

P11-2005-172

Г. А. Емельяненко, В. В. Кореньков, В. Н. Самойлов,
Н. И. Воронцова, А. В. Мамонов

ПРИНЦИПЫ RUSEEP И ПАКЕТ JINREISPACK

Принципы RUSEEP и пакет JINREISPACK

В работе сформулирована концепция: обозначены принципы, образующие каркас, определены проблемы, следующие из принципов, и связанные с ними задачи, построены соответствующие (не)формализованные модели верхнего и нижнего уровней новой универсальной системы (RUSEEP) экспертной оценки эффективности тематических научно-прикладных программных пакетов. Выполнен анализ в рамках RUSEEP состояния современных наиболее известных научно-прикладных пакетов, а также нового, создаваемого в ОИЯИ пакета JINREISPACK для решения спектральной проблемы в линейной алгебре.

Работа выполнена в Научном центре прикладных исследований ОИЯИ.

Principles of RUSEEP and the JINREISPACK Package

In this work we formulate the main concepts underlying the new universal expert system RUSEEP for benchmarking the performance of a class of scientific software packages. More precisely, we outline the principles the system is built upon, discuss arising issues and problems, related to them, and provide the analysis of the front end and back end models of the new benchmark. The results of the RUSEEP tests performed on several modern software packages as well as the novel JINR-based linear algebra system for the solution of the spectral problem called JINREISPACK are presented.

The investigation has been performed at the Scientific Center of Applied Research, JINR.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время существует множество научно-прикладных тематических программных пакетов. Часто возникает практическая необходимость выбора из однотипных (по научной проблематике) пакетов наиболее оптимального для численного решения конкретной научной задачи. Ранее (см., например, [1, 2]) такой выбор можно было осуществить на основе анализа систематизированных (по определенным и часто не совпадающим критериям) данных о «профессиональных» возможностях и об особенностях структурной организации большого числа как однотематических, так и разнотематических пакетов. В литературе до настоящего времени не была сформулирована единая концепция многокритериальной системы оценки эффективности таких пакетов. Учитывая, что специфику пакетов определяет собственно научная проблема, а остальные элементы пакетов во многом могут быть однотипными, естественно поставить задачу разработки основных принципов и функциональных элементов единой *системы экспертной оценки тематических научно-прикладных программных пакетов RUSEEP (Russian born Universal System of Expert Evaluation of Packages)*.

Идея постановки и решения такой задачи возникла в процессе проведения анализа современного состояния пакетов по спектральной проблеме. Анализируя известные пакеты по данной научной проблеме, мы обнаружили, что во многих из них лишь «угадываются» отдельные элементы единой системы, но сама система в целом не определена. Итоги этого анализа, а также первоначальной попытки определения основных элементов единой системы и формулировки связанных с ними задач подробно изложены в работах [3, 4].

Учитывая результаты указанных работ, а также некоторые методологические приемы анализа пакетов, использованные в [1, 2], нам удалось «обнаружить» и сформулировать принципы, уточнить понятия основных элементов (проблем) и задач RUSEEP. Мы по-прежнему придерживались при этом следующей очевидной (для любого, кто практически работает с пакетами) истины. Прежде чем разрабатывать новые модули и целые пакеты по той или иной научной проблематике, желательно как можно больше использовать уже готовые модули известных прикладных пакетов. Это обусловлено тем, что разработка новых методов и программных модулей и их всестороннее тестирование представляет собой сложную научную проблему. Она решается, как правило, большими коллективами высококвалифицированных математиков и программистов в течение многих лет интенсивной работы (см., например, анализ в [3]). Однако новые научные задачи, в частности в теоретической и экспериментальной физике [5, 6], и новые информационные

технологии выдвигают более жесткие требования как к численным алгоритмам, так и к качественно новым программным продуктам. По этой причине созданию, например, пакета JINREISPACK по спектральной проблеме предшествовал фундаментальный анализ современного состояния проблемы. Все сказанное и обуславливает актуальность задачи разработки RUSEEP.

1. КОНЦЕПЦИЯ (ПРИНЦИПЫ, ПРОБЛЕМЫ, МОДЕЛИ И ЗАДАЧИ) RUSEEP (О ПОСТАНОВКЕ (НЕ)ФОРМАЛИЗОВАННОЙ ЗАДАЧИ РАЗРАБОТКИ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ)

Для изложения сути концепции RUSEEP условимся (в соответствии с Приложением) понимать основные ее элементы в смысле указанного ниже.

Во-первых, будем понимать: под *принципом* — его основополагающее первоначало (лат.), под *процессом* — совокупность последовательных действий... (лат.), под *экспериментом* — метод познания... (лат.), под *моделью* — создаваемое человеком подобие изучаемых объектов... (лат.), под *каркасом* — скелет... (франц.), понимать также: *проблему* в широком смысле как сложный теоретический или практический вопрос... (греч.), *схему* — как описание, изложение чего-либо в общих, главных чертах (греч.) и *задачу* — как вопрос, требующий решения...

Во-вторых, в соответствии с принятой выше терминологией, будем называть собственно процесс тестирования какого-либо программного пакета по RUSEEP «пакетным» экспериментом (всюду ниже по тексту просто эксперимент). Тогда участниками (элементами) этого эксперимента являются: человек (исследователь, *пользователь*), его *задача* (в узком или широком смысле), его *компьютер* (с операционной системой и аппаратной платформой), тестируемый пакет, операционная система самой RUSEEP.

Очевидно, что каждый из перечисленных выше элементов эксперимента в свою очередь представляет собой сложнейшую экспериментальную систему, не похожую на любую другую. Например, техническая команда любой операционной системы в общем случае принципиально отличается от программ собственно вычислительных алгоритмов и т. д.

В-третьих, будем считать, с учетом сказанного выше, весь эксперимент не (слабо)формализованным, хотя отдельные его составляющие, например проверка качества численных алгоритмов, — вполне формализуемая задача. По указанной причине на настоящем этапе разработки *разных уровней модели* экспертной системы RUSEEP далее в этой работе сформулированы принципы, выделены проблемы и разработана принципиальная схема (модель верхнего уровня), а также генерируемые проблемами задачи (т. е. отдельные составляющие модели нижнего уровня) RUSEEP. Из результатов, представленных ниже на рисунках, легко усмотреть естественную идею «зарожде-

**Принципиальная схема (модель верхнего уровня) RUSEEP
(Russian born Universal System of Expert Evaluation of Packages)**

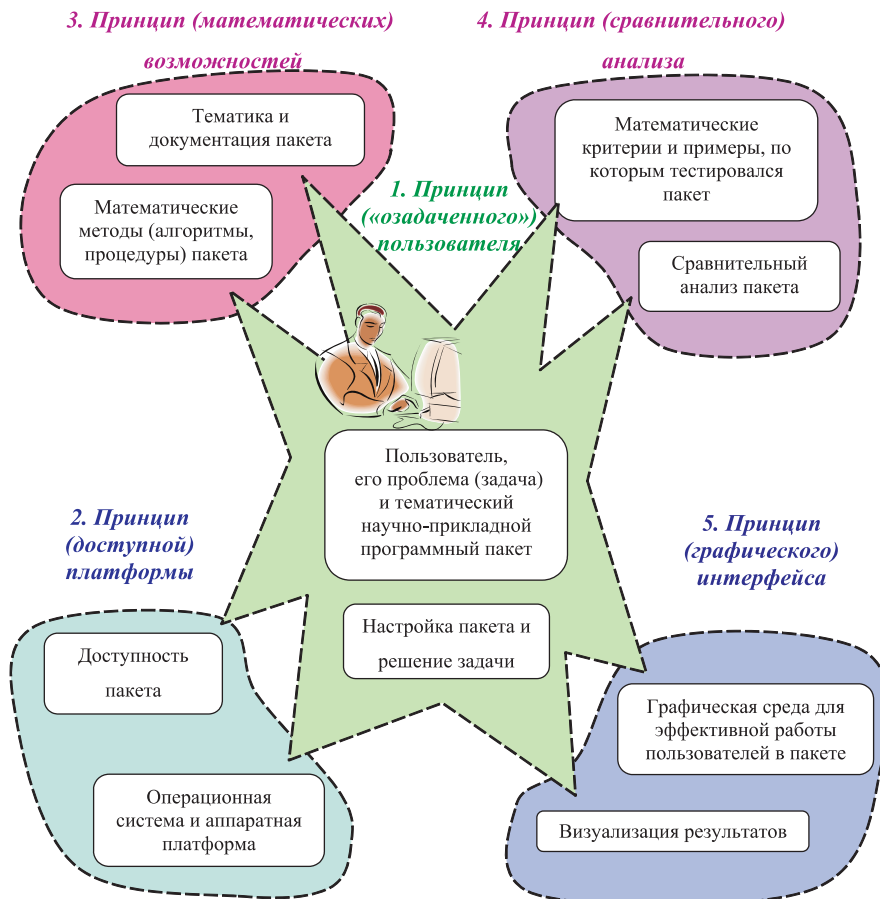


Рис. 1

ния» принципов, формулировки проблем и генерации задач RUSEEP. Так естественные комбинации проблем, характерных для отдельных элементов (либо их составляющих) эксперимента, объединяются в принципы. Например, так «зарождается» принцип «озадаченного» пользователя и т. д. Сами же элементы эксперимента (либо их важнейшие составные части) формируют



Рис. 2

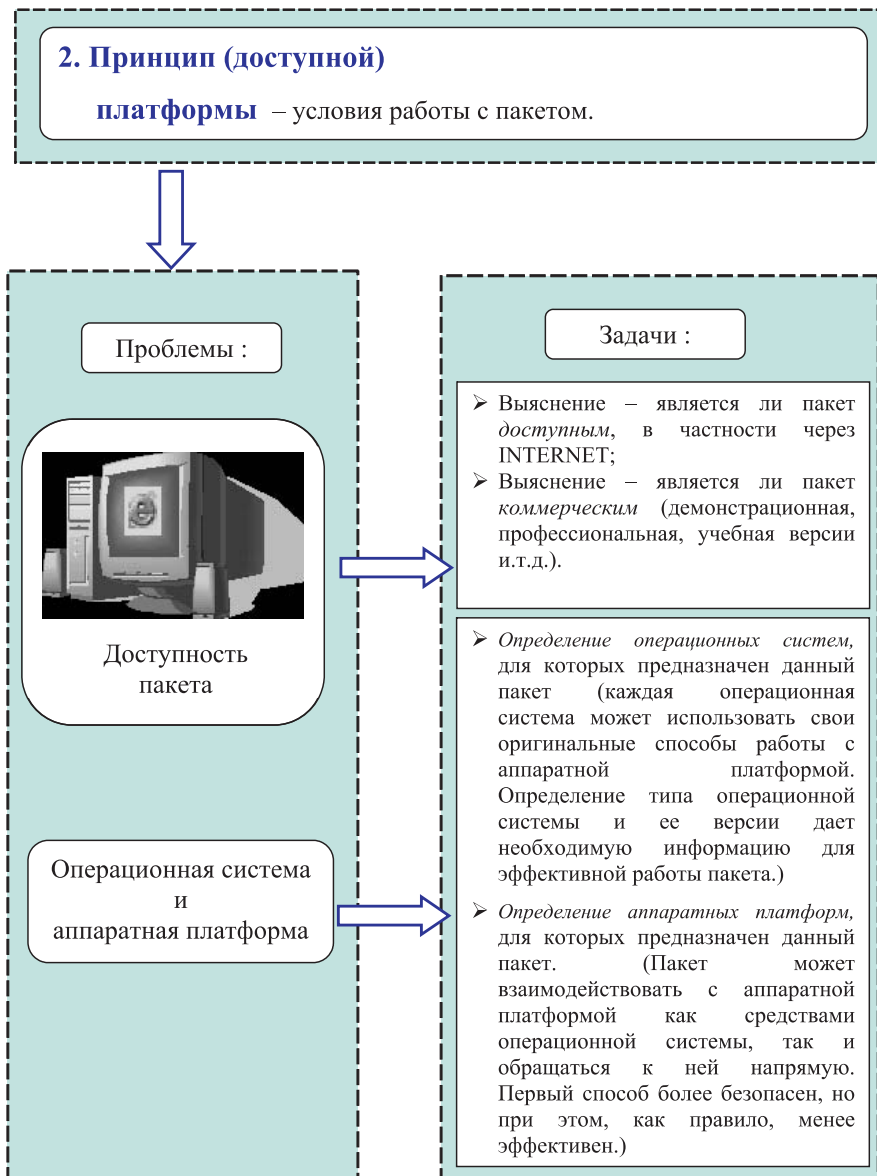


Рис. 3

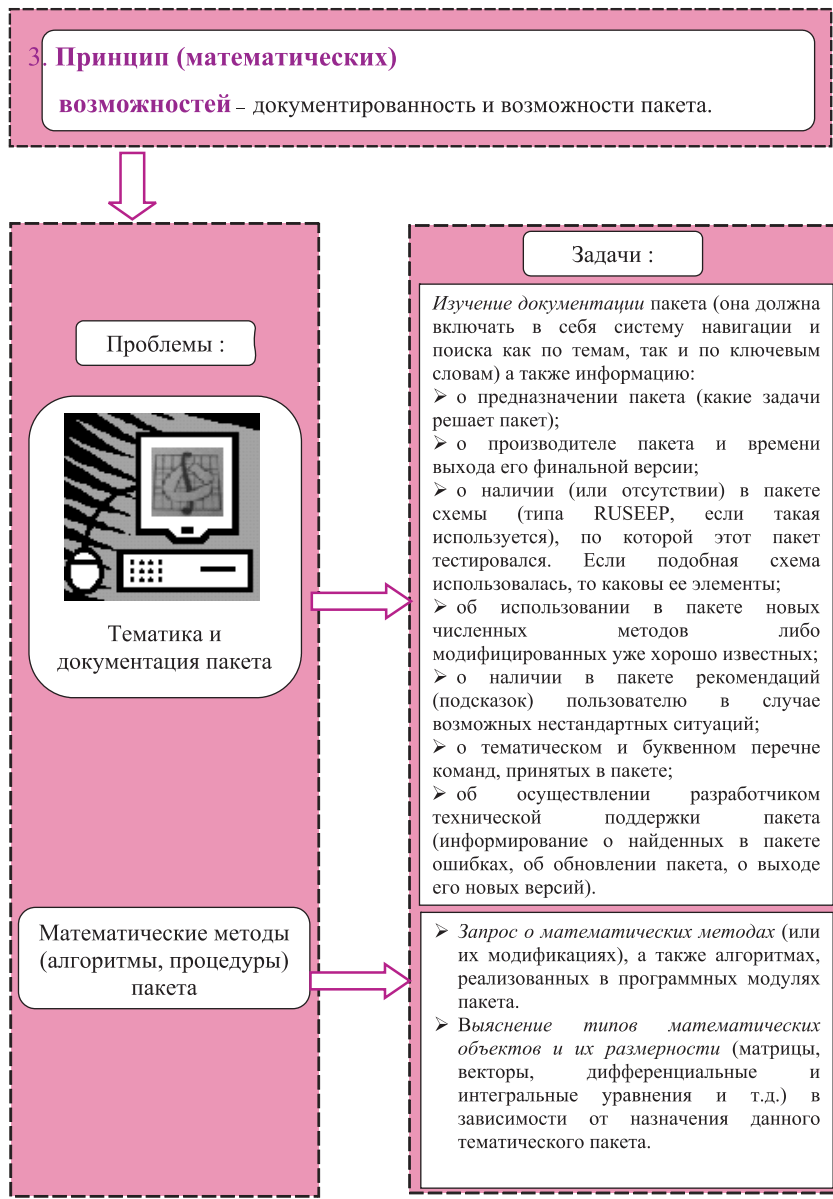


Рис. 4



Рис. 5

проблемы. Например, так появляется проблема — библиотека численных тестов (возможность ее пополнения) в принципе (сравнительного) анализа. Из проблем, в свою очередь, возникают задачи RUSEEP. Например, задача



Рис. 6

предоставления пользователю режима «подсказки» для выбора оптимальной траектории решения задачи вытекает из проблемы: интеллектуальный пакетный анализатор принципа «озадаченного» пользователя.

И, наконец, в заключение этого раздела отметим, что представленная версия RUSEEP удовлетворяет принципам иерархии, т. е. взаимодействия модели верхнего уровня с составляющими моделями нижнего уровня. На рис. 1 представлена модель верхнего, а на рис. 2–6 — составляющие модели нижнего уровней RUSEEP. Предложенная методология построения модели RUSEEP позволяет уточнять и пополнять задачи составляющих моделей нижнего уровня, не нарушая в целом всей структуры RUSEEP.

2. АНАЛИЗ В РАМКАХ RUSEEP СОВРЕМЕННЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ПАКЕТОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПРОБЛЕМЫ. ЧИСЛЕННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

В качестве примера применения приведенной выше RUSEEP рассмотрим спектральную проблему. В подавляющем большинстве пакетов по спектральной проблеме используются, как известно, алгоритмы, опубликованные в [7]. Эта подборка работ различных авторов является своего рода «библией» в данной области. Она представляет собой собрание процедур, написанных на языках алгол и фортран, вместе с необходимыми комментариями по поводу методов и важными вычислительными деталями. Уместно здесь отметить [2], что, как правило, разработка пакетов значительно отстает от имеющихся на «математическом рынке» новых численных методов. Свидетельством этого, в частности, является разработка нового пакета JINREISPACK на основе [8–12]. Ниже приведена табл. 1 результатов сравнительного анализа современного состояния пакетов EISPACK, LAPACK, MATLAB, NAG, MAPLE, МАТНЕМАТИСА, JINREISPACK по RUSEEP. Во всех пакетах кроме JINREISPACK использованы, как отмечено выше, известные классические итерационные методы и их модификации решения спектральной проблемы. В пакете JINREISPACK использованы итерационные (не классического типа) методы, разработанные в [8–12]. При этом в процессе вычислений учтены также результаты [13, 14]. Анализ результатов, приведенных в табл. 1, легко выполнить с учетом приведенных ниже пояснений к обозначениям, принятым в этой таблице. В частности, из табл. 1 видно, что пакет JINREISPACK находится еще в настоящее время в стадии разработки. В табл. 1 не заполнен последний столбец. Его содержание отражено в приводимых ниже табл. 2–4, из которых видно также, что собственно численные алгоритмы пакета JINREISPACK в реализованной версии уже достаточно конкурентоспособны.

Пояснения к табл. 1. В первом столбце таблицы указаны имена исследованных в работе пакетов, в последующих столбцах — элементы системы RUSEEP.

В таблице используются следующие обозначения:

+ (в цветном варианте на фоне зеленого цвета) — элемент в пакете присутствует и отвечает требованиям RUSEEP;

± (в цветном варианте на фоне фиолетового цвета) — элемент в пакете присутствует, но лишь частично отвечает требованиям RUSEEP;

– (в цветном варианте на фоне красного цвета) — элемент в пакете отсутствует.

Также используются следующие сокращения:

PC — однопроцессорный, IBM-совместимый компьютер;

SMP — симметричные мультипроцессорные системы;

MPP — массивно-параллельные системы;

Таблица 1

Научно-прикладные математические пакеты в рамках системы SEEP	Доступность	Требования		Документация	Поддержка пакета	Характер решаемой проблемы
	Через Internet	Платформа	Плериационная система			
EISPACK	Полностью доступен	PC	*+fortran-compiler	+	-	Полная Частичная
LAPACK	Полностью доступен	PC SMP MPP	Win Unix	+	+	Полная Частичная
NAG	Платная или демо-версия	PC SMP	Win Unix	±	+	Полная Частичная
MATLAB	Платная или демо-версия	PC SUN ALPHA HP	Win Unix Mac	±	+	Полная Частичная
MAPLE	Платная или демо-версия	PC MPP	Win Mac	±	+	Полная
MATHEMATICA	Платная или демо-версия	PC GRID	Win Unix	±	+	Полная
LINREISPACK		PC, R+	Win, R+	R	R	+

Любые	Общий	Любые	Любые	Любые	Любые	Любые	Любые	Любые	Тип матриц
S:N~10 ⁷	S:N~10	S:N~10 ⁵	S:N~10 ⁴ M:N~10 ⁶	S:N~10 ⁴ M:N~10 ⁶	S:N~10 ⁴ M:N~10 ⁵	S:N~10 ⁴ M:N~10 ⁶	N~10 ³	max размерность	
R+	-	-	-	-	+	+	+	Информация о численных методах	
R+	-	+	+	+	+	+	+	Библиотека жестов	
R	-	-	+	+	+	+	-	Ее пополнение	
R+	-	-	-	-	-	-	-	Сравнительный анализ с другими пакетами	
R+	+	+	+	+	+	-	-	Возможность графической визуализации	
R	+	+	+	+	+	-	-	Современный графический интерфейс	
R	-	-	+	+	-	-	-	Интеллектуальный анализатор исходной задачи	
								Вывод о системе математических критериев пакета и результатах тестов	

$S : N \sim 10^m$ — показатель однопроцессорной системы с указанием $N \sim 10^m$ максимального порядка матриц;

$M : N \sim 10^m$ — показатель мультипроцессорной системы с указанием $N \sim 10^m$ максимального порядка матриц;

R (в цветном варианте на фоне темно-серого цвета) — элемент детально не проработан;

R+ (в цветном варианте на фоне светло-серого цвета) — элемент в стадии разработки;

Win — Windows 9x, Windows 2000, Windows XP;

Mac — Mac OS platform, Apple.

При оценке качества (по сути содержания последнего столбца табл.1) алгоритмов численного решения спектральных задач принято (см., например, [7–9, 15]) рассматривать устойчивость (относительно вычислительных и наследственных погрешностей) *величин*: чисел обусловленности собственных значений и отвечающих им собственных (корневых) векторов, невязки, суммы собственных значений (шпура) матрицы, максимума модуля скалярного произведения различных собственных векторов матрицы. Важной характеристикой численного метода является также полное время счета и среднее число итераций для нахождения одного собственного значения.

Тестирование численных алгоритмов решения спектральной проблемы *всех рассмотренных в данной работе математических пакетов* производилось на тестах из широко известной в мировой математической литературе библиотеки тестов [16]. Также предложены некоторые новые, приводимые ниже тесты. Номера матриц указаны в виде трехдиагональных C_3 (номер матрицы).

Примеры тестов:

Трехдиагональные матрицы:

$C1 = \{q(i) = q = 1; r(n) = r = 10e + 5; P(n) = p = 10e - 10\} i = 1..m; n = 2..m;$

$C2 = \{q[1..7] = (5.7.8823529418 \quad 7.9535662945 \quad 7.9748041817$
 $7.6058064299 \quad 3.3461613147 \quad 0.2373088458)$

$p[2..7] = r[2..7] = (-4.1231056257 \quad -4.0348825039 \quad -4.0166055335 \quad -3.9975334001$
 $-2.9758282822 \quad -0.4538408623) \}$;

$C3 = \{q(i) = q = 2; r(n) = r = -1; P(n) = p = -1\} i = 1..m; n = 2..m;$
где $q(i)$ — диагональные, $r(i)$ — наддиагональные, а $p(i)$ — поддиагональные элементы матриц C_3 .

Расчеты проводились на Athlon XP 2500+, 512 MB RAM.

Каждая из приведенных матриц хорошо исследована в [16] и там же приведены все собственные значения и векторы этих матриц. Известно, что собственные значения симметричных матриц $C_{3(1)}, C_{3(3)}$ могут быть найдены по формуле

$\lambda(k) = q - 2 * \text{sqrt}(p * r) * \text{Cos}(k * \vartheta); k = 1, 2..m; \vartheta = \pi i / (m + 1),$
а собственные векторы по формуле

$$U_i(\lambda_j) = \sqrt{2/(m+1)} * \sin(\pi i/(m+1) * i * j); i = 1, 2..m; j = 1, 2..m.$$

Ниже в табл. 2–4 для каждой из тестовых матриц приводятся значения основных численных характеристик, полученных в результате расчета по исследованным в работе пакетам [EISPACK, LAPACK, MATLAB, NAG, JINREISPACK, MAPLE, MATHEMATICA].

Пояснения к табл. 2–4. В первом столбце таблицы указывается номер тестовой матрицы, во втором — размерность (M) матрицы, в третьем — название подпрограммы (в пакете), в четвертом — $|\Delta S|$ (ошибка шпура), в пятом максимум модуля скалярного произведения различных собственных векторов, в шестом — невязка, в седьмом — полное время, затраченное на вычисление всех λ и всех $U(\lambda)$.

Прочерки («—») в таблицах означают, что соответствующие функции из использованной демонстрационной версии (взятой с www.wolfram.com 6 июля 2004 г.) пакета Mathematica дают неудовлетворительные результаты.

Из анализа результатов, помещенных в табл. 2–4, видно, что модули DGAIM и DBEKTO из нового пакета JINREISPACK по основным показателям не хуже, а в табл. 2 и 3 даже лучше известных пакетов как по точности вычисления, так и по времени счета. Из табл. 2 видно, что при большом диапазоне изменения элементов матрицы (на $M > 100$) практически во всех пакетах, кроме JINREISPACK, появляется комплексный спектр. Но на самом деле известно, что спектр этих матриц вещественный. В табл. 3 при $M=5$ все пакеты, кроме Mathematica, показывают приблизительно одинаковые результаты. Из табл. 4 следует, что при ($M \leq 50$) некоторое преимущество по точности имеет пакет Matlab. Но при повышении порядков точность численных результатов пакета JINREISPACK вновь оказывается выше.

В заключение отметим следующее. В представляемой версии RUSEEP сформулированы основные принципы, образующие каркас, определены проблемы, следующие из принципов, и связанные с ними задачи, построены соответствующие (не)формализованные модели верхнего и нижнего уровней новой универсальной системы (RUSEEP) экспертной оценки эффективности тематических научно-прикладных программных пакетов. В будущем предстоит выполнить работы по уточнению постановки (не)формализованных задач и доработке в целом системы до состояния научно-производственной эксплуатации.

ПРИЛОЖЕНИЕ

(СЛОВАРЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ, ИСПОЛЬЗОВАННЫХ В РАБОТЕ)

Принцип (от лат. principium — основополагающее первоначало) — основное положение, исходный пункт, предпосылка какой-либо теории, концепции (Н.И. Кондаков. Логический словарь. М.: Наука, 1971).

Таблица 2. Результаты численного тестирования подпрограмм пакетов

M	Подпрограмма (пакет)	$ \Delta S $	$\text{Max} U(\lambda_i), U(\lambda_j) $	$\text{Max} \Delta i $	$T\lambda, u(\lambda), c$
$C_{3(1)}$	TQL1(EISPACK)	3,19354E-14	1,1927E-14	1,73684E-13	0,01
	DSTEV(LAPACK)	6,1875E-15	2,0204E-15	1,6779E-14	0,01
	MATLAB	1,2375E-15	7,06451E-15	3,4546E-15	0,05
	NAG	4,3445E-14	5,276E-14	4,2338E-14	0,01
	MATHEMATICA 5	–	–	–	–
	MAPLE	4,2941E-15	2,16456E-15	7,3538E-15	0,09
	DGAIM(JINREISPACK)	2,3249E-15	4,34358E-15	6,5462E-15	0,008
	TQL1(EISPACK)			Появление комплексного спектра	
	DSTEV(LAPACK)			Появление комплексного спектра	
	MATLAB			Появление комплексного спектра	
100	NAG			Появление комплексного спектра	
	MATHEMATICA 5	–	–	–	–
	MAPLE			Появление комплексного спектра	
	DGAIM(JINREISPACK)	6,4358E-11	3,4238E-10	8,3247E-10	1,2

Таблица 3. Результаты численного тестирования подпрограмм пакетов

M	Подпрограмма (пакет)	$ \Delta S $	$\text{Max} U(\lambda_i), U(\lambda_j) $	$\text{Max} \Delta i $	$T\lambda, u(\lambda), c$
$C_{3(2)}$	TQL1(EISPACK)	1,6229E-14	1,6154E-14	1,5468E-14	0,03
	DSTEV(LAPACK)	2,0625-15	2,3571E-15	7,351E-14	0,02
	MATLAB	2,0354E-15	3,43264E-15	6,3492E-15	0,04
	NAG	2,3445E-15	8,276E-15	2,3259E-14	0,015
	MATHEMATICA 5	0	0	0	3,2
	MAPLE	1,5636E-15	5,317E-15	5,3564E-14	0,1
	DGAIM(JINREISPACK)	1,3249E-15	2,34358E-15	1,5462E-15	0,01

Таблица 4. Результаты численного тестирования подпрограмм пакетов

M	Подпрограмма (пакет)	$ \Delta S $	$\text{Max} U(\lambda_i), U(\lambda_j) $	$\text{Max} \Delta i $	$T\lambda, u(\lambda), c$
10	TQL1(EISPACK)	4,42904E-14	5,39024E-14	9,23964E-13	0,02
	DSTEV(LAPACK)	2,3245E-14	4,21435E-15	2,34356E-14	0,01
	MATLAB	4,23224E-15	1,34373E-15	7,65345E-15	0,015
	NAG	3,4265E-14	2,3245E-14	1,3535E-14	0,01
	MATHEMATICA 5	0	0	0	2,3
	MAPLE	8,43791E-14	6,41738E-15	2,34163E-15	0,1
50	DGAIM(JINREISPACK)	5,32907E-15	2,22045E-15	8,78197E-15	0,008
	TQL1(EISPACK)	1,52445E-12	2,3656E-12	7,4356E-12	0,53
	DSTEV(LAPACK)	8,32426E-13	6,23635E-14	3,7845E-13	0,3
	MATLAB	3,87543E-14	3,5673E-14	2,2742E-13	0,42
	NAG	4,5643E-13	2,96423E-13	3,6531E-12	0,6
	MATHEMATICA 5	-	-	-	-
1000	MAPLE	3,8241E-13	4,895213E-12	3,1748E-11	0,4
	DGAIM(JINREISPACK)	4,26326E-14	9,3258E-14	5,17302E-13	0,2
	TQL1(EISPACK)	3,6249E-7	2,68235E-6	1,34637E-7	12,7
	DSTEV(LAPACK)	3,43527E-11	8,24045E-10	3,4394E-8	5,2
	MATLAB	9,32456E-11	4,9723E-10	1,45672E-8	7,5
	NAG	3,45832E-10	5,2522E-9	2,27378E-7	6,5
1000	MATHEMATICA 5	-	-	-	-
	MAPLE	2,37821E-11	5,3738E-8	5,35724E-7	9,2
	DGAIM(JINREISPACK)	1,36424E-12	4,02027E-10	1,13178E-9	4,3

Процесс (от лат. *processus* — продвижение) — 1) последовательная смена состояний стадий развития; 2) совокупность последовательных действий для достижения какого-либо результата (например, производственный П. — последовательная смена трудовых операций); 3) П. в праве (БСЭ).

Модель (лат. *modulus* — мера, образец) — создаваемое человеком подобие изучаемых объектов: макеты, изображения, схемы, словесные описания, математические формулы, карты и т.д. Модели всегда проще реальных объектов, но они позволяют выделить главное, не отвлекаясь на детали (БСЭ).

Эксперимент (от лат. *experimentum* — проба, опыт) — метод познания, при помощи которого в контролируемых и управляемых условиях исследуются явления действительности. Нередко главной задачей Э. служит проверка гипотез и предсказаний теории, имеющих принципиальное значение (БСЭ).

Проблема (от греч. *problēma* — задача, задание) — в *широком смысле* сложный теоретический или практический вопрос, требующий изучения, разрешения. В *узком смысле* задача, например, простая математическая задача (отыскание неизвестного по данным). (Н.И. Кондаков, БСЭ).

Задача: 1) поставленная цель, которую стремятся достигнуть; 2) поручение, задание; 3) вопрос, требующий решения на основании определенных знаний и размышления (математическая З (например, задача Коши), логическая З, шахматная З) (БСЭ).

Каркас (от франц. *carcasse* — скелет), в технике — остов (скелет) какого-либо изделия, здания или сооружения, состоящий из отдельных скрепленных между собой элементов (стержней) (БСЭ).

Схема (от греч. *schema* — наружный вид, форма) — 1) чертеж, на котором условными графическими обозначениями показаны составные части изделия или установки и соединения или связи между ними; 2) описание, изложение чего-либо в общих, главных чертах (БСЭ).

Пакет прикладных программ — комплект программ, предназначенных для решения задач из определенной проблемной области (БСЭ).

Библиотека программ — набор заранее составленных для ЦВМ звеньев программы, предназначенных для использования в качестве целых частей при составлении новых программ (БСЭ).

Алгоритм (алгоритм) — одно из основных понятий (категорий) математики, не обладающих формальным определением в терминах более простых понятий, а абстрагируемых непосредственно из опыта. В частности, под вычислительным алгоритмом понимается всякое точное предписание, которое задает вычислительный процесс, называемый в этом случае алгоритмическим. Он начинается с произвольного исходного данного (из некоторой совокупности возможных для данного алгоритма исходных данных) и направлен на получение полностью определяемого этим исходным данным результата (БСЭ).

Программа — последовательность машинных команд, предназначенная для достижения конкретного результата (БСЭ).

Комфорт (англ. comfort) — бытовые удобства; благоустроенность и уют жилищ, общественных учреждений, средств сообщения и т. п. В переносном смысле: душевный комфорт — состояние внутреннего спокойствия, отсутствие разлада с собой и окружающим миром (БСЭ).

Техническое обеспечение — hardware — комплекс электронных, электрических и механических устройств, входящих в состав системы или сети.

Платформа — platform — функциональный блок, интерфейс и сервис которого являются базой для размещения на нем разнообразных процессов, объединенных какой-либо целью.

Операционная платформа — operating platform — функциональный блок, обеспечивающий интерфейс между прикладными программами и группой операционных систем (ОС).

Операционная система (ОС) — operating system (OS) — комплекс программ, обеспечивающий в системе выполнение других программ, распределение ресурсов, планирование, ввод/вывод и управление данными.

(<http://www.msclub.ce.cctpu.edu.ru/GLOSSARY/Computer/engdict.htm>)

ЛИТЕРАТУРА

1. Райс Дж. Матричные вычисления и математическое обеспечение: Пер. с англ. — М.: Мир, 1984.
2. Numerical methods for constrained optimization / Edited by P. E. Gill and W. Murray. National Physical Laboratory Teddington, Middlesex; (Пер. с англ. В. Ю. Лебедева; под ред. А. А. Петрова. М.: Мир, 1977).
3. Мамонов А. В. Принципы системы RUSEEP и новый научно-прикладной пакет JINREISPACK . Магистерская диссертация. Дубна, 2004.
4. Емельяненко Г. А. и др. Элементы системы RUSEEP и новый научно-прикладной пакет JINREISPACK // Сборник научных трудов кафедры системного анализа и управления. Выпуск 4 (в печати).
5. Артемов В. М., Волков А. Д. Определение параметров формфакторов $\lambda+$ и λ_0 в КЗ-распаде. Препринт ОИЯИ Р1-95-330, Дубна, 1995.
6. Винницкий С. И., Пузынин И. В., Чулуунбаатар О. Ньютоновская итерационная схема с вариационным функционалом Швингера для решения задачи рассеяния. ОИЯИ 11-2001-61. Дубна, 2001.
7. Уилкинсон Дж., Райни К. Справочник алгоритмов на языке АЛГОЛ. Линейная алгебра. М.: Машиностроение, 1976.
8. Емельяненко Г. А. Блочнo-трехдиагональные матрицы и методы численного решения спектральных задач. Автореферат докторской диссертации. ВЦ СО АН СССР. Новосибирск, 1992; ОИЯИ 11-92-4. Дубна, 1992.

9. *Им Ён Сек.* Методы вычисления спектра, а также собственных (корневых) векторов трех-, пяти- и семидиагональных матриц. Автореферат кандидатской диссертации. Дубна: ОИЯИ, 1989.
10. *Емельяненко Г. А., Им Ен Сек.* О множествах корректных ускоренных методов вычисления полного спектра трехдиагональных матриц общего вида. Препринт ОИЯИ Р11-88-453. Дубна, 1988.
11. *Емельяненко Г. А., Им Ен Сек.* О методах нахождения собственных векторов вещественных трехдиагональных матриц общего вида. Препринт ОИЯИ Р11-88-736. Дубна, 1988.
12. *Емельяненко Г. А., Им Ен Сек, Салтыков А. И.* Описание системы новых программ на фортране для вычисления собственных значений и собственных векторов. Препринт ОИЯИ Р11-90-302. Дубна, 1990.
13. *Емельяненко Г. А. и др.* Об эффективности метода критических компонент для решения вырожденных и плохо обусловленных систем линейных алгебраических уравнений. Препринт ОИЯИ Е11-98-302. Дубна, 1998.
14. *Емельяненко Г. А., Душанов Э. Б., Рахмонов Т. Т., Сапожников А. П.* Машинно-независимый пакет программ JINRLINPACK для решения плохообусловленных систем линейных алгебраических уравнений. Дубна, 2000.
15. *Икрамов Х. Д.* Несимметричная проблема собственных значений. М.: Наука, 1991.
16. *Фаддеева В. Н., Колотилина Л. Ю.* Вычислительные методы линейной алгебры, набор матриц для тестирования. Л.: АН СССР, 1982.

Получено 3 ноября 2005 г.

Редактор *М. И. Зарубина*

Подписано в печать 15.12.2005.

Формат 60 × 90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 1,12. Уч.-изд. л. 1,37. Тираж 310 экз. Заказ № 55149.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.

E-mail: publish@pds.jinr.ru

www.jinr.ru/publish/