

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П.КОРОЛЕВА  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

## ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА

Утверждено Редакционно-издательским советом университета  
в качестве методических указаний к лабораторным работам

САМАРА  
Издательство СГАУ  
2012

УДК 608(075)  
ББК 74.200я7

Составитель *Хардин Михаил Викторович*

**Основы технического творчества:** метод. указания к лаб. работам / сост. *М.В. Хардин.* - Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2012. - 24 с.

Методические указания ознакомят студентов с основными способами решения инженерных задач, их особенностями и методиками реализации. Проводимые в рамках лабораторных работ исследования позволяют студентам закрепить теоретические знания, получить практические навыки решения технических задач, освоить компьютерные средства поддержки технического творчества.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по специальностям (ГОС-2) 150106.65 «Обработка металлов давлением», 150201.65 «Машины и технологии обработки металлов давлением» для дисциплины «Основы технического творчества» в 5 семестре. Также предназначены для направлений подготовки (ГОС-3) 150400.62 «Металлургия», дисциплина «Основы научных исследований» (5 семестр), и 150700.62 «Машиностроение» для дисциплины «Основы технического творчества» (8 семестр), также могут быть полезны и студентам других факультетов вуза, инженерам, аспирантам.

Подготовлены на кафедре обработки металлов давлением.

УДК 608(075)  
ББК 74.200я7

© Самарский государственный  
аэрокосмический университет, 2012

## Содержание

1. Лабораторная работа №1	4
2. Лабораторная работа №2	7
3. Лабораторная работа №3	14
4. Лабораторная работа №4	18
Список рекомендуемой литературы	22

## **Лабораторная работа №1.**

### **Выбор оптимального варианта решения, многокритериальные задачи**

Цель работы: ознакомиться с основными понятиями и положениями инженерного и системного анализа, методами формирования обобщенных критериев, применить полученные знания при решении технических задач.

В процессе своей работы инженеру постоянно приходится ставить, конкретизировать и разрешать инженерные задачи. Инженерную задачу отличают три условия: необходимость перехода от одного состояния к другому, существование несколько возможных вариантов решения и не очевидность предпочтительного варианта. Инженер-металлург решает задачи связанные с получением различных сплавов и изготовлением из них отливок, инженер по обработке металлов давлением осуществляет переход от заготовки к изделию и т. д. Каждая из этих задач может быть решена несколькими возможными путями, с применением того или иного оборудования, оснастки, с различными материальными затратами и отличающимся качеством полученного результата. При анализе и синтезе подобных технических систем возникает большое количество альтернатив, из которых необходимо выбрать оптимальные с точки зрения эффективности (предпочтительности). Для сравнения используются критерии (показатели эффективности, целевые функции).

Критерий должен быть универсальным, количественным, простым и легко вычисляемым, иметь физический смысл. Лучшим критерием является тот, который в максимальной степени обеспечивает достижение поставленной цели. Очень часто в качестве критериев используются выходные параметры системы.

Чем сложнее система, тем больше критериев необходимо учитывать при ее анализе. Даже при наличии только двух одинаково значимых критериев выбор предпочтительной альтернативы часто бывает затруднительным. В реальных производственных процессах количество одновременно учитываемых значимых критериев (параметров) может достигать до десятков.

#### Задание № 1.

Записать критерии (параметры) которые необходимо учитывать при разработке или совершенствовании технологических процессов обработки металлов давлением.

Для сложных многокритериальных систем выбор предпочтительного варианта должен производиться по совокупности критериев. Для этого используются методы формирования обобщенных критериев, которые в большинстве случаев каждому частному критерию ставят в соответствие действительное число. Подобные отображения называют интегральным обобщенным критерием.

$$E = \varphi(\vec{q}) = \varphi(q_1, q_2, \dots, q_n), \text{ где } q_i \text{ - частные критерии}$$

Рассмотрим несколько вариантов подобных преобразований.

1. Выбор одного критерия в качестве обобщенного.

Один из наиболее важных критериев принимается в качестве обобщенного, все остальные участвуют в виде ограничений.

Например: при разработке жаропрочного сплава определяющим критерием будет жаропрочность, в то же время сплав должен иметь определенные прочностные, пластические свойства, коррозионную стойкость, свариваемость, стоимость и т. д.

2. Аддитивные преобразования

$$E = \sum_{i=1}^n b_i q_i$$

где  $b_i$  - положительный (при максимизации критерия) или отрицательный (при минимизации) коэффициент. Может быть получен экспертной оценкой или другим способом.

3. Мультипликативные преобразования

$$E = \prod_{i=1}^n q_i^{\lambda_i}$$

где  $\lambda_i$  - некоторое вещественное число, также зависящее от значимости критерия.

4. Оценка расстояния между рассматриваемой и идеальной альтернативами.

Пусть  $\vec{q}^0 = (q_1^0, q_2^0, \dots, q_n^0)$  - идеальная альтернатива, тогда

$$E = \sum_{i=1}^k (q_i^0 - q_i) + \sum_{i=k+1}^n (q_i - q_i^0)$$

где  $q_i$  при  $i=1, \dots, k$  - критерии подлежащие максимизации;

а  $q_i$  при  $i=k+1, \dots, n$  - критерии подлежащие минимизации.

Полученная величина  $E$  показывает насколько мы близки или далеки от идеального конечного результата (альтернативы).

5. Использование обобщенной функции желательности.

В основе метода лежит идея преобразования натуральных значений частных критериев в отметки на безразмерной шкале желательности.

Желательность	Очень хорошо	Хорошо	Удовлетворительно	Плохо	Очень плохо
Отметки на шкале	1,0...0,63	0,8...0,63	0,63...0,37	0,37...0,2	0,2...0

Значение частного критерия  $q_i$ , переведенное в безразмерную шкалу желательности, обозначается через  $d_i$ . Шкала имеет интервал от нуля до единицы. Значение  $d_i=0$  соответствует абсолютно неприемлимому уровню данного критерия, а значение  $d_i=1$  - самому лучшему значению критерия. Значение  $d_i=0,37$  обычно соответствует границе допустимых значений. Существуют функции желательности, ограниченные с одной

стороны и с двух сторон. К числу критериев, ограниченных с одной стороны, относят, например, себестоимость, сопротивление деформации, ударная вязкость и т. д. Примерами двустороннего ограничения могут быть температурный интервал деформирования, размеры заготовки и т. п.

После того как выбрана шкала желательности и частные критерии преобразованы в значения, для каждой альтернативы находят обобщенную функцию желательности которую можно рассматривать в качестве обобщенного критерия.

$$D_j = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_{ij}}$$

### Задание № 2.

Используя обобщенную функцию желательности необходимо выбрать способ изготовления уголкового профиля из алюминиевого сплава Д16 для применения в качестве стрингера фюзеляжа летательного аппарата. Исходные данные по профилям и основные учитываемые критерии приведены в таблице.

Критерии Способ изготовления	Стоимость 1 п.м., руб.	Жесткость, мм	Коррозионная стойкость, баллы
Прессование, $r_{вн} \approx \langle 0,1 - 0,3 \rangle \delta$	85	2	3
Гибка из листа, $r_{вн} \approx \langle -1,5 \rangle \delta$	110	4	1(плакированный)
Стесненный изгиб, $r_{вн} \approx \langle 0,3 - 0,5 \rangle \delta$	120	2,5	1(плакированный)

В России, США и ФРГ применяют пятибалльную систему оценки общей коррозии

### Пятибалльная шкала коррозионной стойкости металлов

Балл	Скорость коррозии $v_{кор}$ , мм/год	Категория стойкости металла
1	Не более 0,10	Сильнстойкие
2	0,10–1,00	Стойкие
3	1,10–3,00	Пониженнстойкие
4	3,10–10,0	Малостойкие
5	Более 10,0	Нестойкие

### Вопросы к отчету:

1. Понятие критерия и альтернативы.
2. Требования к единичному и обобщенному критериям.
3. Преимущества и недостатки аддитивных преобразований.
4. Преимущества и недостатки мультипликативных преобразований.
5. Особенности оценки расстояния до идеальной альтернативы.
6. Как проявляется субъективизм при использовании функции желательности.

## Лабораторная работа №2. Использование процессора электронных таблиц EXCEL для решения инженерных задач

Цель работы: приобретение и закрепление навыков работы с EXCEL, связанных с решением прикладных задач по оптимизации и инженерному творчеству.

Оптимизация технических систем (ТС) лежит в основе инженерной деятельности. Это связано с тем, что функции инженера заключаются в том, чтобы с одной стороны, проектировать более новые, эффективные и менее дорогостоящие ТС, а с другой стороны - разрабатывать методы повышения качества функционирования существующих систем.

В соответствии с методологией системного анализа необходимо в процессе проектирования (совершенствования) выделить, по возможности, все альтернативы, связанные с выбором наилучшего проектного решения, и для каждой системы определить оптимальное решение. Методы оптимизации позволяют избежать полного перебора всех альтернатив и найти из этого множества наилучшие варианты.

Решение задачи оптимизации сводится к поиску экстремума (максимума или минимума – в зависимости от смысла задачи) целевой функции  $Y = f(\vec{X})$  вектора  $\vec{X}$  аргументов  $x_1, x_2, \dots, x_n$  называемых управляющими параметрами.

Существующие в настоящее время методы оптимизации многочисленны и не поддаются строгой классификации. Их различают по следующим парам признаков: аналитические и поисковые (численные), направленного и ненаправленного поиска, детерминированные и случайные (вероятные). При этом выделяют следующие классы методов поиска экстремума: линейное и нелинейное программирование, динамическое и квадратичное программирование.

Рассмотрим решение задач оптимизации на примере линейного и нелинейного программирования (оптимизации). В данных случаях выбор оптимального варианта можно обосновать только путем вычислений. В качестве целевой функции  $Y$  принимают, например, себестоимость изготовления изделий, степень загрузки оборудования, длительность обработки изделия и т. п. Целевую функцию записывают в виде

$$Y = C_1x_1 + C_2x_2 + \dots + C_nx_n$$

На переменные  $x_1, x_2, \dots, x_n$  накладывают систему линейных (или нелинейных) ограничений

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m$$

и граничные условия  $x_j \geq 0$ , где  $j=1,2,\dots,n$  – число переменных (управляющих параметров),  $m$  – число ограничений,  $a_{ij}, b_i, C_i$  - постоянные величины.

Задача линейного программирования формулируется следующим образом: нужно найти неотрицательные значения  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , обращающие целевую функцию  $Y$  в экстремум (максимум или минимум) и удовлетворяющую ограничениям. Например, для любого процесса ОМД себестоимость изготовления детали (целевая функция) определяется выражением

$$Y = C_m + C_z + C_u + C_{об} \rightarrow \min$$

где  $C_m, C_z, C_u, C_{об}$  - удельные затраты на основной материал, зарплату основных и вспомогательных рабочих, инструмент и оборудование соответственно. Нужно выбрать такие значения  $x_1, x_2, \dots, x_n$  (параметров процесса), при которых себестоимость будет минимальной.

При решении задач с небольшим количеством переменных можно использовать метод подстановки или геометрический метод (число переменных не более 3). В реальных сложных задачах, как правило, присутствует значительное количество переменных. Подобные задачи решаются с использованием компьютерной техники и различных расчетных программ, среди которых наиболее универсальным и мощным средством является EXCEL.

EXCEL – наиболее широко используемый в настоящее время процессор электронных таблиц, входящий в стандартный пакет Office. В настоящее время широко распространена версия EXCEL 2010, встречаются и более ранние 2007, ... Программа имеет широчайшие возможности в сфере инженерных расчетов, статистики, экономики, финансов, построения диаграмм. В ней имеется встроенный язык программирования VBA (Visual Basic for Applications), который существенно расширяет ее возможности.

В процессе знакомства с программой обозначим последовательно следующие действия.

1. Запуск EXCEL: пиктограмма EXCEL или «Пуск» → «Программы» → «Microsoft EXCEL» двойной щелчок мыши
2. Изучение окна EXCEL:
  - верхняя строка – заголовок окна с кнопками управления - Книга 1
  - вторая строка – главное меню
  - третья строка – панели инструментов «Стандартная» и «Форматирование»  
Необходимо прочесть назначение кнопок, медленно перемещая курсор мыши.
  - четвертая строка – ввода и редактирования (слева в ней поле имени)
  - далее идет рабочий лист (строки и столбцы на их пересечении – ячейки).
3. В EXCEL два вида меню – главное и контекстное. Контекстное вызывается щелчком правой клавиши мыши для осуществления конкретных действий.
4. Перемещения по рабочему листу осуществляются при помощи стрелок, мыши, клавиши Ctrl, набора номера ячейки в поле имени.



5. Выделения на рабочем листе. Сначала нужно выделить объект, потом выполнить над ним операцию:

- столбец – щелкнуть мышью по верхней адресной полосе – заголовку столбца

- несколько столбцов – щелкнуть на первом и не отпуская клавишу протянуть до последнего

- строка – щелкнуть мышью по левой адресной полосе – заголовку строки и т. д.

- снятие выделения – щелкнуть по любой невыделенной ячейке

- блок – прямоугольная область смежных ячеек. Адрес блока – адреса левой верхней и правой нижней ячеек, разделенные двоеточием. Например A2:C4. Выделение блока с помощью мыши – щелкнуть на левой верхней и не отпуская протянуть до правой нижней.

С помощью клавиатуры – выделить верхнюю ячейку, нажать Shift и не отпуская перемещать курсор стрелками до нижней правой, отпустить Shift.

- Совокупность блоков – выделить первый блок. нажать клавишу Ctrl и не отпуская ее выделить последующие блоки, отпустить Ctrl.

6. Содержимое ячеек. Можно вводить текст, число или формулу.

- Для ввода данных переместитесь в нужную ячейку, наберите данные и нажмите Enter.

- В строке ввода и редактирования появятся три кнопки: косой крестик – отмена, зеленая галочка- завершение ввода, знак равенства- ввод формулы.

- F2 – редактирование содержимого ячейки, переключает два режима «Ввод» и «Правка»

- Отмена и повторение Ctrl+Z (отмена) Ctrl+Y (вернуть). Также в главном меню («Правка») и на панели «Стандартная» .

7. Копирование значений. Выделение блока, поставить курсор на границу блока, чтобы он принял форму стрелки, перетащим на новое место. Отпустим кнопку мыши, появится контекстное меню, выбираем н-р «Копировать только значения».

8. Вставка пустых строк и столбцов, например 3 пустые строки перед третьей строкой. Для этого выделить на левой адресной полосе строки 3, 4, 5. В контекстном меню – «Добавить строки».

9. Заполнение одинаковыми числами. Выделить блок, ввести число нажать Ctrl+ Enter.

10. Порядковые номера. Прогрессии.

Например A2:A15 порядковые номера 1-14

- Ввести в A2 – «1». В меню «Правка»/Заполнить/Прогрессия. В диалоговом окне – «Расположение по столбцам»: шаг 1, предельное значение 14. Нажать «ОК».

- Ввести в A2 – «1», выделить A2, поставить курсор на малый черный квадрат в правом нижнем углу ячейки – маркер заполнения – нажмем Ctrl и не отпуская, протянем вниз до A15, отпустим клавишу мыши и Ctrl.

- Ввести в A2 – «1», выделить A2, нажать правую клавишу, протянуть до A15, отпустить. В контекстном меню выбрать прогрессия (если 1-14 то просто «ОК»).

11. Форматирование – изменение внешнего вида без изменения содержимого.

- Ширина столбца. Например A1- Начислено, B2- Удержано, C1- Долг. Выделить столбцы A:C и выбрать пункт меню «Формат/Столбец/Автоподбор ширины»

- Выделить столбцы A:C и поставить курсор мыши на границу между столбцами C и D ( на горизонтальной адресной полосе). Он примет вид вертикальной полоски, пересеченной горизонтальными стрелками. Сделать двойной щелчок.

- Шрифт. Стандартный - Arial 10 пунктов. На панели – форматирование. Выделить, изменить размер, эффекты. Повторное нажатие снимает эффект. Также «Цвет шрифта», «Цвет заливки».

12. Использование справки. Ознакомиться.

13. Абсолютная адресация \$, можно ввести F4.

14. Присвоение имени. Часто для переменных необходимо отводить ячейки и для наглядности присваивать их имена. Например: введем в ячейку A1 букву «х», а в ячейку A2 букву «у». Присвоим ячейкам B1 и B2 имена х и у. Выделим B1, в окне ввода над столбцом A (в одной строке со строкой ввода) появиться адрес B1, выделим его мышью и наберем букву х, нажмем клавишу Enter. Аналогично дадим ячейке B2 имя у. Поместим в B1 число 4, а в B2 число 3. Введем в B3 формулу  $\frac{1+x}{4y}$ . Результат 0.416667.

15. Решение задач линейной оптимизации.

Задача 1.

Участок производит две детали. Их производство ограничено наличием металла и временем машинной обработки. Для изделия А требуется 3 кг металла, для изделия В – 4 кг. Всего в наличии 1700 кг металла. Для каждого изделия А требуется 12 мин машинного времени, для В-30 мин. В неделю можно использовать 160 ч машинного времени. Сколько изделий каждой модели необходимо изготовить, если изделие А приносит 20 руб прибыли, а каждое изделие В 40 руб.

Задача 2.

На участке имеются два штамповочных прессы, на которых в 2 смены по 8 часов изготавливают изделия трех видов:

Изделие	Цена, руб/кг	Часовая производительность, кг	Стоимость металла в заготовке, руб/кг	Способ получения заготовки
1	23	2000	18	Литье, не более

				4000 кг в сутки
2	26	1500	20	Закупка в любом количестве
3	40	1000	25	Закупка, но не более 12000 кг в сутки

Необходимо максимизировать прибыль от работы участка.

### Задача 3.

Имеются три сплава. Первый сплав содержит 70% олова и 30% свинца, второй – 80% олова и 20% цинка, третий – 50% олова, 10% свинца и 40% цинка. Из них необходимо изготовить новый сплав, содержащий 15% свинца. Какое наибольшее и наименьшее процентное содержание олова может быть в этом сплаве?

### Задача 4.

Горнопромышленная компания собирается работать в некоторой области в течение следующих пяти лет. У нее имеется 4 шахты, для каждой из которых есть технический верхний предел на количество руды, которая может быть выдана «на гора» за год. Эти верхние пределы составляют: шахта Койот – 2 млн. тонн, шахта Мокрая – 2.5 млн. тонн, шахта Лесная – 1.3 млн. тонн и шахта Ореховый лог – 3 млн. тонн.

Стоимость извлечения руды на разных шахтах различная, вследствие отличающихся глубины и геологических условий. Эти стоимости составляют (включая последующую обработку): шахта Койот – 6 \$/тонна, шахта Мокрая – 5.5 \$/тонна, шахта Лесная – 7 \$/тонна и шахта Ореховый лог – 5 \$/тонна.

При этом руда из различных шахт имеет и разное содержание извлекаемого компонента. Для упомянутых выше шахт содержание извлекаемого компонента равно: 10%, 7%, 15% и 5% соответственно. Каждая руда перерабатывается по одному и тому же технологическому процессу, а затем смешивается, чтобы получить более-менее однородную руду с заданным и фиксированным содержанием извлекаемого компонента, так как технологический процесс на металлургическом предприятии подстроен под определенное содержание соединений металла в руде.

Так как руды с течением времени становятся беднее, металлургическое предприятие, на которое компания поставляет руду, собирается провести постепенный переход на обработку более бедных руд. Если в первый год предприятие ожидает 5 млн. тонн руды с содержанием извлекаемого компонента 9%, то во второй и третий годы – 5.63 млн. тонн руды с содержанием 8%, а в четвертый и пятый годы – 6.43 млн. тонн 7%-ной руды.

Соответственно понизится и стоимость руды. Если в первый год руда покупается по \$10 за тонну, то 8%-ная руда будет стоить \$8.9 за тонну, а 7%-ная -\$7.8 за тонну.

Запланируйте добычу руды на четырех шахтах в течение следующих пяти лет так, чтобы максимизировать прибыль.

### Решение задачи №1.

Составим математическую модель. Обозначим:  $x$ -количество изделий модели А,  $y$ -количество изделий модели В. Прибыль от этих изделий (целевая функция) равна

$$Y = 20x + 40y \quad \text{Эту прибыль нужно максимизировать.}$$

Беспредельному увеличению количества изделий препятствуют ограничения.

Ограничено количество металла для изделий, отсюда неравенство

$$3x + 4y \leq 1700$$

Ограничено машинное время на изготовление. На изделие А уходит 0,2 часа, на изделие В – 0,5 часа, а всего не более 160 часов, поэтому

$$0,2x + 0,5y \leq 160$$

Кроме того, количество изделий – неотрицательное число, следовательно

$$x \geq 0, \quad y \geq 0.$$

Решим эту задачу в EXCEL. Создайте **новую рабочую книгу**, сохраните ее под именем Ch1.xls. Дайте первому листу имя «Изделия 1».

Введите в ячейки информацию:

в А1- слово «переменные»,	ячейка В1 пропускается,
в А2 – «изделие А»,	ячейке В2 присвоить имя $x$ (в ячейке будет «0»)
в А3 – «изделие В»,	ячейке В3 присвоить имя $y$ (в ячейке будет «0»)
ячейка А4 пропускается,	ячейки В4, В5 пропускаются,
в А5 – «целевая функция»,	
в А6 – «прибыль»,	в В6 – ввести формулу $=20*x+40*y$
ячейка А7 пропускается,	ячейки В7, В8 пропускаются,
в А8 – «ограничения»,	
в А9 – «металл»,	в В9 – ввести формулу $=3*x+4*y$
в А10 – «время изготовления»,	в В10 – ввести формулу $=0,2*x+0,5*y$ .

В ячейках В6, В9, В10 должны появиться «0».

Выделим ячейку, в которой вычисляется целевая функция, и вызовем Решатель («Сервис/Поиск решения»). В диалоговом окне в поле ввода «Установить целевую ячейку» уже содержится адрес ячейки с целевой функцией \$B\$6. Установим переключатель: «Равный максимальному значению». Прейдем к полю ввода «Изменяя ячейки». В нашем случае достаточно щелкнуть кнопку «Предположить» и в поле ввода появится адрес блока \$B\$2:\$B\$3. (В случае если адрес не появился, то необходимо выделяя курсором мыши данный блок добиться его появления в диалоговом окне.)

Перейдем к вводу ограничений. Щелкнем кнопку «Добавить». Появится диалоговое окно «Добавление ограничения». В поле ввода «Ссылка на ячейку» укажите  $B9$ . Правее расположен выпадающий список с условными операторами (раскройте его и посмотрите). Выберем условие  $\leq$ . В поле ввода «Ограничение» введите число 1700. У нас есть еще одно ограничение, поэтому не выходя из этого диалогового окна, щелкните кнопку «Добавить» и введите ограничение  $B10 \leq 160$ . Ввод ограничений закончен, поэтому нажмите «ОК». Вы вновь окажетесь в диалоговом окне «Поиск решения». Вы увидите введенные ограничения  $B10 \leq 160$  и  $B9 \leq 1700$ . Справа имеются кнопки «Изменить» и «Удалить». С их помощью вы можете изменить ограничение или стереть его.

Щелкните кнопку «Параметры». Вы окажетесь в диалоговом окне «Параметры поиска решения». Чтобы узнать назначение полей ввода этого окна, щелкните кнопку «Справка». Менять ничего не будем, только установим два флажка: «Линейная модель» (так как наши ограничения и целевая функция являются линейными по переменным  $x$  и  $y$ ) и «Неотрицательные значения» (для переменных  $x$  и  $y$ ). Щелкнем «ОК» и окажемся в исходном окне.

Мы полностью подготовили задачу оптимизации. Нажимаем кнопку «Выполнить». Появится диалоговое окно «Результаты поиска решения». В нем мы читаем сообщение «Решение найдено. Все ограничения и условия оптимальности выполнены». На выбор предлагаются варианты: «Сохранить найденное решение» или «Восстановить исходные значения». Выбираем первое. Можно также вывести отчеты: по результатам, по устойчивости, по пределам. Выделите их все, чтобы иметь представление о том, какая информация в них размещена.

После нажатия «ОК» вид таблицы меняется. В ячейках B2 и B3 появятся оптимальные значения. Числовые данные примера специально подобраны, поэтому в ответе получаются целые цифры: изделие А нужно выпускать в количестве 300 штук, а изделие В – 200 штук. Целевая функция достигает значения 14000.

Изменим условие задачи: недельный фонд времени уменьшился из-за планового ремонта и составляет 150 часов. Измените ограничение и убедитесь, что получаются дробные решения. Подумайте, что можно изменить в настройках решателя для получения целого числа изделий.

Решение первой задачи получено, вторую и третью необходимо решить по аналогии и записать полученные результаты для отчета по лабораторной работе.

Вопросы к отчету:

1. Определение и предназначение оптимизации.
2. Методы оптимизации.
3. Понятие целевой функции.
4. Методы решения задач линейного программирования.

5. Возможности процессора электронных таблиц EXCEL.
6. Составление математической модели задачи.
7. Сценарий расчета.
8. Вид и анализ полученного результата.

### **Лабораторная работа №3.**

#### **Изучение программ по решению инженерных задач на примере «Машины открытий»**

Цель работы: познакомиться с основными понятиями и положениями Теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), изучить предложенные решенные задачи, используя полученные знания и предложенный алгоритм сформулировать и решить свою задачу.

В процессе работы необходимо выполнять последовательно следующие действия.

1. Запустить «Машину открытий» (МО). Ознакомиться с понятием изобретение и открытие.
2. Рассмотреть историю создания МО и основополагающие определения, которые приведены в этом разделе (в программе выделены зеленым цветом):

- **ТРИЗ**

Работы по созданию Теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) были начаты в конце 40-х годов прошлого века в нашей стране Генрихом Сауловичем Альтшуллером. В их основе лежит анализ большого количества изобретений и исследование обучения методам творчества, которые позволили автору сформулировать принципиально новые подходы.

- 1) При создании современных методов творчества необходимо учитывать закономерности развития объектов преобразования – технических систем.
- 2) Метод должен строиться на основе науки о развитии – диалектики, в частности важнейшей ее части – учения о противоречиях.

Таким образом, можно сказать, что изобретение есть способ разрешения противоречий в ТС, а методы создания изобретений – это методы выявления и разрешения технических противоречий.

ТРИЗ включает в себя:

- алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ)
- законы развития технических систем,
- приёмы формулирования противоречий,
- приёмы разрешения противоречий,
- вепольный анализ,
- стандарты,

- эффекты
- законы развития творческой личности
- функционально-стоимостной анализ (ФСА)

ТРИЗ помогает выйти за рамки узкой специализации и рассмотреть проблему в целом. Часто решение проблемы находится не в той области, где она возникла, а в смежной или совершенно далекой от рассматриваемой.

Задачи решаются путем применения алгоритмов, что позволяет избежать потери времени на метод проб и ошибок.

- **противоречия**

Известно, что почти для каждого вещества, свойства, действия можно найти противоположное вещество, свойство или действие. В соответствии с законом единства и борьбы противоположностей борьба этих эффектов является источником развития технических систем, а само развитие техники выглядит как процесс зарождения, обострения и разрешения противоречий в ТС.

Противоречия, возникающие в системе «общество-техника» наиболее масштабны и заметны. Их называют социально-техническими противоречиями (СТП).

Технические противоречия возникают между различными частями системы, между свойствами и параметрами которыми эта система обладает. Технические противоречия (ТП) – это внутренние противоречия. Если традиционными способами улучшать одну часть (параметр) системы, то ухудшается другая часть (параметр).

Существуют типовые технические противоречия, например, «вес-прочность», «точность – производительность», которые проявляются в большинстве технических систем и технологических процессов.

В ряде случаев необходимо совмещение в одной и той же части системы двух противоположных состояний, явлений или веществ. Стремясь убрать конфликтующие противоречивые отношения между внешними сторонами технических систем, получаем противоречие на уровне внутреннего функционирования системы. Это физическое противоречие (ФП).

В ТРИЗ обычно формулируют физическое противоречие, суть которого в том, что к одному объекту применяют противоположные требования. Т.е. считается, что если есть одно свойство, то должно быть и другое – противоположное.

- **законы диалектики**
- **законы развития технических систем** (закон полноты частей системы, энергетической проводимости, неравномерности развития элементов системы. согласования-рассогласования, повышения динамичности системы, повышения вепольности, повышения идеальности системы, перехода в надсистему)
- **гипотезу и стержень программы**
- **качества необходимые исследователю.**

3. Изучение главной панели МО.
  - **справка, ее структура**
  - **работа с блокнотом** (можно использовать для записей и отчета)
  - **работа с таблицами качеств характера.**
4. Изучение приемов решения задач:
  - **диссимметрия**  
Причиной любого явления или эффекта является диссимметрия. При решении научной задачи необходимо эту диссимметрию найти. Диссимметрия может проявляться в самых разных видах: разность, неравенство, несоответствие, асимметричность, противоположность и т.д.  
Диссимметрия - ключ к решению всех научных задач, всех загадок природы.
  - **противоположный эксперимент**
  - **идеальный эксперимент**
  - **ресурсы**
  - **принцип компенсации**
  - **принцип эквивалентности**
  - **нота «что»**
  - **нота альт» - объединение альтернатив**
  - **перенапряжение**
  - **аналогия.**
5. Просмотр и анализ решения 1-2 задач с пометками основных моментов и выводов в блокноте из следующего списка задач, рассмотренных в программе:
  - **задача Гриффита**
  - **задача Резерфорда**
  - **эффект Гваймана**
  - **непредвиденный диод**
  - **эффект Рассела**
  - **задача о черном алюминии**
  - **пробулькивание пузырьков**
  - **открытие Коновалова**
  - **задача Фейгельмана.**Необходимо выбрать из общего списка задачи, наиболее интересные для каждого. По данным задачам необходимо понять ход решения, основные приемы и шаги алгоритма, которые были использованы.
6. Формулировка «своей» задачи.  
Практическая часть лабораторной работы состоит из индивидуального задания по созданию, усовершенствованию, видоизменению какого-либо объекта техники, технологии, бытового устройства или приспособления. Это может быть любая техническая система из числа тех, с которыми вы работали на практике, изучали в



курсовом проектировании, на занятиях на военной кафедре, в быту и т. д. Необходимо преобразить данную систему для достижения некоего положительного результата. Это изменение может быть уже известным и выполненным, в данном случае необходимо четко представить исходную ситуацию, цели и методы решения.

В данном задании оценивается не только практическая ценность и применимость полученного результата, но в большинстве случаев правильность применения рассмотренной теории и практических методов решения.

7. Использование алгоритма и приведенных приемов для решения задачи. Необходимо применить последовательно шаги 1-14 алгоритма программы для решения поставленной задачи (также может быть использован алгоритм АРИЗ-85, приведенный в лекциях). По каждому шагу алгоритма необходимо выполнить записи, которые будут рассмотрены при получении отчета по лабораторной работе. В случае если какой-то из шагов алгоритма не нужен или не может быть выполнен – необходимо пояснить почему.
8. Выводы по работе. После окончания решения необходимо сделать вывод об изученном материале, алгоритме и его применении при решении конкретной задачи.
9. Отчет с ответами на вопросы по приведенным терминам.

#### Вопросы к отчету:

1. История ТРИЗ.
2. Основные положения ТРИЗ.
3. Диалектика и ТРИЗ.
4. Понятие технической системы.
5. Законы развития технических систем.
6. Противоречия, виды противоречий.
7. Диссиметрия и ее использование в техническом творчестве.
8. Идеальный и противоположный эксперимент.
9. Использование ресурсов.
10. Принципы эквивалентности и компенсации.
11. Использование принципа аналогии.
12. Краткая характеристика одной из рассмотренных задач.

## **Лабораторная работа №4.**

### **Решение практических задач с использованием различных методов творчества**

Цель работы: познакомиться с основными методами решения технических задач и применить их на практике к решению и анализу инженерных задач из различных областей техники.

При решении технических задач возможно применение большого количества самых разнообразных (большой частью рассмотренных в лекционной части) методов: контрольных вопросов, морфологического анализа, различных ассоциативных методов, методов мозговой атаки, функционально-стоимостного анализа, системного анализа и т. д.

Однако основным методом решения представленных задач являются основанные на Теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) алгоритмы. Приведем один из них:

I часть. Анализ задачи.

Цель: переход от расплывчатой изобретательской ситуации к четко построенной и предельно простой схеме (модели) задачи.

1) Необходимо записать условия мини – задачи по следующей форме: ТС, части системы, технические противоречия (ТП1, ТП2, и т. д.), указать желаемый результат.

Мини – задачу получают из ситуации, вводя ограничения. Все остается без изменений или упрощается, но при этом появляется требуемое действие или исчезает вредное действие (свойство).

2) Выделяется и записывается конфликтующая пара элементов – «изделие и инструмент».

Изделие – это элемент, который по условиям задачи нужно обработать (изменить).

Инструмент – элемент, с которым непосредственно взаимодействует изделие.

3) Составляются графические схемы технических противоречий.

4) Из схем конфликта выбирается та, которая обеспечивает наилучшее осуществление главной полезной функции (основной функции ТС, указанной в условиях задачи). Указывается эта функция.

5) Усиливается конфликт, указываются предельные состояния (действия) элементов.

6) Записывается формулировка модели задачи, в которой указывается:

- конфликтующая пара;
- усиленная формулировка конфликта;
- что должен сделать вводимый для решения задачи «икс – элемент» (сохранить, улучшить, обеспечить и т.д.)

II часть. Анализ модели задачи.

Цель: учет ресурсов, которые можно использовать: ресурсов пространства, времени, вещества и полей.

1) Определить оперативную зону – пространство, в пределах которого возникает конфликт (ОЗ).

2) Определить оперативное время (ОВ). Это имеющиеся ресурсы времени: конфликтное Т1 и время до конфликта Т2. Конфликт иногда может быть устранен в течении Т2.

3) Описать вещественно – полевые ресурсы (ВПр) рассматриваемой системы, внешней среды и изделия. Составить список ВПр.

III часть. Определение идеального конечного результата (ИКР) и физических противоречий (ФП).

Цель этапа: сформулировать идеальное решение (ИКР).

1) Записать формулировку ИКР-1: икс-элемент не усложняя систему и не вызывая вредных явлений, устраняет вредное воздействие в течение ОВ в пределах ОЗ.

2) Усилить Формулировку ИКР-1 рядом дополнительных требований: в систему нельзя вводить новые вещества и поля, необходимо использовать ВПр.

3) Записать ФП на макроуровне. Например, ОЗ должна быть горячей (1 свойство) и одновременно холодной (2 свойство).

4) Записать ФП на микроуровне: в ОЗ должны быть частицы обеспечивающие 1 свойство и частицы обеспечивающие 2 свойство.

5) Записать формулировку ИКР-2: ОЗ должна сама обеспечивать противоположные состояния.

IV часть. Мобилизация и применение ВПр.

Цель: проведение плановых операций по увеличению ресурсов.

1) Использовать метод «моделирования маленькими человечками» (ММЧ):

а) используя метод ММЧ построить схему конфликта;

б) изменить построенную схему так, чтобы маленькие человечки действовали, не вызывая конфликта;

в) перейти от абстрактной к технической схеме.

Введенный ТРИЗ метод ММЧ в какой-то мере развивает упомянутый ранее прием личной аналогии (эмпатии). Он позволяет моделировать с помощью не одного, а многих символических «человечков» различные действия системы и их развитие.

2) Если из условий известно, какой должна быть готовая система и задача сводится к определению способа получения этой системы, может быть использован способ «шаг назад от ИКР». Изображают готовую систему, затем вносят минимальное изменение. Например, если в ИКР две детали соприкасаются, то нужно показать зазор. Возникает новая микрозадача: как устранить дефект? Часто это приводит к получению ответа.

3) Проверить решается ли задача применением смеси ресурсных веществ.

4) Проверить решается ли задача заменой ресурсных веществ пустотой или смесью с пустотой.

5) Проверить решается ли задача применением веществ, производных от ресурсных.

6) Проверить решается ли задача введением вместо вещества электрического поля или взаимодействия 2 электрических полей.

7) Проверить решается ли задача применением пары «поле-добавка вещества», отзывающегося на поле (магнитное поле – ферровещество, тепловое поле – вещество с памятью формы).

Очень часто IV этап приводит к решению поставленной задачи. В этом случае переходим к этапу VII.

V часть: Применение информфонда.

Цель: использование опыта, сконцентрированного в информфонде ТРИЗ, межотраслевом фонде эвристических приемов (приложение 1) и фонде физических эффектов.

Эти фонды содержат данные о всех возможных способах преобразования ТС, о различных физических эффектах, которые могут быть внесены в задачу или как-либо использованы.

VI часть: Изменение и/или замена задачи.

Для сложных задач:

1. Если задача решена перейти от физического ответа к техническому: схема, способ и т.д.

2. Если ответа нет – проверить I этап: не является ли формулировка сочетанием нескольких задач: изменить, выделить главную задачу.

3. Если ответа нет, изменить задачу, выбрав на шаге другое ТП.

4. Если ответа нет, заново сформулировать задачу, отнеся ее к надсистеме.

VII часть: Анализ способа устранения ФП.

Цель: проверка качества полученного ответа.

1. Контроль ответа. Рассмотреть вводимые поля и вещества.

2. Провести предварительную оценку полученного решения.

3. Проверить по патентным данным новизну.

4. Какие подзадачи возникнут при технической разработке идеи?

VIII часть. Применение полученного ответа.

1. Определить как должна быть изменена надсистема.

2. Проверить может ли измененная система (надсистема) применяться по новому.

3. Использовать полученный ответ при решении других задач.

При кажущейся громоздкости данная схема позволяет последовательно подойти к решению практически любой технической задачи. Очень часто использование 1-2 первых этапов может уже дать ответ. Разбирая приведенные далее задачи необходимо применять данный алгоритм. После решения задач необходимо сделать вывод по работе.

Задача №1.

При разработке костюма для горноспасателей, работающих в шахтах в условиях высоких температур и задымленности было необходимо выполнить следующие технические условия:

1. Необходима дыхательная система – масса около 15 кг.
2. Кроме костюма из жаропрочной ткани (аналог скафандра) была необходима эффективная система его охлаждения – масса хладагента (н-р сухой лед или др.) также около 15 кг.
3. Общая масса костюма не должна превышать 20-25 кг.

#### Задача №2.

Одним из вопросов, возникших при конструировании спускаемого аппарата космической лунной станции было создание мощной лампы для освещения лунной поверхности. Все известные и вновь разрабатываемые образцы не выдерживали расчетных перегрузок – разрушалась колба или крепление колбы к цоколю лампы.

#### Задача №3.

При выплавке чугуна в доменных печах образуется жидкий шлак (температура около 1100 С). По старой технологии шлак сливали в ковши и по рельсам увозили на шлакоперерабатывающую установку. По дороге шлак остывал, покрывался коркой, которую по окончании транспортировки необходимо было пробить в двух местах. На это уходило много времени и сил. В результате удавалось слить 60-70% шлака, затвердевшую фракцию выбивали из ковша и отправляли в отвалы. Переработка жидкого шлака экономически выгодна, затвердевшего – нет. Предложить недорогой и эффективный вариант решения проблемы.

#### Задача №4.

При окончательной обработке оптических стекол использовался полировальник из смолы с мелким абразивом, который вращался на поверхности линзы. Кроме того было необходимо подавать на поверхность контакта жидкость для охлаждения и отвода продуктов обработки. При изготовлении отверстий в полировальнике ухудшалось качество полировки.

#### Задача №5.

Сверхточная обработка отверстий в изделиях из ванадиевых сплавов называется хонингованием алмазными брусками. По старой технологии специальный инструмент с алмазными брусками имеющими возможность радиального раздвижения помещался в отверстие и в процессе обработки бруски раздвигались обеспечивая выработку до необходимого диаметра (как правило сотые доли миллиметра). Следующее поколение изделий потребовало повысить точность обработки, схема радиального раздвижения уже не смогла ее обеспечить.

#### Задача №6.

При исследовании влияния агрессивных жидкостей на различные материалы использовалась установка, состоящая из контейнера, в который наливалась жидкость, создавалось необходимое давление и температура и кубика из исследуемого материала, который помещался в жидкость.

Жидкость воздействовала не только на кубик, но и на стенки камеры, вызывая их коррозию, для предотвращения этого требовались дорогостоящие мероприятия по защите.

#### Задача №7.

При получении листового стекла по старой технологии раскаленная стеклянная лента из печи попадает на роликовый конвейер. Двигаясь по нему, она остывает и затвердевает. Однако качество поверхности стекла зависит от расстояния между роликами – чем оно меньше – тем меньше провисание и выше качество. Конструктивно и технологически выполнение конвейера с маленькими роликами очень затруднительно. Необходимо предложить мероприятия по повышению качества поверхности.

### СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патентный Закон Российской Федерации. Интеллектуальная собственность, 1992. - № 1-2.
2. Симагина С. Г., Матвеева Е. А., Хардин М. В. Интеллектуальная собственность: монография. - М.: Юнити-дана, 2004.
3. Половинкин А. И. Основы инженерного творчества: учеб. пособие.- М., 1988.
4. Дикарев В.И. Справочник изобретателя: учебник для вузов. - СПб., Лань, 2001.
5. Карпухина С. И. Защита интеллектуальной собственности и патентование. - М.: Международные отношения, 2004. - 399 с.
6. Альтшуллер Г. С. Найти идею: Введение в теорию решения изобретательских задач. - Новосибирск, 1986.
7. Моисеева Н. К. Функционально-стоимостной анализ в машиностроении. - М., 1987.
8. Городов О. А. Патентное право: учеб. пособие. - М.: Проспект, 2005. - 544 с.
9. <http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=МО/base.cou>

Учебное издание

**ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА**

*Методические указания к лабораторным работам*

Составитель *Хардин Михаил Викторович*

*В авторской редакции*

Подписано в печать 28.12.2012. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ. л. 1,5.

Тираж 50 экз. Заказ .

Самарский государственный аэрокосмический университет.  
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во Самарского государственного  
аэрокосмического университета.  
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

