

**Создание в Нижегородском государственном университете
межфакультетской магистратуры "Математические модели,
методы и программное обеспечение современных
компьютерных технологий"**

**Образовательный комплекс
Современные методы принятия
оптимальных решений**

**Программная лаборатория
LocOpt
«Исследование методов локальной оптимизации»**

Описание применения

Содержание

1. Назначение программной лаборатории	3
2. Общие принципы и порядок использования	4
2.1. Наборы функций и списки задач	4
2.1.1. Наборы функций	5
2.1.2. Списки задач	5
2.2. Подготовка задач для исследования	6
2.3. Проведение экспериментов при исследовании задач оптимизации	7
2.3.1. Выбор метода локальной оптимизации	8
2.3.2. Выбор способа учета ограничений	9
2.3.3. Изменение положения начальной точки	10
2.3.4. Автоматический выбор начальной точки локального поиска	11
2.3.5. Выполнение расчета	11
2.3.6. Редактирование исследуемой задачи	11
2.3.7. Навигация по окнам экспериментов	12
2.4. Отбор результатов при подготовке отчета по проведенному исследованию ..	12
2.4.1. Отбор результатов из архива расчетов и их копирование	13
2.4.2. Копирование изображений	13
3. Основные инструментальные средства.....	14
3.1. Окно стандартного набора задач	14
3.2. Конструктор функций и задач.....	15
3.3. Окно просмотра изолиний функций.....	15
3.4. Окно просмотра изолиний и структуры задачи	16
3.5. Окно эксперимента.....	17
3.6. Окно просмотра поверхности	17
3.7. Окно для исследования одномерных сечений.....	18
3.8. Окно настройки параметров расчета.....	18
3.9. Окно навигации по окнам экспериментов	19
4. Описание интерфейса главного окна.....	19
5. Использование конструктора функций и задач	20
6. Интерфейс окна эксперимента	22
7. Средства составления отчетов	25
Лист регистрации изменений	27

Описание программной лаборатории LocOpt

1. Назначение программной лаборатории

Программная лаборатория LocOpt является учебно–исследовательской программной системой, позволяющей всесторонне и в максимально наглядной форме *изучать свойства методов локальной оптимизации* в задачах поиска оптимальных решений.

Поддерживаются методы решения задач следующего вида

$$f(y) \rightarrow \min, y \in Q$$
$$Q = \{y \in D: g_j(y) \leq g_j^+, j=1, \dots, m\}$$
$$D = \{y=(y_1, \dots, y_N): a_i \leq y_i \leq b_i, i=1, \dots, N\}.$$

Для достижения максимального обучающего эффекта в программную лабораторию включены инструментальные средства, позволяющие выполнять исследования по широкому спектру направлений:

- изучать структуру функций и задач из предоставляемых системой стандартных наборов (исследование выполняется с помощью средств построения изолиний и поверхностей);
- конструировать новые наборы функций и задач с заданными свойствами (исследование выполняется с помощью конструктора задач и окон оперативной визуализации изолиний функций и задач);
- исследовать особенности функций штрафных задач, возникающих при учете ограничений методом внешнего штрафа;
- изучать поведение нескольких групп методов локальной оптимизации в задачах без функциональных ограничений;
- исследовать работу этих методов в сочетании с методом штрафных функций для задач с функциональными ограничениями;
- определять решения конкретных оптимизационных задач;
- формировать результаты выполненных расчетов в виде, удобном для составления отчетов.

Потребность в изучении методов локальной оптимизации обусловлена тем, что эти методы являются полезным, а часто и необходимым инструментом поиска оптимальных решений. Можно указать несколько таких ситуаций:

- известна приближенная оценка глобально-оптимального решения, найденная с недостаточной точностью, в этом случае для решения задачи достаточно с высокой точностью найти локально-оптимальное решение, соответствующее имеющейся оценке;
- необходимо предварительное исследование структуры решаемой задачи, например, можно установить многоэкстремальный характер задачи оптимального выбора, если методы локальной оптимизации, запущенные из нескольких начальных точек получили существенно разные решения;
- в задачах высокой размерности, когда регулярные методы поиска глобального решения не могут быть применены из-за чрезвычайно больших вычислительных затрат на покрытие области точками испытаний, практически единственным средством решения таких задач остаются методы локальной оптимизации, совмещенные, возможно, с процедурами предварительного отбора начальных точек.

Программная лаборатория реализована в формате приложения, поддерживающего многодокументный интерфейс: в области главного окна можно открыть несколько дополнительных окон для проведения экспериментов. Вид главного окна работающего

приложения на одном из этапов работы с развернутым в нем окном эксперимента показан на рис.1.1.

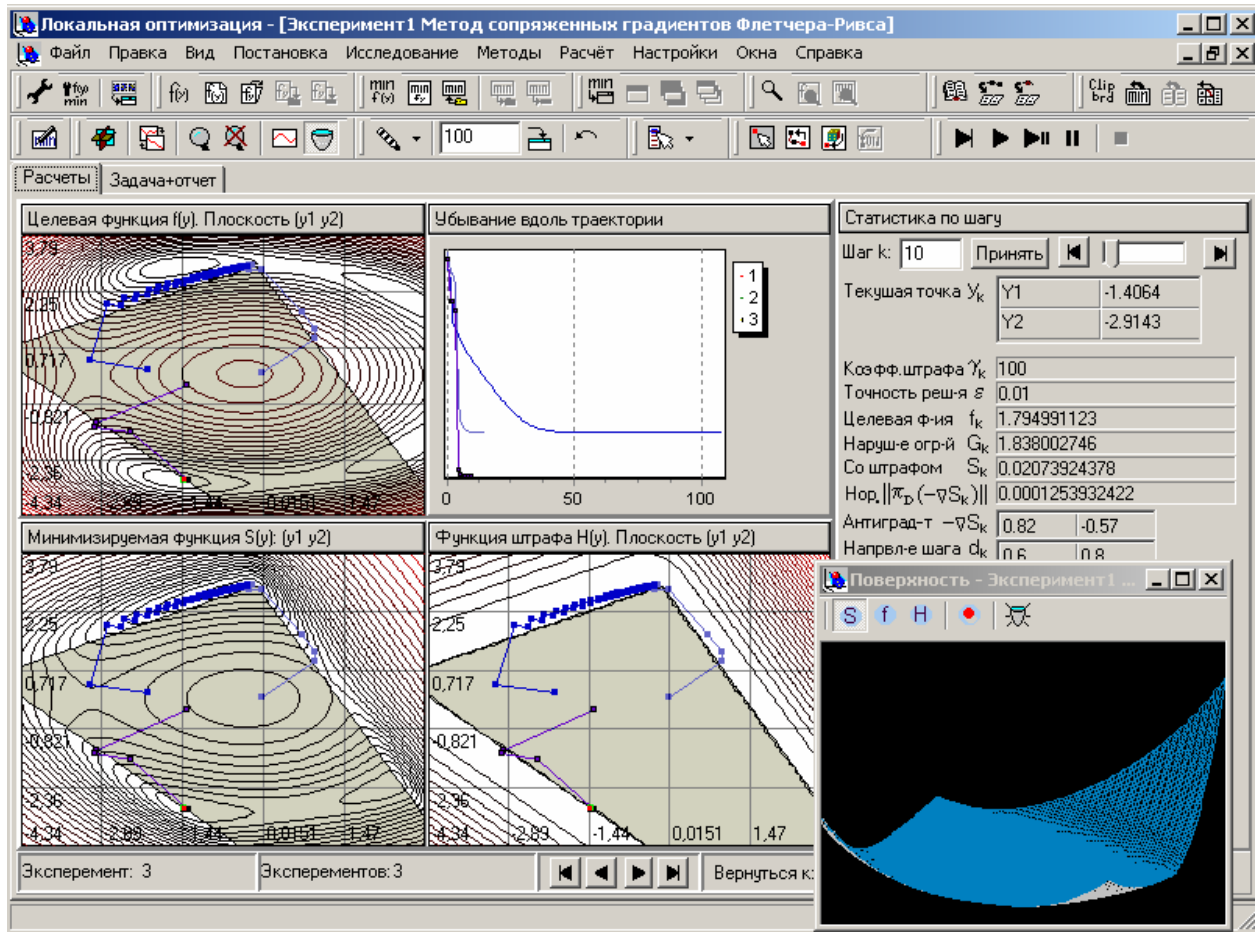



Рис. 1.1 Вид главного окна приложения LocOpt с развернутым окном эксперимента

2. Общие принципы и порядок использования

2.1. Наборы функций и списки задач

Задачи оптимального выбора, исследование которых поддерживается системой, включают в свое описание одну или несколько функций: минимизируемую (целевую) функцию, а также функции ограничений, если они присутствуют в постановке задачи. Пользователь может разрабатывать и сохранять на диске свои собственные наборы функций.

 *Наборы функций* используются для того, чтобы упростить конструирование задач оптимизации с требуемыми свойствами.

Конструирование выполняется по технологии перетаскивания (Drag&Drop — перетаски и отпусти) в специальном диалоговом окне (конструктор задач) путем перетаскивания в поле целевой функции и поля функций–ограничений необходимых функций из некоторого набора. Созданные задачи объединяются в группы, называемые списками задач. Список задач можно сохранить на диске, присвоив ему уникальное имя. В последующем пользователь может открыть список задач, просмотреть его и выбрать нужные задачи для исследования.

☞ *Списки задач* можно рассматривать как заранее подготовленные тематические коллекции, позволяющие быстро находить нужные задачи для проведения вычислительных экспериментов.

Более подробная информация содержится в пп. 2.1.1–2.1.2.

2.1.1. Наборы функций

Каждый набор функций сохраняется в виде одного двоичного файла специальной структуры с расширением “*.opt”. Все наборы функций приложение LocOpt размещает в папке Functions_Lists, расположенной внутри основной папки приложения. Вместе с системой поставляется стандартный набор функций, записанный в виде файла Standard.opt. Этот набор функций не может быть изменен, но система разрешает сохранить его под другим именем и использовать в качестве основы для создания новых наборов. На рис.2.1 приведен вид диалога по сохранению набора функций.

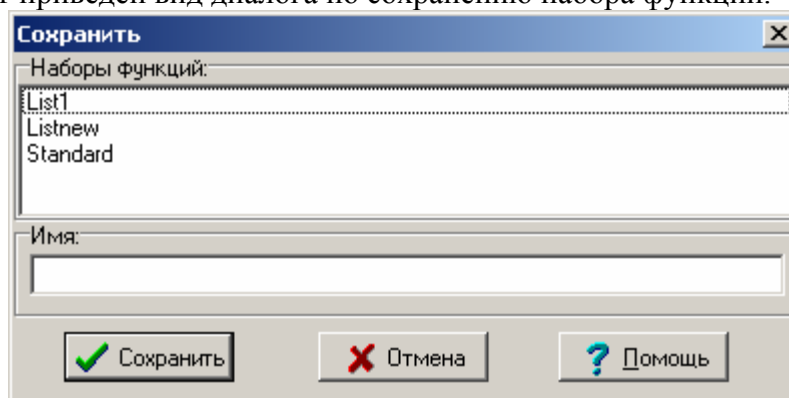


Рис. 2. 1 Диалоговое окно сохранения набора функций под новым именем

Функции в наборах могут содержать параметры a_1 , a_2 , и т.д., которым придаются значения по умолчанию. С функциями связываются также области их определения. В качестве имен переменных можно использовать x_1 , x_2 , и т.д. С функциями в наборах можно выполнять различные операции:

- удалять из набора;
- добавлять в набор;
- изменять значения параметров и область определения;
- редактировать;
- просматривать изолинии.

Функции, которые можно использовать в наборах, разделяются на три типа в зависимости от способа их задания:

- функции, определяемые формульным описанием,
- набор случайно генерируемых функций (функции Гришагина),
- функции из фиксированных списков.

В данной версии программы поддерживается один фиксированный список, соответствующий стандартному набору функций. В следующих версиях программной лаборатории будет предоставлена возможность подключать стандартные наборы функций, реализованные пользователем в виде DLL специального формата.

2.1.2. Списки задач

Списки задач размещаются в папке Tasks_Repository, расположенной в основной папке приложения LocOpt. Каждый список задач реализуется системой в виде папки, помещаемой в Tasks_Repository. Их имена могут быть любыми, кроме Standard, поскольку это имя резервируется системой для размещения стандартного набора задач.

Отдельные задачи сохраняются в списках в виде файлов со стандартными именами вида 0000000001.tsk, 0000000002.tsk, и т.д. Имена автоматически генерируются системой, причем пользователь никогда непосредственно не работает с этими файлами через их имена и может вообще не знать об их существовании.

С точки зрения пользователя существуют только именованные списки задач. Через главное меню приложения и панель инструментов можно загрузить в специальное диалоговое окно конструктора задач любой из списков задач. После этого возможна быстрая навигация по задачам набора, их удаление, просмотр, корректировка, отправка в окна экспериментов.


Вместе с системой поставляется стандартный список учебных задач, имеющий имя Standard. Система не позволяет изменять этот список как целое, однако любую задачу этого списка можно изменить и сохранить ее в другом списке, например, в новом списке. При этом используется диалоговое окно подобное тому, которое показано на рис.2.1.

В описание задачи включаются следующие основные данные по ее постановке:


- размерность,
- целевая функция,
- двусторонние ограничения на переменные,
- функциональные ограничения вида $((+1) g_j(y)) \leq g_j^+$ или $((-1) g_j(y)) \leq g_j^+$,



а также дополнительные данные для методов локального поиска и метода штрафов:


- рекомендуемая точка для запуска локальных методов,
- «веса», приписанные ограничениям при использовании метода штрафов,
- показатель степени в функции штрафа, влияющий на порядок гладкости задачи со штрафом,
- рекомендуемое значение коэффициента штрафа, при котором возникает интересная для исследования структура задачи со штрафом.


 Заметим, что в программной лаборатории по локальной оптимизации метод штрафов используется двойко. С одной стороны, как способ решения задач с ограничениями, с другой — как механизм порождения задач со сложным рельефом.




2.2. Подготовка задач для исследования

Пользователь может подготовить необходимую для исследования задачу несколькими способами. Наиболее простой способ заключается в выборе задачи из стандартного списка. Для этого достаточно выполнить через главное меню следующие действия: «Постановка/Задача/Из стандартного набора...» или нажать кнопку  панели инструментов. Появится диалоговая панель, содержащая кнопки с изображениями задач из стандартного списка. Для выбора задачи достаточно нажать на одну из кнопок с изображениями задач. В стандартном режиме будет создано новое окно эксперимента, в которое будет отправлена выбранная задача. Если перед нажатием на кнопку с задачей заказать второй из возможных режимов (отправка в конструктор задач), то выбранная задача будет передана в конструктор, позволяющий изменить ее до того, как она будет отправлена в окно эксперимента.

Существует второй, более универсальный способ выбора задачи как из стандартного, так и из личного списка ранее подготовленных задач. Для того, чтобы им воспользоваться, достаточно нажать кнопку  — «Конструктор функций и задач». При первом нажатии в него по умолчанию будет загружен стандартный список задач и активной станет первая задача этого списка. Для загрузки другого списка задач следует выполнить через главное меню действия: «Файл/Открыть набор задач...» или нажать кнопку панели инструментов  — «Открыть набор задач».

Для визуализации задач из загруженного списка следует нажать кнопку  — «Показать задачу». При этом появляется изображение текущей задачи в окне «Линии уровня задачи».

С помощью кнопок навигации  в нижней части окна конструктора задач можно пролистывать задачи из загруженного списка. Одновременно в окне «Линии уровня задачи» будут показаны их изображения (для многомерных задач — изолинии в одном из сечений). Выбрав нужную задачу можно отправить ее в одно из окон экспериментов, используя пункты главного меню: «Постановка/Новый эксперимент», «Постановка/Задачу — в текущее окно» или «Постановка/Задачу — во все окна» или соответствующие кнопки панели инструментов:

-  — новый эксперимент,
-  — задачу — в текущее окно,
-  — задачу — во все окна.

С помощью окна конструктора задач можно изменять постановки существующих в загруженном списке задач, а также создавать новые задачи. Более подробное описание процесса создания задач можно найти в разделе «Использование конструктора функций и задач».

2.3. Проведение экспериментов при исследовании задач оптимизации

После того, как задача отправлена в окно эксперимента (см. раздел «Подготовка задач для исследования»), это окно становится активным. В нем автоматически рисуются изолинии решаемой задачи и структура допустимой области. Для удобства исследования в окне эксперимента формируется три изображения с изолиниями. Вид отображаемой информации зависит от размерности задачи.

Для задач с двумя переменными показываются изображения трех типов:

- верхнее левое изображение показывает изолинии минимизируемой функции $f(y)$ и допустимую область Q , которая выделяется специальным цветом (стиль FQ);
- нижнее левое изображение показывает изолинии функции задачи со штрафом $S(y)$ при установленном в данный момент значении коэффициента штрафа, а также допустимую область (стиль S);
- правое нижнее изображение показывает изолинии функции штрафа $H(y)$ и допустимую область (стиль H).

Вид окна эксперимента для двумерной задачи показан на рис.2.2.

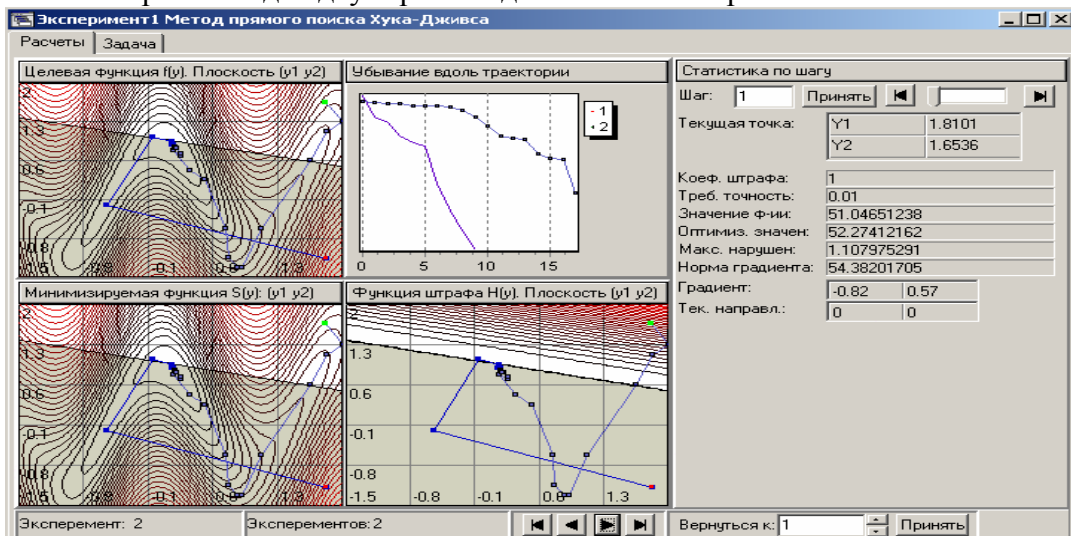



Рис. 2. 2 Вид основной страницы окна эксперимента

Для задач с тремя и более переменными на этих изображениях показываются изолинии в сечениях плоскостями, параллельными координатным. По умолчанию в каждом из сечений отображаются изолинии функции задачи со штрафом и допустимая область. Секущие плоскости проводятся через установленную в задаче начальную точку локального поиска или текущую точку локального поиска. Номера переменных, по которым строятся сечения, а также тип изображения в сечении могут быть изменены с помощью специального диалогового окна, вызываемого либо через главное меню: «Вид / Окно экспериментов / Сечения плоскостями», либо с помощью кнопки  на панели инструментов. Вид диалогового окна представлен на рисунке 2.3.

Вторая страница этого окна содержит органы управления, позволяющие изменять следующие параметры построения изображений изолиний:

- количество точек разбиения по осям при построении сетки, используемой для синтеза изолиний;
- способ выбора уровней при построении изолиний (логарифмическая шкала уровней или равномерная с подуровнями);
- число основных изолиний.

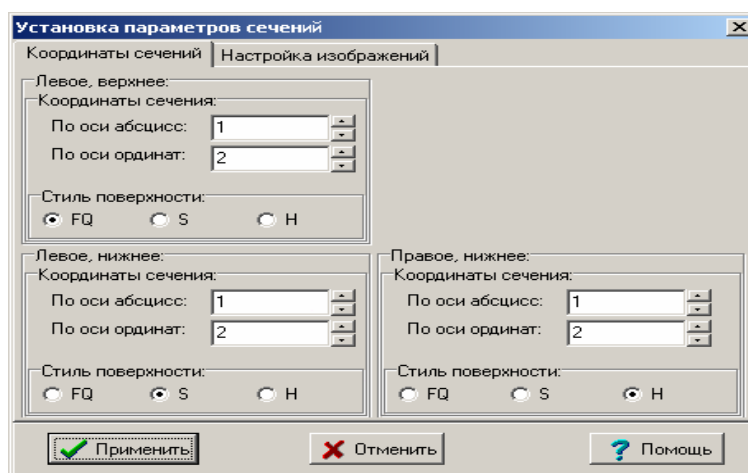



Рис. 2. 3 Окно настройки параметров изображений

2.3.1. Выбор метода локальной оптимизации

Программная лаборатория поддерживает LocOpt включает следующий набор методов локальной оптимизации:

- метод Ньютона;
- метод Ньютона–Равсона (метод Ньютона с регулировкой шага);
- метод Ньютона–Равсона с модификацией матрицы Гессе;
- квазиньютонов DFP–метод (переменной метрики);
- DFP–метод с модификацией оценочной матрицы;
- метод растяжения пространства Шора Н.З.;
- метод наискорейшего градиентного спуска;
- метод сопряженных градиентов Флетчера–Ривса;
- метод прямого поиска Нелдера–Мида (в версии 1.0 — не реализован);
- метод прямого поиска Хука–Дживса.

Выбор метода выполняется либо через главное меню: «Методы/Методы/<название метода>» либо с помощью кнопки  со списком методов. Название текущего выбранного метода отображается в заголовке окна эксперимента.

Теоретический материал по данным методам, иллюстрации, а также описание соответствующих им алгоритмов приведены в главе 4 электронного учебника по курсу

«Современные методы принятия оптимальных решений», приложением к которому является данная программная лаборатория. Иллюстрации к методам доступны также через пункт главного меню «Справка/Методы локального поиска».

В программной лаборатории полностью открыт доступ к общим параметрам методов и к их индивидуальным наборам параметров. Изменение установленных общих параметров локального поиска происходит в диалоговом окне «Общие параметры расчетов», которое вызывается через главное меню: «Расчет/Параметры расчетов...». Вид этого диалога показан на рис.2.4.

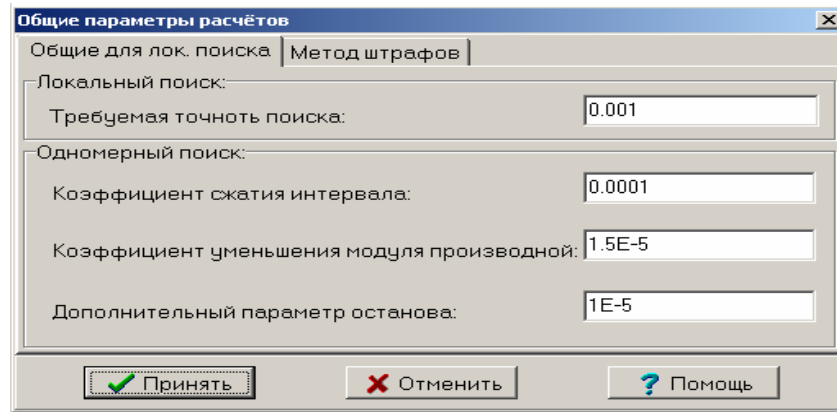


Рис. 2. 4 Окно управления параметрами расчетов

Диалог по настройке индивидуальных параметров методов вызывается через главное меню приложения: «Методы/Параметры метода...». Перечень настраиваемых параметров зависит от выбранного метода. Вид диалога показан на рис.2.5.

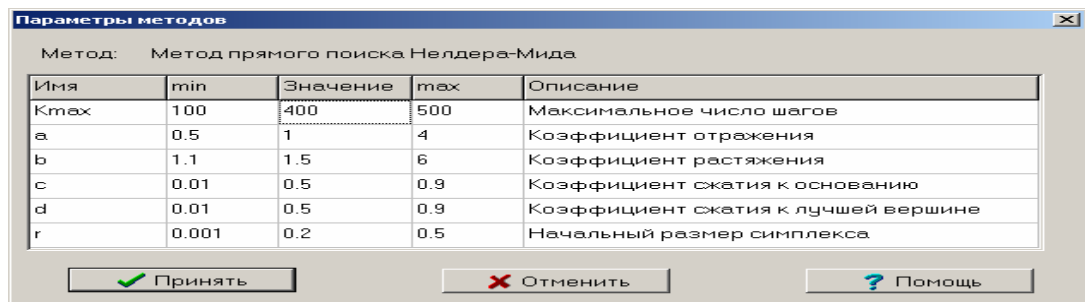



Рис. 2. 5 Вид окна параметров метода на примере метода Нелдера–Мида

2.3.2. Выбор способа учета ограничений

Приложение LocOpt позволяет различным образом учитывать функциональные ограничения, имеющиеся в постановке задачи. Имеется три способа учета:

- отключить ограничения;
- добавить к минимизируемой функции фиксированный штраф $H(y)$;
- решать задачу методом внешнего штрафа с автоподстройкой коэффициента штрафа.

Нужный режим устанавливается через главное меню: «Постановка/Учет ограничений/(Отключить|Фиксированный штраф|Метод штрафов)» или с помощью кнопки  с выпадающим списком, включающим те же варианты, что и меню.

В приложении используется только один вид функции штрафа — степенной. Функция штрафа имеет параметр p , влияющий на порядок гладкости штрафа, а также набор весовых коэффициентов ограничений:



$$H(y) = \sum_{i=1}^m (\max \{ c_i (g_i(y) - g_i^+); 0 \})^p.$$

Проведение оптимизационных расчетов в программной лаборатории таково, что формально всегда решается задача оптимизации со штрафом

$$S_{\gamma}(y) \rightarrow \min, y \in D, S_{\gamma}(y) = f(y) + \gamma H(y),$$

$$D = \{y: a_i \leq y_i \leq b_i, i=1, \dots, N\},$$

вне зависимости от того, есть ли в задаче ограничения. В последнем случае функция штрафа тождественно равна нулю. Такой подход повышает гибкость в изменении постановки задачи, за счет того, что программа позволяет различным образом использовать коэффициент штрафа (как это было указано в начале данного пункта):

- при отключенных ограничениях коэффициент штрафа γ полагается равным нулю;
- при фиксированном штрафе его значение постоянно и выбирается из окна редактора, размещенного на панели инструментов (для подтверждения введенного значения необходимо нажать кнопку  — «Принять штраф» на панели инструментов, а для возврата к установленному по умолчанию значению нажать расположенную правее кнопку  — «Восстановить штраф»)
- при выбранном режиме «Метод штрафов» коэффициент штрафа подстраивается по специальному алгоритму, приведенному в электронном учебнике.

Алгоритм содержит ряд параметров, которые можно задать на второй странице диалогового окна по выбору параметров, представленной на рис.2.6.

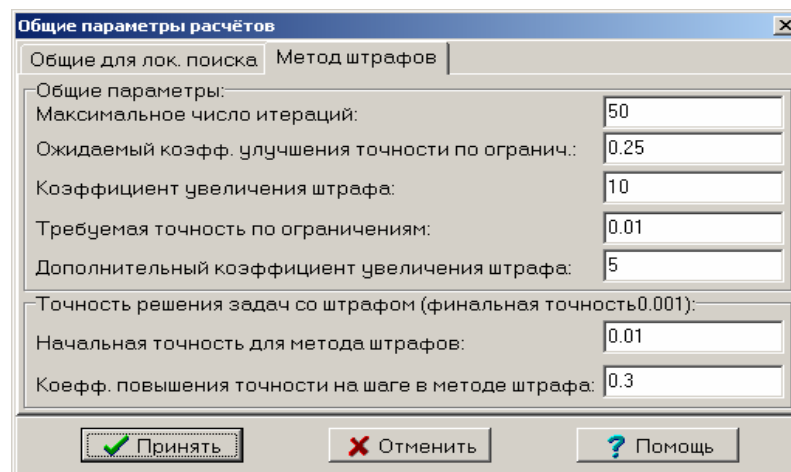


Рис. 2. 6 Вторая страница окна общих параметров расчетов, содержащая параметры метода штрафов

2.3.3. Изменение положения начальной точки

Положение начальная точка запуска локальных методов отображается в виде красного маркера на картах изолиний в окне эксперимента. Это положение можно изменять. Управление выбором начальной точки для запуска локального метода осуществляется с помощью пунктов главного меню «Расчет/Начальная точка», «Расчет/Восстановить начальную точку» или с помощью следующих кнопок на панели инструментов управления экспериментом:



— новая начальная точка;



— восстановить начальную точку последнего запуска локального поиска.


После нажатия кнопки выбора начальной точки необходимо с помощью щелчка левой кнопкой мыши по области карты изолиний указать новое положение начальной точки. Для задачи с размерностью более двух при изменении начальной точки автоматически перерисуются изолинии в сечениях, поскольку сечения всегда проводятся через текущую точку. При изменении начальной точки ее координаты отображаются в правой части окна эксперимента.

Перед началом расчета следует отжать кнопку , если она оказалась утопленной.

2.3.4. Автоматический выбор начальной точки локального поиска

Для возможности автоматического выбора начальной точки в программную лабораторию включен метод равномерных случайных покрытий области. В главном меню в пункте «Расчет» включены подпункты, соответствующие автоматическому выбору начальной точки с использованием случайного покрытия области, а также восстановлению прежней начальной точки, ранее выбранной по случайному покрытию.

На панели инструментов имеются две кнопки, согласованные с описанными выше пунктами меню:




 — автоматический выбор начальной точки за счет построения случайного покрытия области;



 — возврат к прежней точке автоматического случайного выбора.

По кнопке автоматического выбора начальной точки запускается диалог, в котором необходимо указать количество точек в равномерном случайном покрытии. Автоматический выбор точки наиболее удобен при решении многомерных задач.

2.3.5. Выполнение расчета


Для начала расчета из выбранной начальной точки ранее выбранным методом достаточно нажать одну из кнопок панели инструментов:

-  — запуск в режиме «быстро»;
-  — запуск в режиме «медленно»;
-  — запуск в пошаговом режиме.

Расчет реализован как отдельный поток. Для приостановки расчета можно воспользоваться кнопкой , а для полной остановки — кнопкой . В каждом окне одновременно может быть запущено не более одного расчета. В разных окнах расчеты могут выполняться одновременно.

Результаты расчетов отображаются в виде траекторий на изображениях изолиний и графиков убывания функций при расчетах. Для разных методов траектории отображаются различными цветами. Существующие стандартные назначения цветов можно изменить в специальном диалоговом окне, которое вызывается с помощью пункта меню «Настройки». Более подробная информация приведена в пп. 3.8 «Окно настройки параметров расчета».


2.3.6. Редактирование исследуемой задачи

Задача, находящаяся в окне эксперимента, может быть изменена. Для изменения постановки задачи необходимо выбрать пункты меню «Постановка/Редактор задачи...» или же нажать на кнопку  панели инструментов. При этом активизируется окно конструктора задач, но в него окажется подставленной задача из текущего окна эксперимента.

В режиме редактирования можно выполнить любое изменение постановки задачи, не приводящее к изменению ее размерности. Другие задачи из ранее открытого списка задач становятся недоступными, навигация по ним в этом режиме невозможна.

После требуемого изменения задачи для передачи ее в прежнее окно эксперимента достаточно выполнить действие по отправке задачи в текущее окно эксперимента. Под текущим в данном случае подразумевается то окно эксперимента, которое было активно последний раз.

Необходимо учитывать, что если после использования режима редактирования задачи из текущего окна эксперимента вызвать конструктор задач, то не произойдет автоматического восстановления ранее загруженного списка задач, поэтому после активизации конструктора следует выбрать из имеющейся в системе коллекции требуемый список задач и загрузить его в конструктор. Для этого достаточно

воспользоваться пунктом меню «Файл/Открыть набор задач...» или нажать кнопку  на панели инструментов главного окна.

2.3.7. Навигация по окнам экспериментов

Окна экспериментов являются дочерними окнами главного окна и поэтому к ним применимы общепринятые приемы управления, доступные через пункт главного меню «Окна». Для повышения удобства навигации по экспериментам в состав программной лаборатории включено дополнительное модальное окно «Список окон экспериментов», вызываемое через пункты главного меню «Окна/Список окон экспериментов...». Вид окна показан на рис 2.7.

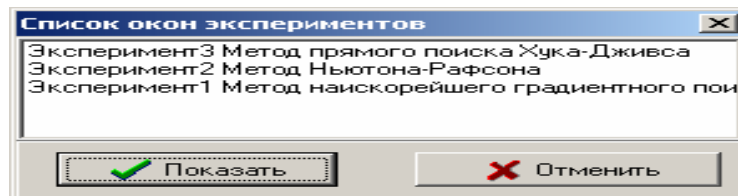


Рис. 2.7 Переключение между окнами экспериментов

Для переключения в окно нужного эксперимента необходимо выделить в списке данного окна строку с нужным экспериментом и нажать кнопку «Показать».

2.4. Отбор результатов при подготовке отчета по проведенному исследованию

Программная лаборатория LocOpt имеет простые средства, облегчающие составление отчетов по выполненным исследованиям. Принцип их использования заключается в том, что возможно выборочное копирование промежуточных и итоговых результатов оптимизационных расчетов во встроенный текстовый редактор системы (*журнал*), где их можно подвергать необходимой предварительной ручной правке. У каждого окна эксперимента существует свой журнал. Копирование результатов расчетов происходит из *внутреннего архива*, имеющегося у каждого окна эксперимента.

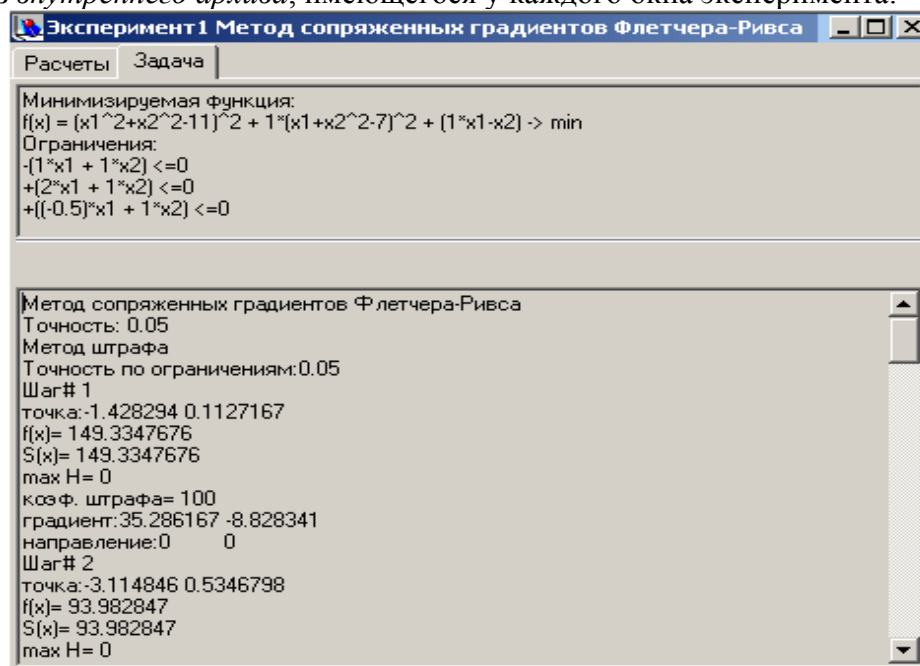


Рис. 2.8 Вторая страница окна эксперимента с окном постановки задачи и журналом расчетов

Текстовый редактор, в который может выборочно копироваться информация из архива, находится в нижней части второй страницы «Задача+отчет» окна эксперимента.

На той же странице в ее верхней части находится еще один редактор, в который автоматически помещается текст постановки задачи при ее передаче в окно эксперимента. На рисунке 2.8. показана вторая страница окна эксперимента после копирования в нее информации о ходе поиска с использованием метода внешнего штрафа.

Отобранная информация может быть окончательно оформлена в редакторе MS Word. Для этого постановку задачи и нужные данные о результатах расчетов можно переслать в MS Word через буфер обмена, пользуясь специальными средствами копирования, предусмотренными в программной лаборатории. Таким же образом можно переслать изображения с изолиниями, построенные графики и т.д. Для этого в приложении предусмотрена группа пунктов в выпадающем меню «Правка». Подробнее этот вопрос рассмотрен в пп. 2.4.1–2.4.2.

2.4.1. Отбор результатов из архива расчетов и их копирование

В окне эксперимента можно провести несколько оптимизационных расчетов, выбирая различные начальные точки, методы, способы учета штрафа. Все данные о выполненных расчетах сохраняются во *внутреннем архиве* окна эксперимента. За счет этого в окне эксперимента возможен ретроспективный просмотр результатов ранее выполненных расчетов (более подробное описание приведено в разделе 6). Эти результаты полностью или частично могут быть скопированы из архива во встроенный редактор окна эксперимента. Для этого с помощью специальных кнопок ◀ ◁ ▷ ▶ — навигации по результатам расчетов необходимо выбрать нужный расчет, а с помощью ползунка в верхнем правом углу окна эксперимента выбрать нужный шаг в этом расчете. Затем можно скопировать в журнал необходимую информацию по расчету с помощью пунктов главного меню: «Правка/Расчет в журнал» и «Правка/Шаг в журнал» или же кнопок на панели инструментов:

— расчет в журнал;
 — шаг в журнал.

При выборе действия «Расчет в журнал» появляется диалоговое окно, в котором необходимо выбрать вид копирования:

- только итоги расчета;
- результаты всех шагов.

Вид окна этого диалога представлен на рис.2.9.

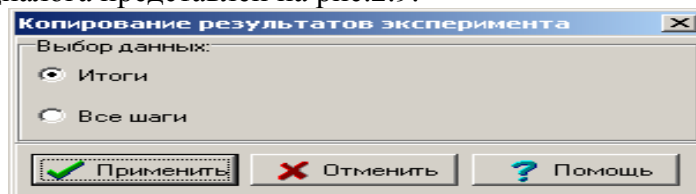


Рис. 2.9 Окно выбора данных для копирования


Для удобства копирования подготовленных результатов расчетов в буфер обмена в главном меню имеются пункты: «Правка/Копировать текст задачи» и «Правка/Копировать журнал». Аналогичные действия реализуются кнопками панели задач:

— запись постановки задачи в буфер;
 — запись данных, накопленных в журнале в буфер обмена.

2.4.2. Копирование изображений

На первой основной странице окна эксперимента находится несколько изображений содержащих изолинии функций, траектории методов поиска, графики убывания функции,

одномерные сечения функций вдоль направлений перемещения на шаге. Эти изображения можно поместить в буфер обмена для последующей вставки в отчет.

Для помещения их копий в буфер обмена используется следующий пункт главного меню: «Правка/Копировать эксперименты...» или кнопка  на панели задач. Выбор этого действия приводит к появлению диалогового окна в котором необходимо указать одно из четырех изображений, имеющихся в окне эксперимента. Вид этого диалогового окна приведен на рис.2.10.

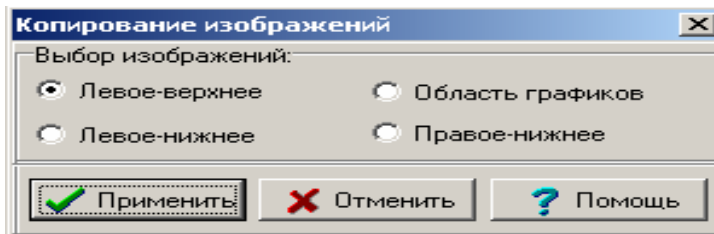


Рис. 2. 10 Окно выбора копируемого изображения

3. Основные инструментальные средства

3.1. Окно стандартного набора задач

Данное окно облегчает выбор задачи из стандартного набора задач. Вид окна показан на рис. 3.1.

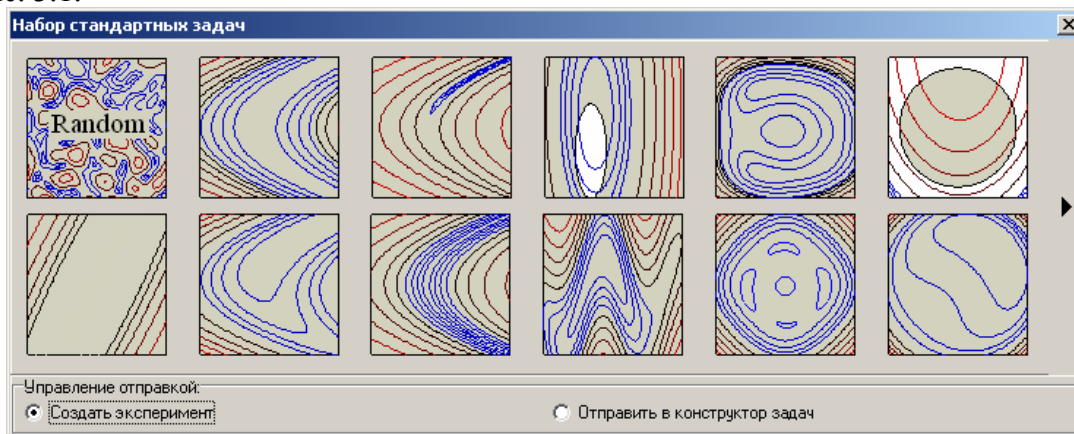



Рис. 3. 1 Окно стандартного набора задач

Для того чтобы вызвать окно стандартного набора задач достаточно выполнить пункт меню «Постановка/Задача/Из стандартного набора...» или нажать кнопку  на панели задач.


Окно реализовано как модальный диалог, имеющий прокручиваемую полосу кнопок с изображениями стандартных задач. В нижней части окна размещены две кнопки альтернативного выбора. Они управляют тем, куда будет передана стандартная задача, выбранная нажатием на одну из кнопок с изображениями. По умолчанию активен режим «Создать эксперимент», при котором нажатие на кнопку с изображением задачи будет приводить к созданию нового окна эксперимента с отправкой в него данной задачи. Во втором режиме «Отправить в конструктор задач» произойдет перемещение выбранной задачи в окно конструктора функций и задач. При этом пользователь получит возможность внести предварительные изменения в постановку задачи и лишь потом отправить ее в окно эксперимента. Подробнее правила работы с конструктором описаны в подразделе 3.2. и разделе 5.

3.2. Конструктор функций и задач

Это основной инструмент, позволяющий выполнить постановку новой задачи оптимизации или выбрать ее из списков имеющихся задач. Более подробная информация приведена в разделе 5 — «Использование конструктора функций и задач».

3.3. Окно просмотра изолиний функций

Окно просмотра изолиний функции является плавающим окном, которое используется совместно с диалоговым окном «Конструктор функций и задач» для оперативного просмотра изолиний функции, которая выделена в списке функций, отображаемом в верхней части окна конструктора. В этом списке отображается перечень функций, содержащийся в активном наборе функций, загруженном в конструктор.

Это окно можно активизировать только в том случае, когда активен конструктор функций и задач. Для открытия окна просмотра функций нужно выполнить пункт меню «Вид/Конструктор задач/Показать функцию» или утопить кнопку  — «Показать функцию» на панели инструментов. Для того чтобы удалить данное окно, достаточно отжать указанную кнопку на панели задач. Если не закрывать данное окно, то оно будет оставаться видимым даже после переключения из конструктора задач в окно эксперимента.

Если окно «Показать функцию» включено, то при работе с конструктором задач в окне просмотра «Показать функцию» будут оперативно отслеживаться все те изменения, которые происходят с активной функцией в конструкторе функций. Например, при навигации по набору функций будет происходить синхронная перерисовка изолиний функции в окне просмотра; при любой корректировке функции (замене функции, изменении ее параметров) все изменения также будут отображаться в окне просмотра функции.

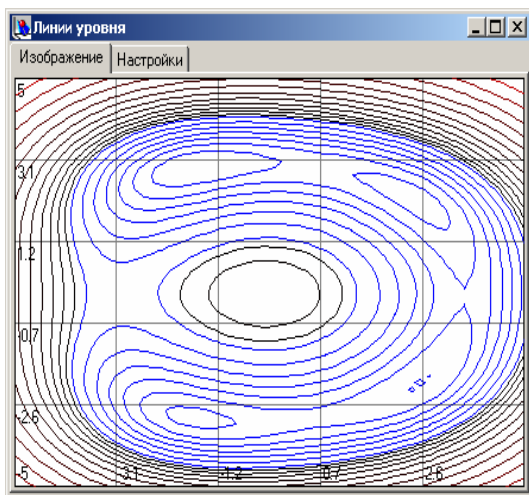


Рис. 3. 2 Первая страница окна изолиний функции

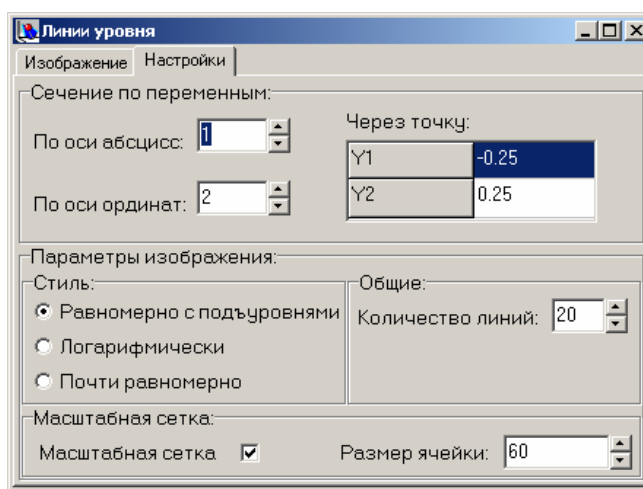


Рис. 3. 3 Вторая страница окна изолиний

Окно просмотра функции имеет две страницы. На первой странице, представленной на рис.3.2, строится карта изолиний функции.

На второй странице окна просмотра (рис.3.3) размещены органы управления видом изображения. Они позволяют:


- изменить точность построения изолиний за счет выбора числа точек вдоль оси в прямоугольной сетке, используемой для построения изолиний;
- отключить или включить изображение масштабной сетки;
- выбрать количество основных изолиний;
- установить нужный режим выбора уровней при построении изолиний (равномерный с подуровнями, логарифмический, почти равномерный);

- для функций с числом переменных более двух — выбрать номера переменных, по которым выполняется сечение, а также координаты точки, через которую проводится сечение.

Изображение изолиний из окна просмотра функции можно скопировать в буфер обмена с помощью пунктов меню «Правка/Изолинии функции – в буфер».

3.4. Окно просмотра изолиний и структуры задачи

Окно просмотра изолиний и структуры задачи является плавающим окном, которое используется совместно с диалоговым окном «Конструктор функций и задач» для оперативного просмотра структур текущих задач, отображаемых в окне конструктора при навигации по активному списку задач.

Это окно можно активизировать только в том случае, когда активен конструктор функций и задач. Для открытия окна просмотра нужно выполнить пункт меню «Вид/Конструктор задач/Показать задачу» или утопить кнопку  — «Показать задачу» на панели инструментов. Для того чтобы удалить данное окно, достаточно отжать указанную кнопку на панели задач. Если не закрывать данное окно, то оно будет оставаться видимым даже после переключения из конструктора задач в окно эксперимента.

Если окно «Показать задачу» включено, то при работе с конструктором задач в окне просмотра «Показать задачу» будут оперативно отслеживаться все те изменения, которые происходят с активной задачей в конструкторе задач. Например, при навигации по списку задач будет происходить синхронная перерисовка структуры задачи в окне просмотра; при любой корректировке постановки задачи (изменение целевой функции и функций ограничений, добавление и удаление ограничений) все изменения также будут отображаться в окне просмотра «Показать задачу».

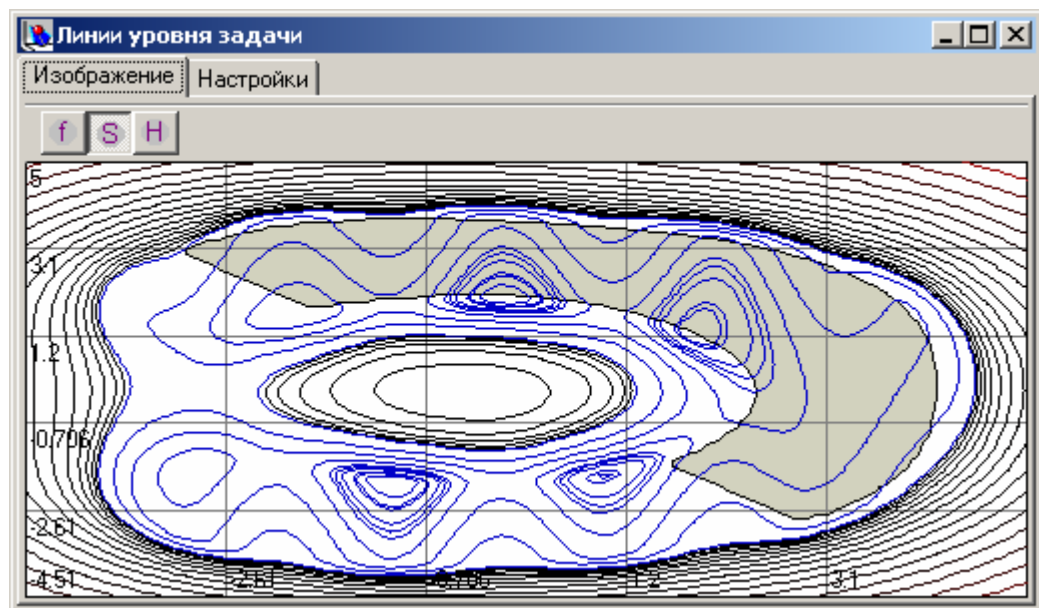





Рис. 3.4 Окно просмотра изолиний и структуры задачи

Окно просмотра структуры задачи имеет две страницы. На первой странице, представленной на рис.3.4, строится карта изолиний для функций задачи (целевой, со штрафом или функции штрафа), а также вид допустимой области. С помощью кнопок на панели инструментов этой страницы можно менять режим отображения:

-  — целевая функция и допустимая область;
-  — минимизируемая функция штрафной задачи и допустимая область;
-  — функция штрафа и допустимая область.

Вторая страница окна просмотра предназначена для настройки параметров изображения. Набор органов управления совпадает со второй страницей окна «Показать функцию» (рис.3.3). Они позволяют:


- изменить точность построения изолиний за счет выбора числа точек вдоль оси в прямоугольной сетке, используемой для построения изолиний;
- отключить или включить изображение масштабной сетки;
- выбрать количество основных изолиний;
- установить нужный режим выбора уровней при построении изолиний (равномерный с подуровнями, логарифмический, почти равномерный);
- для функций с числом переменных более двух — выбрать номера переменных, по которым выполняется сечение, а также координаты точки, через которую проводится сечение.

Изображение изолиний из окна просмотра задачи можно скопировать в буфер обмена с помощью пунктов меню «Правка/Изолинии задачи – в буфер».

3.5. Окно эксперимента

Окно эксперимента является основным рабочим окном программной лаборатории LocOpt. Пример вида окна эксперимента приведен на рис.2.1. В приложении может быть одновременно открыто несколько окон экспериментов. В окне эксперимента выполняются все вычислительные эксперименты с конкретной задачей оптимизации, переданной в это окно эксперимента главного окна приложения. Управление экспериментами происходит с помощью панелей управления экспериментами. В окне эксперимента обеспечивается максимально полная визуализация процесса расчетов. Возможен ретроспективный просмотр результатов ранее проведенных экспериментов и выборка из них данных для составления отчетов. Более подробное описание управления окном эксперимента приведено в разделе «Интерфейс окна эксперимента».

3.6. Окно просмотра поверхности

Окно поверхности является плавающим окном. Оно позволяет для двумерных задач получить объемное представление о структуре функций решаемой задачи. Данное окно доступно тогда, когда имеется открытое окно эксперимента с двумерной задачей. Для инициации окна поверхности необходимо воспользоваться пунктом меню «Исследование/Поверхность» или кнопкой  на панели задач. Окно поверхности показано на рис.3.2.

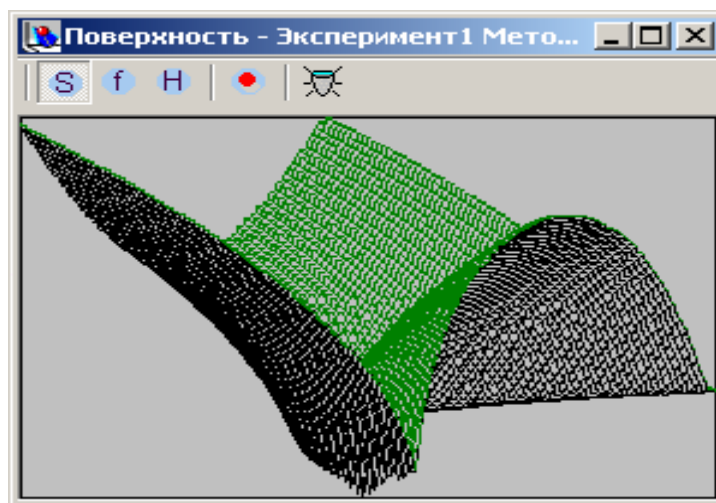






Рис. 3. 5 Вид окна просмотра поверхности

Оно имеет панель инструментов, позволяющую оперативно переключать режимы отображения поверхности:


-  — целевая функция;
-  — минимизируемая функция штрафной задачи;
-  — функция штрафа.

Кнопка  вызывает диалог по изменению параметров изображения.

При переключении между окнами экспериментов окно поверхности «плавает» сверху. Автоматического изменения вида поверхности не происходит. Номер эксперимента, к которому относится поверхность отображается в заголовочной части этого окна. Для перерисовки поверхности для активного окна эксперимента необходимо нажать кнопку  — «Освежить».

Для копирования изображения поверхности в буфер обмена следует использовать пункты меню «Правка/Поверхность – в буфер».

3.7. Окно для исследования одномерных сечений

Окно для исследования одномерных сечений может использоваться только тогда, когда активно окно эксперимента. Просмотр одномерных сечений применяется для исследования кривизны и характера поведения функций задачи вдоль изучаемых направлений. Для того, чтобы войти в режим одномерных сечений необходимо выполнить пункт меню «Исследование/Одномерное сечение» или утопить кнопку  на панели инструментов.

После выполнения этого действия окно эксперимента переходит в особый режим при котором можно мышью указать вектор одномерного сечения на любой из карт изолиний. Для этого надо поместить мышь в начальную точку вектора, нажать левую кнопку мыши и переместить ее в точку конца вектора сечения. После отпускания кнопки мыши возникнет плавающее окно одномерного сечения (рис.3.6).

В нем разными цветами показываются одномерные сечения двух функций: целевой функции задачи $f(y)$ и функции $S(y)$ задачи со штрафом. С помощью кнопок «Добавить» и «Удалить» можно удлинять и укорачивать вектор сечения. Чтобы выбрать новое сечение окно ранее построенного сечения необходимо закрыть.



Рис. 3.6 Окно для исследования одномерных сечений функций задачи

3.8. Окно настройки параметров расчета

Данное окно позволяет изменять принятые по умолчанию настройки цветов, используемых для маркировки траекторий расчетов в окнах экспериментов. В окне имеется список названий методов оптимизации. Каждое название отображается своим цветом. Ниже списка находится линейка цветов. Если выделить название метода и щелкнуть по клетке с нужным цветом, то название метода в списке примет указанный цвет, а траектории метода станут изображаться данным цветом.

Mag Описание применения программной лаборатории LocOpt

В окне имеется также кнопка «Дополнительно...», которая активизирует диалог для задания общих параметров расчетов, показанный на рисунке 2.6.

Для того чтобы назначенные установки по выбору цветов вступили в силу, необходимо нажать в окне кнопку «ОК». Вид окна приведен на рис. 3.7.

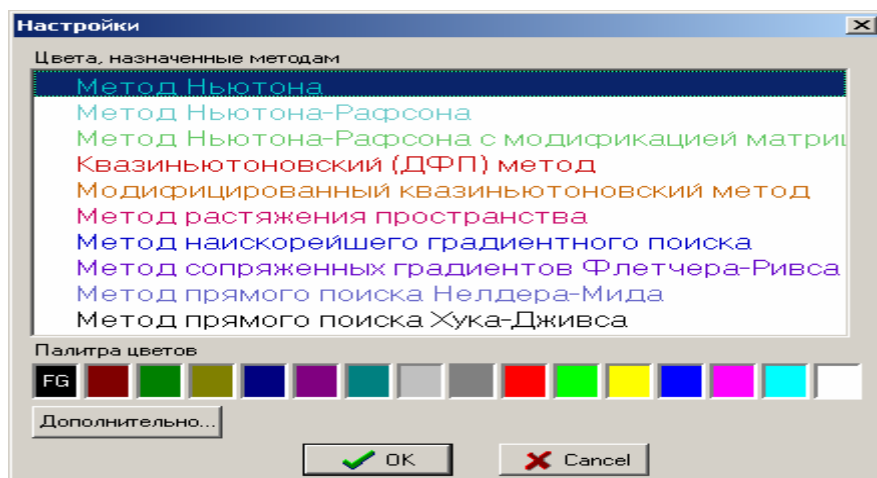


Рис. 3. 7 Окно настройки параметров расчета

3.9. Окно навигации по окнам экспериментов

Для облегчения навигации по окнам экспериментов используется специальное диалоговое окно, вызываемое через пункты главного меню «Окна/Список окон экспериментов». Вид окна показан на рис. 2.7, его использование описано в пп. 2.3.7.

4. Описание интерфейса главного окна

Программная лаборатория реализована в формате приложения, поддерживающего многодокументный интерфейс: в области главного окна можно открыть несколько дополнительных окон для проведения экспериментов. Основное меню и панели инструментов размещены в главном окне. Общий вид работающего приложения приведен на рис. 1.1. В главном окне есть две основные инструментальные панели в верхней части окна и панель состояния в нижней его части. Присутствие этих панелей определяется с помощью пункта главного меню «Вид». На основных панелях размещено несколько дополнительных панелей. Ниже на двух рисунках в укрупненном виде показаны главное меню и панели инструментов главного окна с пояснениями к ним.

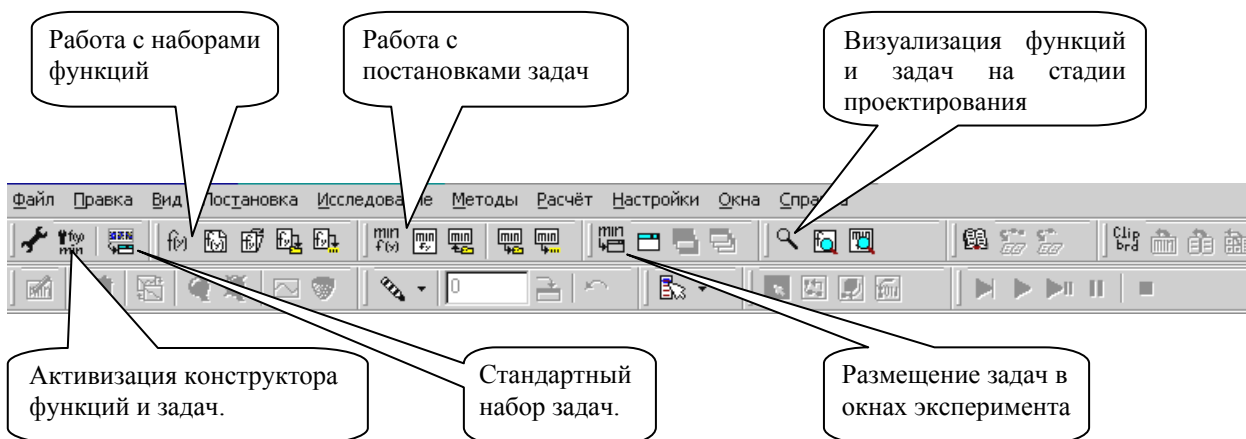
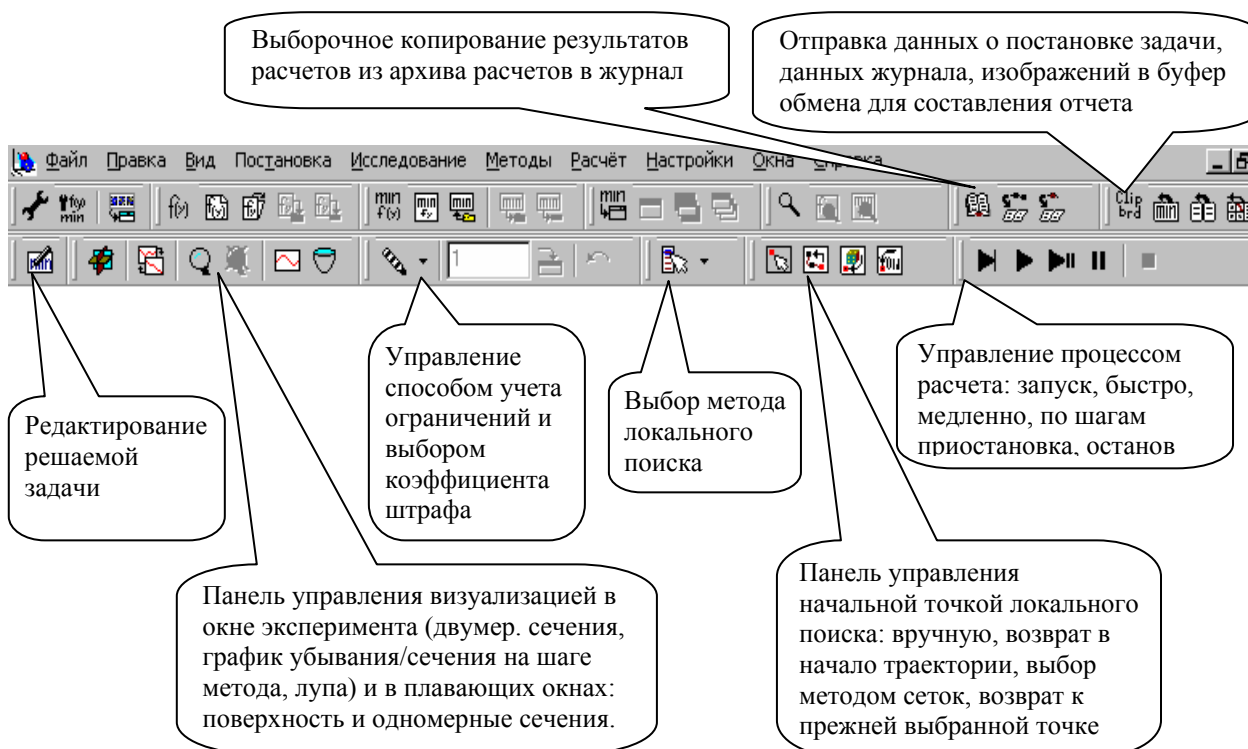


Рисунок 4. 1 Панели главного окна, связанные с управлением постановкой задачи

На рис.4.1 приведен вид панелей инструментов при работе с конструктором функций и задач. При этом, в основном, активны кнопки панели, связанные с управлением наборами функций и списками задачи, их сохранением, а также с процессом отправки задач в окна экспериментов. Все эти действия связаны с процессом постановки задачи.

Рисунок 4.2 показывает вид инструментальных панелей при работе в окне эксперимента. При этом активны кнопки, связанные, в основном, с управлением экспериментом, анализом задачи и использованием результатов.



Принципы использования органов управления главного окна более подробно изложены в соответствующих разделах данного документа. Назначение большинства органов управления описано в разделе «Основные инструментальные средства».

5. Использование конструктора функций и задач

Конструктор задач предназначен для выполнения постановок произвольных задач. Однако в версии 1.0 программной лаборатории наложено ограничение на число переменных в задаче оптимизации (не более четырех). В следующих версиях это ограничение будет снято.

Функции, на основе которых выполняется постановка задачи, возникают из трех источников:

- формульное задание,
- набор случайных функций Гришагина,
- функции из фиксированных списков, часть из которых в следующих версиях программы будет реализована в виде DLL пользователя.

Все функции могут иметь параметры a_1 , a_2 , a_3 , и т. д., а также область задания. Чтобы построить функцию, нужно выбрать ее на основе одного из источников и затем задать нужные значения ее параметрам (все параметры имеют значения по умолчанию). Нужно также указать двусторонние ограничения на переменные, задающие область определения функции. Если в последующем данная функция будет использована в качестве функции цели при конструировании новой задачи оптимизации, то ее область определения будет подставлена в качестве значения по умолчанию вместо области изменения переменных задачи.

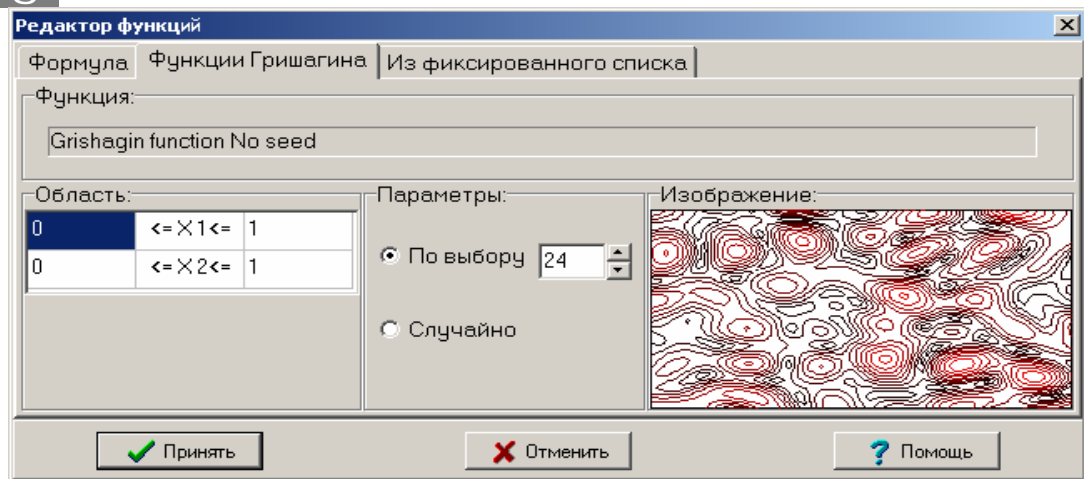


Рис. 5. 1 Окно выбора случайной функции Гришагина

Диалоги по заданию функций имеют области для пробной прорисовки изолиний. Поддерживается три режима прорисовки, органы управления которыми на рисунке скрыты под изображением изолиний. Вид этих окон диалога показан на рис. 5.1 и рис. 5.2.

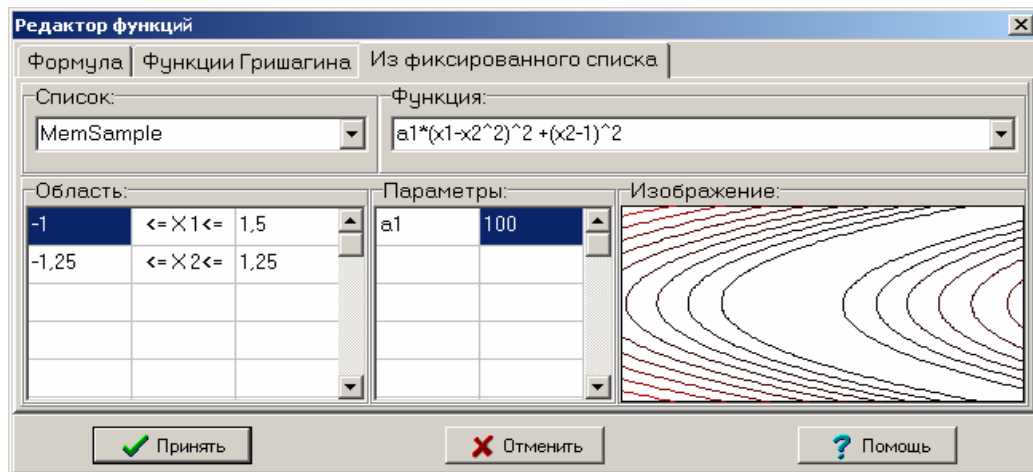


Рис. 5. 2 Окно выбора функции из фиксированного списка

Для того, чтобы упростить процесс постановки задач, созданные функции можно помещать в *наборы функций*, и сохранять их в виде файлов в специальной папке Functions_Lists, находящейся в основной папке приложения. Кроме наборов функций пользователя в приложении будет существовать один *эталонный набор функций Standard*, изменять который будет нельзя.

Использование наборов функций происходит в окне *конструктора задач*.

Окно конструктора и таблицы в нем могут изменять свои размеры. В верхнюю часть окна загружается (с возможностью изменения) или создается заново набор функций.

При постановке новой задачи сначала происходит выбор размерности, завершаемый нажатием кнопки «Принять». После этого становятся доступными остальные поля. Задание целевой функции и функций ограничений происходит по технологии «Перетаски и отпусти» (Drag&Drop) путем перетаскивания нужных функций в поля целевой функции и функций ограничений. Возможны любые операции с целевой функцией и с наборами функций ограничений. В частности, возможно их редактирование на месте по двойному щелчку мыши. Функции, имевшие параметры, отображаются так, что вместо имен параметров подставляются их значения, выделяемые подчеркиванием снизу.

Границы области переменных, верхние ограничения на функции ограничений и знак перед ними (плюс или минус) редактируются в ячейках таблиц «Область» и «Ограничения».

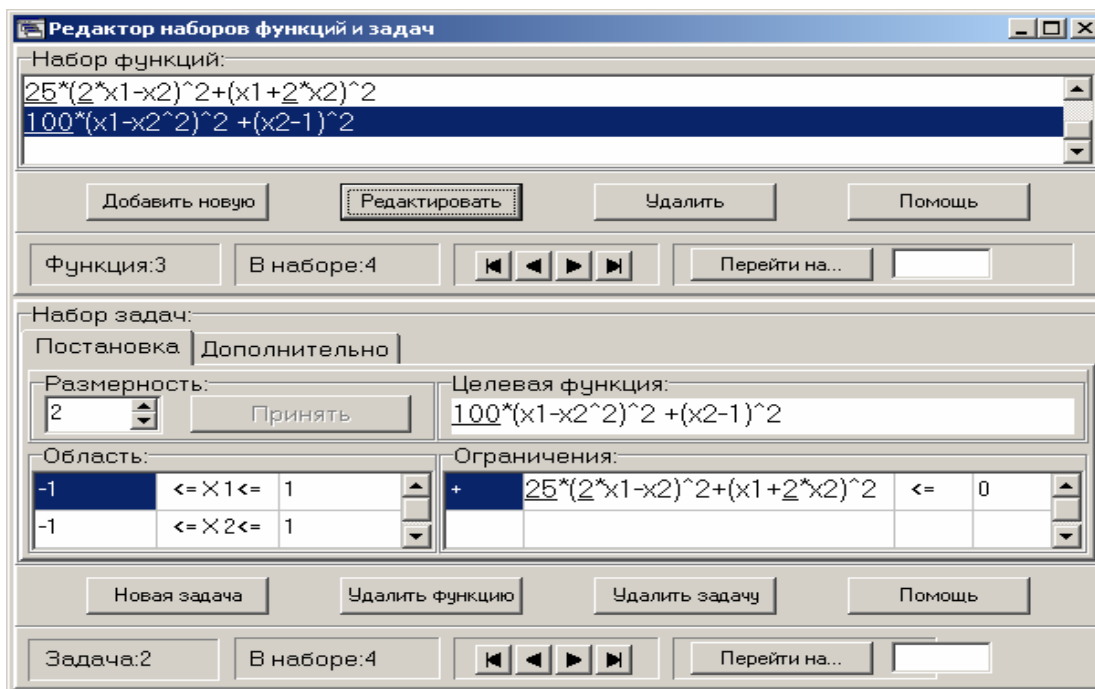


Рис. 5. 3 Окно конструктора функций и задач

Сконструированные задачи в виде отдельных файлов сохраняются в специальных папках, размещенных в папке Tasks_Repository приложения. В ней имеется папка Standard, которая будет содержать стандартный набор задач, а также папки User1, User2, и т. д., с задачами пользователей. Задачи, записанные в одну папку, образуют *набор задач*.

Через главное меню приложения и панель инструментов можно загрузить в конструктор задач любой из наборов задач. После этого возможна быстрая навигация по задачам набора. Диалог, аналогичный диалогу по выбору папки с набором задач, показан на рис.2.1.

Для задачи, находящейся в окне конструктора, через основную панель инструментов можно заказать построение карты изолиний в отдельном плавающем окне. Для многомерных задач отображаются изолинии в заказанном координатном сечении.

С помощью кнопок основной панели инструментов можно будет отправить выбранную или построенную заново задачу в специальное окно для проведения исследований. Таких окон может быть открыто несколько. Можно заменить задачу в существующем окне, или создать для нее новое окно.

Более подробно эти вопросы изложены в разделах 1 и 4.

6. Интерфейс окна эксперимента

Вид главного окна приложения с открытым окном эксперимента приведен на рисунке 1.1. Начальные принципы его использования описаны в разделе 2 настоящего документа.

Ниже будет более подробно описаны особенности и правила использования интерфейса данного окна.

Значительная часть органов управления экспериментом вынесена на панели инструментов главного окна программной лаборатории и была рассмотрена в предыдущих разделах.

Окно эксперимента выполнено в виде блокнота с двумя страницами. Первая страница является основной при проведении вычислительных экспериментов с задачей оптимизации, помещенной в это окно. На этой странице размещены панели для графического и числового представления результатов экспериментов, а также органы управления просмотром результатов экспериментов (рис. 2.2, 6.1).

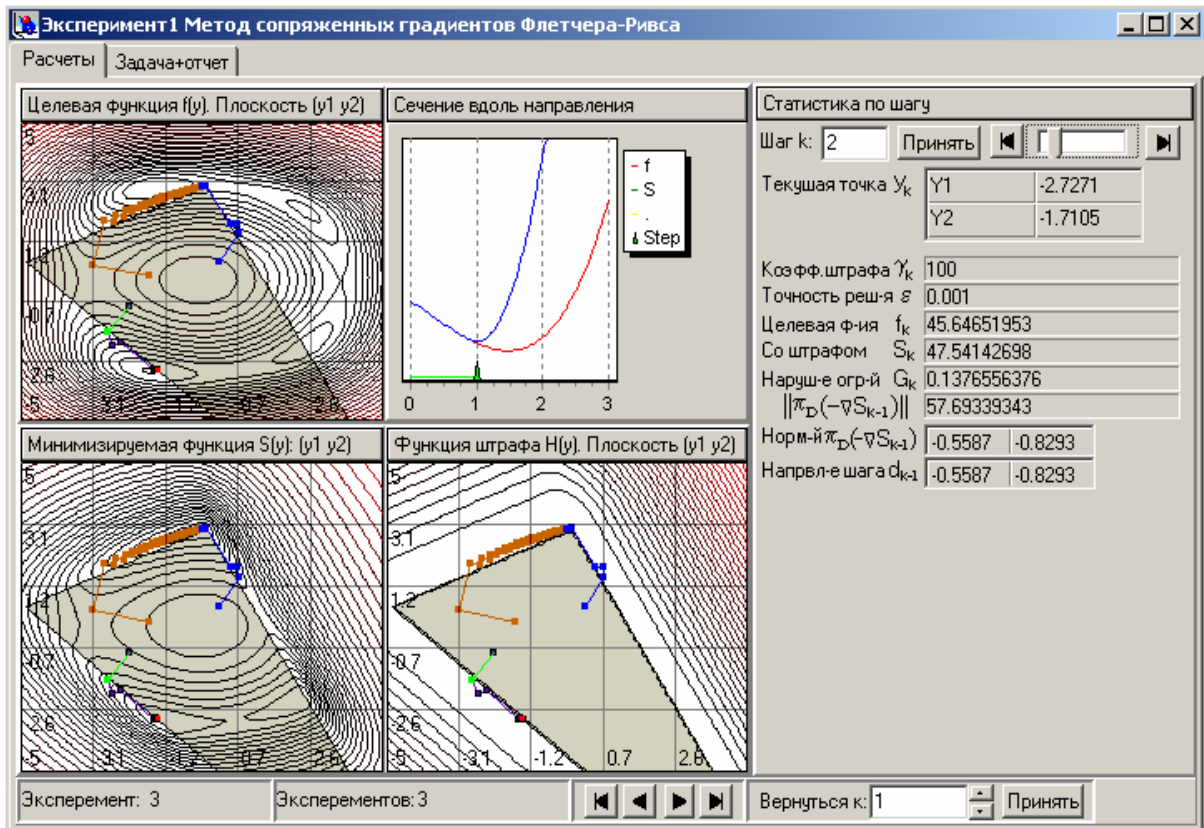


Рис. 6.1 Вид первой страницы окна эксперимента в режиме просмотра сечений на шаге поиска

Вторая страница является вспомогательной, ее вид приведен на рис. 2.7. На ней размещены окна двух текстовых редакторов. В верхнем окне по умолчанию отображается текст постановки задачи. Пользователь имеет возможность внести свои комментарии, дополнения и пояснения в этот текст, чтобы потом использовать его при формировании отчета по выполненному исследованию. Окно нижнего редактора предназначено для предварительного отбора результатов расчетов для формирования отчета. В текущую позицию редактора можно вставить информацию о ходе и результатах оптимизационных расчетов, ранее выполненных в окне эксперимента. Более подробно этот материал описан в подразделе 2.4.

Рассмотрим подробнее работу с окном эксперимента в основном режиме (с использованием первой страницы этого окна).


На первой странице окна эксперимента размещено четыре панели с изображениями, справа от которых находится панель числовой информации о текущем шаге поиска. Три панели с изображениями показывают изолинии функций задачи и траектории поиска в сечениях, проходящих через начальную или текущую точку поиска. Вид изолиний зависит от размерности решаемой задачи (смотри подраздел 2.3).

Для задач размерности два на этих панелях размещаются изолинии следующих функций:

- на левой верхней панели — изолинии целевой функции и вид допустимой области;
- на левой нижней панели — изолинии функции задачи со штрафом и вид допустимой области;

- на правой нижней панели — изолинии функции штрафа.

Для задач размерности выше двух на всех трех панелях отображаются изолинии функции задачи со штрафом и вид допустимой области в различных координатных сечениях, проходящих через текущую точку поиска. Способ изменения сечений и стиля отображения изолиний описан в подразделе 2.3, вид соответствующего диалогового окна приведен на рис. 2.3.

Область правого верхнего изображения имеет двойное назначение. По умолчанию на ней отображаются графики убывания функции задачи со штрафом на траекториях поиска. Однако ее можно использовать для наблюдения за одномерными сечениями функции вдоль направлений поиска, выбираемых методом оптимизации. Для включения этого режима необходимо либо переключить пункт меню «Вид/Окно экспериментов/График убывания» в состояние «Вид/Окно экспериментов/Сечение вдоль направления», либо нажать кнопку  на панели инструментов. Вид правой верхней панели в режиме просмотра сечений приведен на рис.6.1, а в режиме графиков убывания — на рис. 2.1.

На правой информационной панели (для числовой информации) отображаются следующие значения:

Статистика по шагу		
Шаг k:	3	Принять
Текущая точка Y_k	Y_1	1.4001
	Y_2	0.090842
Коз.ф. штрафа γ_k	100	
Точность реш-я ε	0.001	
Целевая ф-ия f_k	114.1436316	
Со штрафом S_k	117.7927726	
Наруш-е огр-й G_k	0.1910272502	
$\ \pi_D(-\nabla S_{k-1})\ $	22.09411201	
Норм-й $\pi_D(-\nabla S_{k-1})$	0.07696	-0.997
Напрвл-е шага d_{k-1}	0.8978	-0.4405
Проек. Гессиян Γ_{k-1}	780.6	401.6
	401.6	141.3
Оценка проек. Γ_{k-1}	7.151	14.23
	14.23	33.46
Модиф. оцен. пр. Γ_{k-1}	7.151	14.23
	14.23	33.46

Рис. 6.2 Вид панели для отображения числовой информации о шаге расчета


- номер шага поиска;
- координаты текущей точки;
- текущее значение коэффициента штрафа;
- текущая точность поиска;
- значение целевой функции в текущей точке;
- значение невязки по ограничениям в текущей точке;
- значение минимизируемой функции (функции задачи со штрафом) в текущей точке;
- значение нормы антиградиента минимизируемой функции, вычисленного на текущем линейном многообразии поиска (с учетом двусторонних ограничений) для предыдущего шага; в качестве минимизируемой функции всегда используется задача со штрафом, при отсутствии ограничений она совпадает с целевой функцией задачи;
- значения первых компонент этого вектора после нормировки;
- значения первых компонент нормированного вектора направления выполненного шага.

При проведении расчетов с использованием методов второго порядка, а также квазиньютоновских методов, вычисляющих оценки матриц Гессе, в нижней части этого окна происходит отображение матрицы Гессе и других матриц, характеризующих работу

метода. Для задач размерности более трех отображаются не все элементы матриц, а их угловые фрагменты размером 3x3. При выходе процесса поиска на границу изменения некоторых переменных, отображаются значения матриц меньшей размерности, вычисляемые на соответствующем линейном многообразии. Все матрицы отображаются для предыдущей точки поиска.

При выполнении оптимизационных расчетов в окне эксперимента происходит накопление архива результатов расчетов. После завершения очередного расчета можно перейти в режим пошагового просмотра траектории этого расчета или любого другого ранее выполненного расчета. Для этого необходимо произвести следующие действия:

- с помощью навигационных кнопок ◀ ◁ ▷ ▶, расположенных на панели состояния в нижней части окна эксперимента выбрать из архива расчетов окна эксперимента результаты нужного расчета;

- с помощью ползунка или с помощью редактора номера шага и кнопки «Принять» , расположенных в правой верхней части первой страницы окна экспериментов (рис. 6.1), следует выбрать необходимый номер шага расчета.

Для облегчения поиска нужных результатов предусмотрена специальная маркировка данных текущего просматриваемого расчета, а также шага расчета. А именно, при навигации по результатам расчетов пользователь увидит, что на картинах изолиний траектория, соответствующая текущему просматриваемому расчету, будет выделяться маркерами (точки измерений очертятся тонкими черными рамками), а в окне графиков убывания функции маркерами будет отмечаться соответствующий этому расчету график убывания функции. При изменении номера шага числовые характеристики этого шага будут отображаться на панели числовых характеристик шага — правой панели первой страницы окна эксперимента; кроме того, текущий шаг на траектории поиска будет выделяться отрезком зеленого цвета. Рисунок 6.1 показывает состояние окна эксперимента после проведения трех расчетов разными методами из трех начальных точек. Окно находится в режиме просмотра четвертого шага третьего расчета. Перемещение на этом шаге выделено зеленым цветом.

При просмотре траектории поиска по шагам полезно включить режим наблюдения за сечениями функции на шаге траектории поиска. Под частью графика этого сечения зеленым цветом будет отображаться отрезок, показывающий смещение на шаге в масштабе этого изображения (см. рис.6.1).

Выход из режима просмотра происходит автоматически при запуске нового расчета.

Использование второй страницы окна эксперимента для подготовки отчета по проведенным исследованиям описано в подразделе 2.4.

7. Средства составления отчетов

Программная лаборатория LocOpt имеет простые средства, облегчающие составление отчетов по выполненным исследованиям. Принцип ее использования заключается в том, что возможно выборочное копирование промежуточных и итоговых результатов оптимизационных расчетов во встроенный текстовый редактор системы (журнал), где их можно подвергать необходимой предварительной ручной правке. Копирование результатов расчетов в журнал происходит из внутреннего архива, имеющегося у каждого окна эксперимента. Способы копирования описаны в подразделе 2.4.

Окончательное составление отчета происходит в текстовом редакторе MS Word. Программная лаборатория имеет средства управления копированием постановки задачи, журнала расчетов и построенных изображений в буфер обмена Windows. Более подробная информация приведена в разделе 2.4. настоящего документа.

Примечание. Методика применения программной лаборатории LocOpt при проведении лабораторного практикума приведена в документе «Программа лабораторного практикума».

Описание программной лаборатории составил
доц. каф. ТУиДМ ф-та ВМК ННГУ
Городецкий С.Ю.

Лист регистрации изменений

Дата	Автор	Комментарии
15.12.2001	Городецкий С.Ю.	Создание документа
09.01.2002	Городецкий С.Ю.	Доработка документа
23.01.2002	Городецкий С.Ю.	Корректировка