Optimization and Identification. Dordrecht / Boston / R.B. Statnikov. – London: Kluwer Academic Publishers, 1999.
5. Тарасик, В.П. Математическое моделирование технических систем / В.П. Тарасик. – Минск: ДизайнПРО, 1997.

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗРАБОТКА ОПТИМИЗАЦИОННОЙ МОДЕЛИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВА ПАРАМЕТРОВ	3
§1. ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	3
§2. СОЗДАНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ МОДЕЛИ РАМЫ В ДИАЛОГОВОЙ СИСТЕМЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ (ОРТ)	5
§3. ПОСТАНОВКА МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ	9
§4. ПОСТРОЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ МОДЕЛИ С ПОМОЩЬЮ МОДУЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ.....	10
§5. РЕАЛИЗАЦИЯ ДИАЛОГОВОГО МЕТОДА МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В СИСТЕМЕ ОРТ.....	13
ЗАДАНИЕ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.....	14
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	15
ЛИТЕРАТУРА	16

Учебное издание

**ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ
МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОСТИ**

Лабораторная работа
по дисциплине «Оптимизация проектных решений»
для студентов специализации 1-40 01 02-01
«Информационные системы и технологии
в проектировании и производстве»

С о с т а в и т е л и:
МАРХЕЛЬ Тимофей Александрович
ПРИДУХО Владимир Трофимович

Технический редактор О.В. Песенько
Компьютерная верстка Н.А. Школьниковой

Подписано в печать 05.07.2011.

Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Ариал.

Усл. печ. л. 1,05. Уч.-изд. л. 0,82. Тираж 100. Заказ 46.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.