

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕФЕКТОВ И ВЫБОРА ЗАДАЧ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УЧЕБНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ КОМПЛЕКСОВ

КОЛГАНОВ А.Р., д-р техн. наук

Предложены методы комплексной оценки качества учебных лабораторных комплексов, основанные на измерении их дефектов и определении задач усовершенствования. Приведена классификация существующих и перспективных лабораторных комплексов, определен состав показателей качества для объектов каждого класса. Представлены алгоритмические и программные средства.

Ключевые слова: учебный лабораторный комплекс, показатели качества, компьютерный измеритель дефектов.

TECHNICAL ASPECTS OF FAULTS MEASUREMENTS AND PROBLEM CHOICE OF IMPROVING INSTRUCTIONAL LABORATORY SYSTEMS

A.R. KOLGANOV, Ph.D.

This paper represents the methods of complex evaluation of instructional laboratory system quality, which are based on their faults measurements and determining the problems of their improvement. The paper includes the classification of existing and prospective laboratory systems and the quality indices analysis for each room objects. Algorithmic and program means are also given here.

Key words: instructional laboratory system, quality indices, computer-based fault gage.

Введение. Концепция тотального управления качеством образования предусматривает непрерывное усовершенствование качества образовательных услуг. Основными объектами усовершенствования в техническом университете, на наш взгляд, являются учебные лабораторные комплексы, построенные на базе сложного наукоемкого оборудования.

К настоящему времени значительная часть указанного оборудования не отвечает современным требованиям подготовки инженерных кадров. Модернизация или приобретение отдельных лабораторных стендов не решает проблемы в целом. В этой связи представляется актуальной разработка средств комплексной оценки качества лабораторного оборудования и определения задач его совершенствования.

Для решения указанной проблемы необходимо, на наш взгляд, ответить на следующие вопросы: как классифицировать объекты измерения, каков будет набор измеряемых показателей качества, кто будет принимать участие в процессе измерения дефектов, как будет организован процесс измерения, какие будут использованы «измерительные приборы», каковы будут результаты измерения и как ими воспользоваться?

Классификация объектов измерения.

Множество возможных вариантов построения учебных лабораторных комплексов предлагается разделить на четыре вида:

- учебный лабораторный комплекс с удаленным доступом;
- учебный лабораторный комплекс с компьютерным управлением;
- компьютерный лабораторный практикум;
- экспериментальный лабораторный практикум.

В состав *учебного лабораторного комплекса с удаленным доступом*, как правило, включаются два типа лабораторий: одна техническая и несколько виртуальных.

Техническая лаборатория организуется как межкафедральная экспериментальная лаборатория. В ней устанавливаются:

- натурные физические объекты (в виде лабораторных стендов), снабженные системой датчиков для регистрации процессов, устройствами связи с компьютерами;

- не менее одного компьютера, подключенного к корпоративной сети вуза.

В качестве устройств связи используются многофункциональные устройства ввода-вывода аналоговых и цифровых сигналов.

В качестве *виртуальных лабораторий* используются имеющиеся компьютерные классы кафедр, в которых компьютеры объединены в местную интрасеть и, как правило, подключены к Internet.

Учебный лабораторный комплекс с компьютерным управлением занимает одно или два смежных помещения, где располагаются:

- натурные физические объекты (в виде лабораторных стендов), снабженные системой датчиков для регистрации процессов, устройствами связи с компьютерами;
- компьютеры, объединенные в местную интрасеть.

Компьютерный лабораторный практикум предназначен для выполнения лабораторных работ в виртуальной лаборатории с использованием математических и имитационных моделей реальных объектов.

Для проведения *экспериментальных лабораторных практикумов* используются натурные физические объекты (в виде лабораторных стендов), установленные в технической лаборатории и снабженные системой датчиков для регистрации процессов и измерительными приборами.

Набор измеряемых показателей качества.

Качество объектов каждого класса предлагается измерять с помощью показателей трех уровней:

- вычисляемые показатели первого (верхнего) уровня Q_{ij} ;
- вычисляемые показатели второго уровня q_{ijk} ;
- измеряемые показатели третьего уровня.

К сожалению, полный набор измеряемых показателей привести здесь не представляется воз-

можным. Поэтому рассмотрим отдельные показатели для объекта «Учебный лабораторный комплекс с компьютерным управлением».

В качестве показателей первого уровня здесь используются:

Q_{21} – качество методических указаний;

Q_{22} – степень синхронизации с лекционным курсом;

Q_{23} – уровень организации входного контроля;

Q_{24} – качество программного обеспечения;

Q_{25} – качество оборудования связи с объектом;

Q_{26} – степень автоматизации управления экспериментом;

Q_{27} – уровень визуализации результатов экспериментов;

Q_{28} – степень автоматизации обработки результатов;

Q_{29} – уровень организации выходного контроля.

Каждый показатель верхнего уровня вычисляется как средневзвешенная сумма показателей второго уровня. Так, например, показатель качества методических указаний определяется как

$$Q_{21} = \lambda_{q_1} q_{211} + \lambda_{q_2} q_{212} + \lambda_{q_3} q_{213} + \lambda_{q_4} q_{214} + \lambda_{q_5} q_{215} + \lambda_{q_6} q_{216} + \lambda_{q_7} q_{217}. \quad (1)$$

где q_{211} – степень обеспеченности методическими указаниями; q_{212} – уровень теоретического материала методических указаний; q_{213} – уровень организации предварительных расчетов и домашней подготовки; q_{214} – уровень описания процессов функционирования экспериментальной установки; q_{215} – уровень описания программных средств; q_{216} – уровень описания оборудования сопряжения с объектом; q_{217} – уровень методических и практических рекомендаций по выполнению работ; λ_{qk} – весовой коэффициент k -го показателя второго уровня.

Каждый показатель второго уровня вычисляется так же, как средневзвешенная сумма показателей третьего уровня. В качестве численных значений показателей используются переменные трех типов:

• B – булева переменная, принимающая значения 1 (истина) и 0 (ложь);

• I – целочисленная переменная;

• I (%) – целочисленная процентная переменная.

Так, например, степень обеспеченности методическими указаниями определяется как

$$Q_{211} = \lambda_{r_A} r_A (\lambda_{a_1} a_1 + \lambda_{a_2} a_2 - \lambda_{a_3} (a_3 - 2002)) + \lambda_{r_B} r_B (\lambda_{b_1} b_1 + \lambda_{b_2} b_2 + \lambda_{b_3} b_3) + \lambda_{r_C} r_C (\lambda_{c_1} c_1 + 0,01 \lambda_{c_2} c_2); \quad (2)$$

Большинство показателей третьего уровня формируется в результате положительного или отрицательного ответов на следующие вопросы:

• Используются изданные методические указания (МУ) ($r_A = 1/0$)?

• МУ необходимо получить в библиотеке университета ($a_1 = 1/0$)?

• МУ выдаются в лаборатории или методическом кабинете ($a_2 = 1/0$)?

• Год издания МУ ($a_3 = 2004$)?

• Используются рукописные варианты МУ ($r_B = 1/0$)?

• Рукопись, подготовленная к изданию, выдается преподавателем ($b_1 = 1/0$)?

• Рукопись выдается в лаборатории или методическом кабинете кафедры ($b_2 = 1/0$)?

• Преподавателем выдается рукопись программы выполнения работы ($b_3 = 1/0$)?

• Используются электронные методические указания ($r_C = 1/0$)?

Охватываются все необходимые теоретические и практические аспекты выполнения практикума ($c_1 = 1/0$)?

• Содержат отдельные практические аспекты выполнения лабораторного практикума ($c_2 = 1\%$)?

• Представляют собой программу выполнения работ ($c_3 = 1/0$)?

Показатели третьего уровня определяются экспертами, привлеченными для оценки качества лабораторного комплекса, и студентами, выполняющими лабораторный практикум.

Участники измерений и их права. В процессе измерения дефектов могут принимать участие четыре класса пользователей: руководитель практикума, эксперт, студент и администратор.

Руководитель практикума является постановщиком задачи измерения. В его основные функции входят:

• регистрация пользователей классов «Эксперт» и «Студент» с выдачей им сокращенного имени (login) и пароля доступа (Password);

• редактирование весовых коэффициентов измеряемых показателей двух верхних уровней;

• формирование эталонных значений измеряемых показателей качества;

• расчет показателей качества выбранного объекта на основании результатов измерений, выполненных группой экспертов и студентов;

• определение дефектов учебных лабораторных комплексов;

• формирование программы, календарного плана и сметы расходов;

• усовершенствование лабораторного комплекса.

Эксперт по заданию руководителя практикума оценивает качество лабораторного комплекса. При этом он имеет следующие права:

• редактировать весовые коэффициенты измеряемых показателей верхнего уровня;

• формировать собственные эталонные значения измеряемых показателей качества;

• вводить оценки измеряемых показателей качества.

Студент допускается только для ввода оценок измеряемых показателей.

Администратор выполняет все необходимые функции по установке и сопровождению программных средств измерения – «измерительных приборов». Его основными задачами являются:

• установка программного обеспечения;

• регистрация пользователей всех классов с выдачей им сокращенного имени (login) и пароля доступа (Password);

• ввод начальных значений и редактирование весовых коэффициентов показателей качества всех уровней.

Компьютерный измеритель дефектов. Измерение предлагаемых показателей качества лабораторных комплексов предполагает наличие специализированного программного и информационного обеспечения. Для этих целей создана программа *Lab_def*, которая содержит *программные модули*, обеспечивающие следующие функции:

- ввод и редактирование весовых коэффициентов показателей качества;
- ввод и редактирование эталонных значений показателей качества;
- ввод и редактирование измеряемых значений показателей качества;
- вычисление, тестовое и графическое представление дефектов по показателям первого и второго уровней;
- формирование рекомендаций по совершенствованию анализируемого лабораторного комплекса;
- регистрацию участников измерительного процесса.

Программа *Lab_def* имеет также базу данных, содержащую:

- список независимых экспертов;
- основные характеристики и результаты измерения показателей качества анализируемых объектов;
- файлы эталонных значений показателей качества для объектов каждого класса.

Ответ на вопрос «Как организован процесс измерения?» проиллюстрируем с использованием фрагментов работы программы *Lab_def*.

Алгоритм измерения дефектов. Выполним процесс измерения дефектов компьютерного лабораторного практикума «Моделирование электромеханических систем».

Все операции по оценке показателей качества и измерению дефектов учебных лабораторных комплексов выполняются по заданию или при непосредственном участии руководителя практикума.

После регистрации программных средств измерения дефектов у администратора руководитель практикума выполняет предварительную настройку программного информационного обеспечения процесса измерения, а именно:

- регистрируется в программно-информационной среде;
- регистрирует участников измерительного процесса;
- создает файл проекта;
- указывает основные характеристики объекта измерения.

Регистрация руководителя практикума осуществляется путем ввода соответствующей информации в диалоговом окне, вариант которого приведен на рис. 1, и заполнения регистрационной карточки, вид которой представлен на рис. 2. Вся регистрационная информация вносится в базу данных и может быть использована для формирования одного или нескольких проектов измерений.

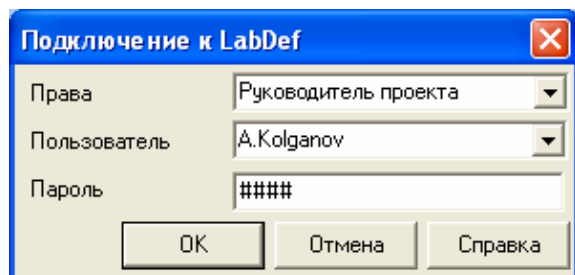


Рис. 1. Образец окна регистрации пользователей

Для оценки качества существующих лабораторных комплексов руководитель практикума, в котором используется тестируемый комплекс, привлекает студентов и независимых экспертов. Каждый участник измерений регистрируется у руководителя

практикума: получает сокращенное имя (login) и пароль доступа (Password). Необходимые регистрационные данные также вносятся в базу данных путем заполнения соответствующих карточек. Карточка эксперта аналогична карточке руководителя практикума. Вид карточки студента приведен на рис. 3.

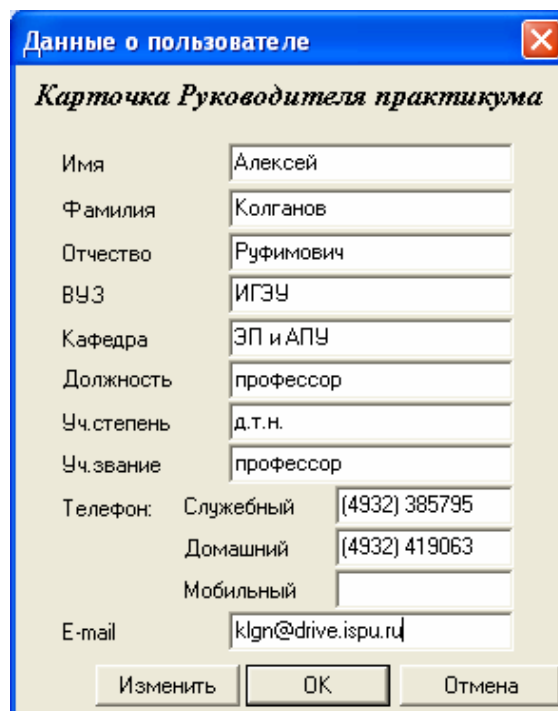


Рис. 2. Образец карточки руководителя практикума

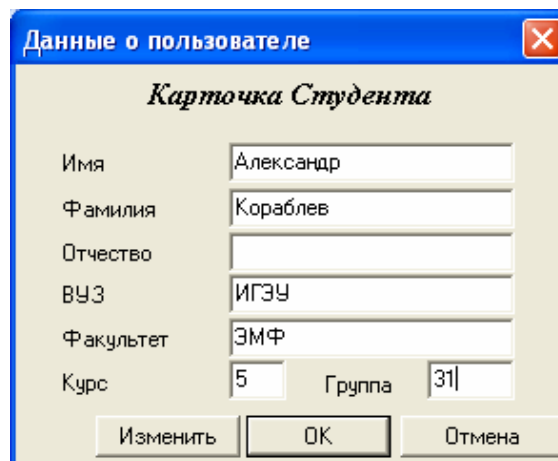


Рис. 3. Образец карточки студента

Для создания нового файла проекта необходимо в меню *Проекты* основного окна программы (рис. 4) указать уникальное имя проекта (Дефекты МЭМС).

На подготовительном этапе измерительного процесса должен быть выбран из базы данных или создан заново объект измерения и включен в состав проекта. Для этого необходимо в меню *Объекты* основного окна программы (рис. 4) выбрать класс объекта (в нашем случае – «Компьютерный лабораторный практикум») и указать уникальное имя объекта измерения (MEMS_1). Основные характеристики объекта указываются в специализированном диалоговом окне, вариант которого, содержащий необходимую информацию для нашего примера, представлен на рис. 5.

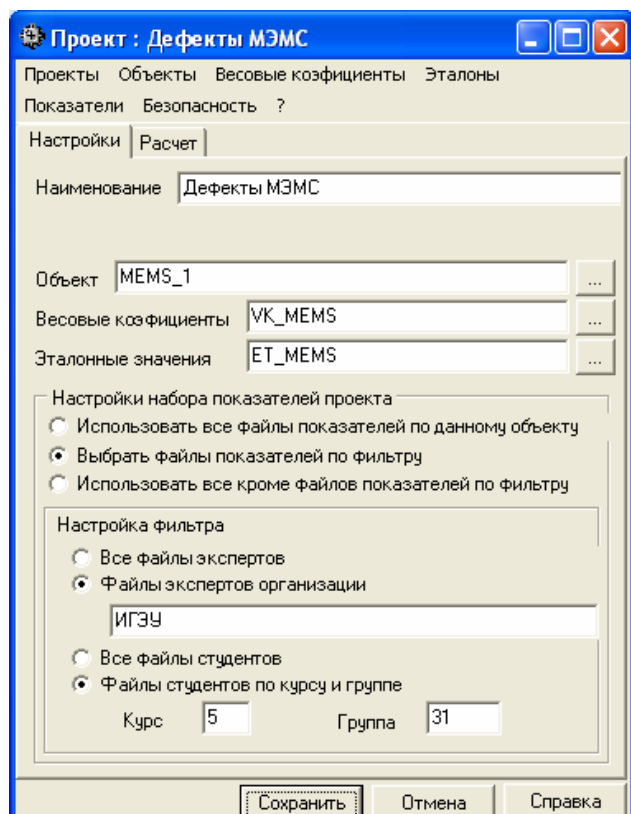
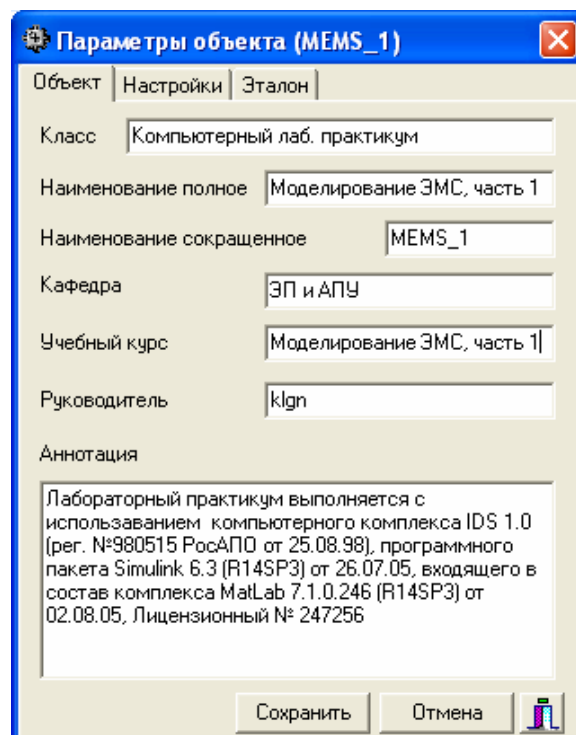


Рис. 4. Основное окно программы Lab_defРис.

На заключительной фазе подготовки процесса измерения руководитель практикума выбирает из базы данных или формирует заново файл эталонных значений, файл весовых коэффициентов и файл измеряемых показателей качества.



5. Окно параметров объекта измерения

Файл эталонных значений показателей качества чаще всего формируется независимым экспертом до ознакомления с программно-техническими средствами лабораторного комплекса. Процесс формирования указанного файла не вызывает каких-либо затруднений, так как для этого требуется лишь отметить наличие или указать значения желаемых показателей качества в диалоговом окне их редактирования (рис. 6).

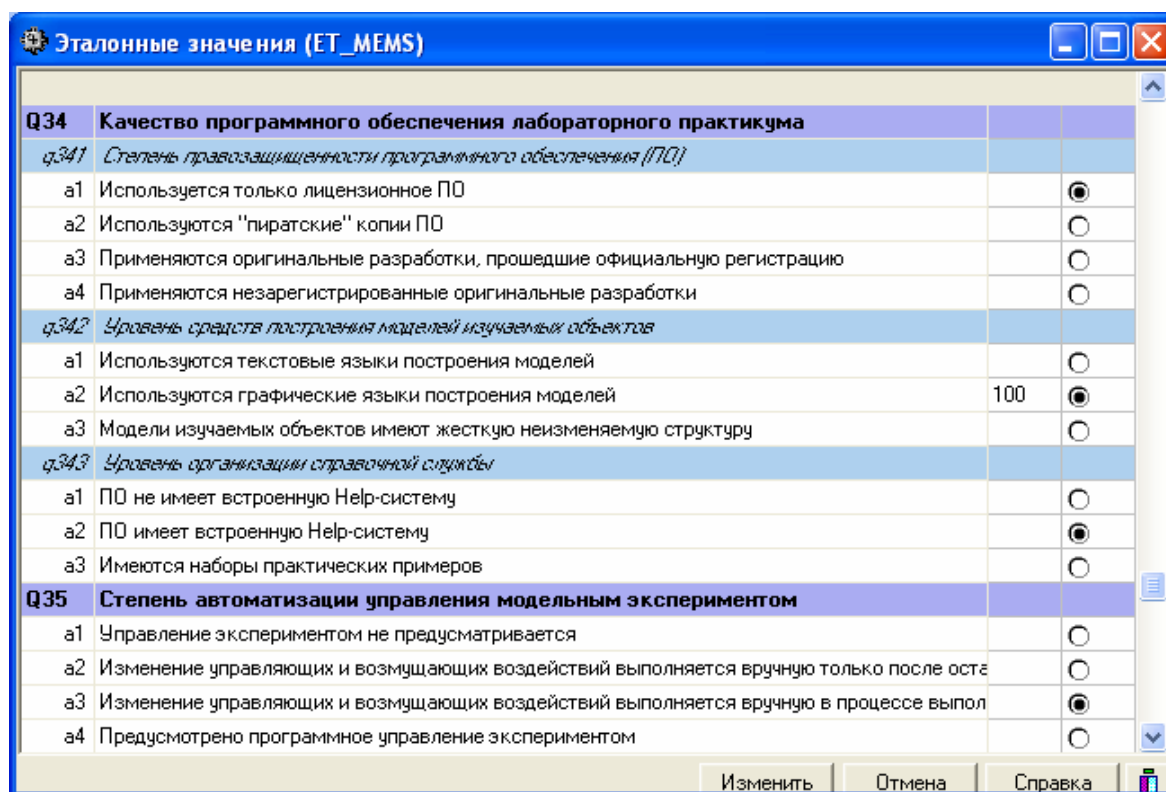


Рис. 6. Окно редактирования эталонных значений показателей качества

Файл весовых коэффициентов изначально присутствует в базе данных. Руководитель практикума имеет возможность корректировать значения весовых коэффициентов показателей всех уровней. Для этого используется диалоговое окно, пример которого приведен на рис. 7.

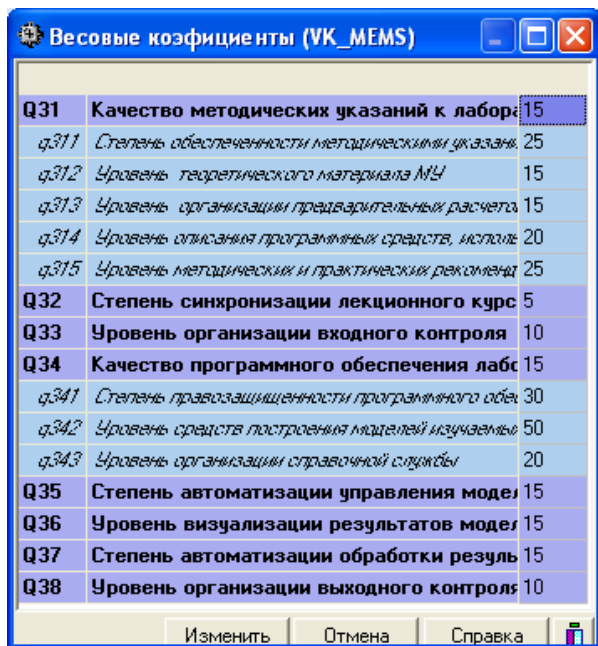


Рис. 7. Окно редактирования весовых коэффициентов

При задании весовых коэффициентов всех уровней предлагается использовать процентную размерность их значений и соблюдать следующее условие: сумма всех значений весовых коэффициентов каждого уровня должна составлять 100%.

В процессе редактирования весовых коэффициентов показателей верхнего уровня могут принимать участие эксперты.

Все операции по оценке показателей качества и измерению дефектов учебных лабораторных комплексов выполняются по заданию или при непосредственном участии руководителя практикума.

Для оценки качества существующих лабораторных комплексов руководитель практикума, в котором используется тестируемый комплекс, привлекает студентов и независимых экспертов.

В указанном процессе могут принимать участие все или выбранная часть студентов, выполняющих анализируемый лабораторный практикум. Каждому студенту поручается определить и ввести в базу данных показатели качества используемого лабораторного комплекса. Процесс формирования файла значений показателей не вызывает каких-либо затруднений, так как для этого требуется лишь отметить наличие или указать значения этих показателей. Диалоговое окно редактирования указанного файла полностью соответствует окну редактирования эталонных значений (рис. 6).

Каждый эксперт также формирует и вводит в базу данных файл собственных значений показателей качества, используя диалоговое окно, приведенное на рис. 6.

Все расчетные работы по вычислению значений показателей качества и дефектов учебных лабораторных комплексов выполняются руководителем практикума на основании информации, введенной в базу данных студентами и экспертами.

Эталонные и расчетные значения показателей качества каждого уровня вычисляются как средневзвешенная сумма показателей нижнего уровня. Так, например, качество программного обеспечения лабораторного практикума определяется как

$$Q_{34} = \lambda_{q_1} q_{341} + \lambda_{q_2} q_{342} + \lambda_{q_3} q_{343}, \quad (3)$$

где

$$q_{341} = \lambda_{a_1} a_1 - 0,01\lambda_{a_2} a_2 + 0,01\lambda_{a_3} a_3 - 0,01\lambda_{a_4} a_4;$$

$$q_{342} = -\lambda_{a_1} a_1 + \lambda_{a_2} a_2 - \lambda_{a_3} a_3;$$

$$q_{343} = -\lambda_{a_1} a_1 + \lambda_{a_2} a_2 + \lambda_{a_3} a_3.$$

Для определения дефектов исследуемого лабораторного комплекса руководитель практикума определяет список файлов показателей качества, которые были сформированы по результатам оценки экспертами и студентами. Если в процессе измерения дефектов принимают участие несколько экспертов и студентов, то предварительно полученные значения показателей качества усредняются.

Значения дефектов D_i d_{ij} вычисляются по показателям качества первого (Q_i) и второго (q_{ij}) уровней:

$$D_i = Q_{i\alpha} - Q_{i\beta}; \quad d_{ij} = d_{ij\alpha} - d_{ij\beta} \quad (4)$$

Запуск вычислительных процедур осуществляется после нажатия в основном окне программы *Lab_def* (рис. 4) кнопки «Расчет»

Результаты измерительного процесса. Результаты расчетов представляются в основном окне программы на трех страницах: *Диаграммы*, *Таблицы*, *Дефекты*. Каждая из этих страниц имеет версию для печати.

На странице *Диаграммы* приводится графическое представление сравнительных результатов вычисления эталонных и расчетных значений показателей качества и дефектов первого и второго уровней. Для нашего примера страница имеет вид, приведенный на рис. 8 для показателей первого уровня, а на рис. 9 – для показателей второго уровня.

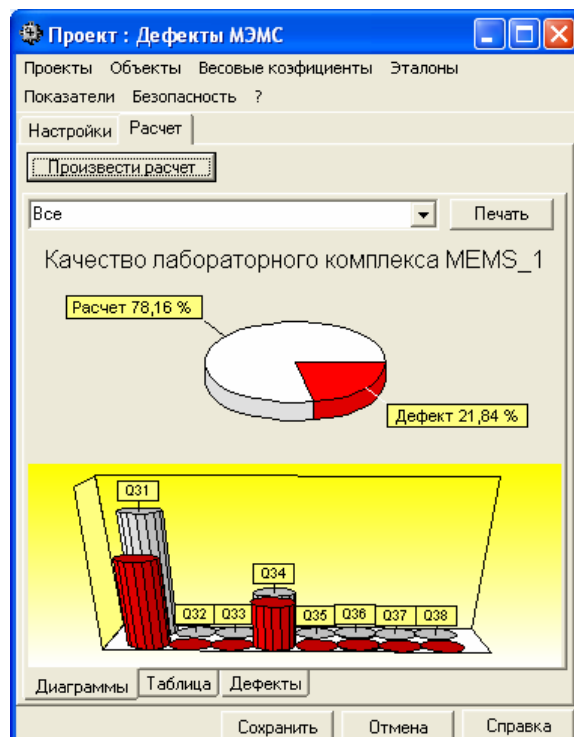


Рис. 8. Диаграмма дефектов первого уровня

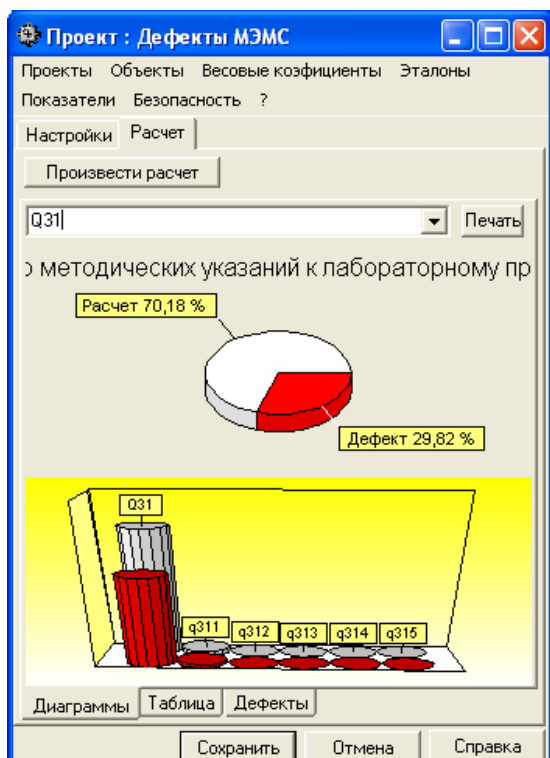


Рис. 9. Диаграмма дефектов второго уровня

Страница *Таблица* представляет численные значения полученных результатов (рис. 10).

По результатам сравнительного анализа расчетных и эталонных показателей качества формируются рекомендации по совершенствованию анализируемого лабораторного комплекса, которые используются руководителем практикума для подготовки календарного плана и сметы расходов на совершенствование ресурсов объекта. Полученные рекомендации представляются на странице *Дефекты*. Версия «Для печати» указанной страницы приведена на рис. 11. Второй и третий столбец таблицы рекомендаций заполняются руководителем практикума непосредственно на странице или после распечатки документа вручную.

Заключение

Использование предлагаемых методических и программных средств, на наш взгляд, позволяет:

- достаточно просто оценить состояние и качество используемых учебных лабораторных комплексов;
- привлечь для этих работ независимых экспертов и студентов;
- обратить внимание руководства к проблеме современного состояния лабораторного оборудования;
- определить приоритетные и перспективные направления совершенствования лабораторной базы курса, специальности, кафедры;
- предварительно оценить временные, материальные затраты совершенствования.

	Показатель качества	Эталон	Расчет	Дефект	%
Q31	Качество методических указаний к лабораторному практикуму	835270,0	586180,0	249090,0	29,8
q311	Степень обеспеченности методическими указаниями	28000,0	23500,0	4500,0	16,1
q312	Уровень теоретического материала МЧ	2500,0	1000,0	1500,0	60,0
q313	Уровень организации предварительных расчетов и домашне	2418,0	-388,0	2806,0	116,0
q314	Уровень описания программных средств, используемых для	3000,0	-600,0	3600,0	120,0
q315	Уровень методических и практических рекомендаций по вып	60,0	60,0	0,0	0,0
Q32	Степень синхронизации лекционного курса и лабораторного пр	60,0	60,0	0,0	0,0
Q33	Уровень организации входного контроля	60,0	20,0	40,0	66,7
Q34	Качество программного обеспечения лабораторного практикум	301600,0	301600,0	0,0	0,0
q341	Степень правозащищенности программного обеспечения (П	20,0	20,0	0,0	0,0
q342	Уровень средств построения моделей изучаемых объектов	6000,0	6000,0	0,0	0,0
q343	Уровень организации справочной службы	50,0	50,0	0,0	0,0
Q35	Степень автоматизации управления модельным эксперименто	40,0	15,0	25,0	62,5
Q36	Уровень визуализации результатов модельных эксперименто	4000,0	4000,0	0,0	0,0
Q37	Степень автоматизации обработки результатов	40,0	40,0	0,0	0,0
Q38	Уровень организации выходного контроля	60,0	20,0	40,0	66,7

Рис. 10. Таблица дефектов

Работы по устранению дефектов лабораторного комплекса MEMS_1

Работы по устранению дефектов	Затраты	Дата
Целесообразно до начала "200_/0_" учебного года переиздать методические указания		
В программное обеспечение лабораторного практикума следует включить дополнительные модули автоматизации предварительных расчетов		
Входной контроль следует проводить в форме компьютерного тестирования		
Необходимо обеспечить оперативное или программное управление модельным экспериментом		
Выходной контроль следует проводить в форме компьютерного тестирования		

Рис. 11. Рекомендации совершенствования

Компьютерный измеритель дефектов *Lab_def* может функционировать как автономно, так и в составе программного обеспечения автоматизированной системы управления качеством технического университета.

Список литературы

1. **Стратегия** и тактика управления качеством образования: Метод. пособие / В.Н. Нуждин, Г.Г. Кадамцева, Е.Р. Пантелеев, А.И. Тихонов / Иван. гос. энерг. ун-т. – Иваново, 2003. – 252 с.

Колганов Алексей Руфимович,
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
доктор технических наук, профессор кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок,
телефон (4932) 26-97-09,
e-mail: klgn@drive.ispu.ru