

УДК 004.032

В.Ф. Гузик, С.М. Гушанский, В.С. Потапов**ПРОВЕДЕНИЕ ПОЛНОГО ФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА
ДЛЯ ХАРАКТЕРИСТИК МОДЕЛИ КВАНТОВОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЯ***

Выделены основные характеристики существующих моделей квантовых вычислителей, необходимые для их успешной работы. Также проведен и подробно описан полный факторный эксперимент для характеристик моделей с применением метода дробных реплик. В рамках эксперимента составлены матрица эксперимента, математическая модель и соответствующее им уравнение линейной регрессии. Проведена обработка экспериментальных данных с помощью регрессионного анализа, F-критерия Фишера, анализа случайных ошибок параметров a , b и коэффициента корреляции r_{xy} , t -статистики Стьюдента и критерия Дарбина-Уотсона, вследствие чего с помощью линейной парной корреляции r_{xy} и детерминации R^2 доказана достаточно высокая для 14-факторного эксперимента связность характеристик моделей квантовых вычислителей. Также проанализированы частные парные связи между характеристиками. Развитие моделирования квантовых вычислителей в квантовом мире имеет большое значение в разработке квантовых компьютеров, так как без моделирования квантового вычислителя создание прототипа модели становится затруднительным. Рассмотрим также ряд других, не менее важных причин актуальности тематики: – разработанная квантовая модель позволит наглядно увидеть сильные и слабые стороны модели, а также усовершенствовать ее в будущем; – пока не создано квантового компьютера, единственная возможность практического изучения квантового компьютеринга – моделирование квантового компьютера на классическом или использование различных элементов физики и химии в не характерных для них состояниях и направления; – в случае создания квантового компьютера моделирование его прототипа станет наглядным пособием для понимания основных процессов и явлений, благодаря которым стало возможным его создание; – разработанная квантовая модель и ее доказанные преимущества позволят легче привлечь инвестиции в физическое создание и совершенствование квантового компьютера.

Моделирование; квантовый компьютеринг; модель; модуль; кубит; вычислитель; модель квантового вычислителя; открытые системы.

V.P. Guzik, S.M. Gushansky, V.S. Potapov**PERFORMANCE A FULL FACTORIAL EXPERIMENT FOR THE
CHARACTERISTICS MODELS OF QUANTUM CALCULATORS**

This article has highlighted the main features of the existing models of quantum calculators necessary for their successful work. Was also carried out and described in detail the full factorial experiment for the characteristics of the models using the method of fractional replicas. As part of the experiment was the matrix of the experiment, the mathematical model with corresponding linear regression equation. Were treated with the experimental data by regression analysis, F-Fisher criterion, analysis of random error parameters a , b and correlation coefficient r_{xy} , T-Student statistical criteria and the Durbin-Watson, whereby steam using linear correlation determination r_{xy} and R^2 proved high enough for a 14-factorial experiment connectivity characteristics of quantum models of calculators. We also analyzed the relationship between private twin characteristics. Development of the simulation of quantum calculators in the quantum world is a great importance in the development of quantum computers, because without quantum computer simulation prototyping model becomes difficult. We also consider a number of other equally important reasons for urgency topics: – developed quantum model will clearly see the strengths and weaknesses of the model, as well as to improve it in the future; – has not yet created a quantum computer, the only possibility of practical study of quantum computing - simulation of the quantum computer on a classical or use different elements of physics and chemistry in not typical for these conditions and

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № НК 15-01-01270\15.

directions; – in the case of a quantum computer simulation of its prototype will be a visual aid for understanding the basic processes and phenomena that have made it possible to create it; – developed quantum model and its proven benefits allow easier to attract investment in the physical creation and improvement of a quantum computer.

Modeling; quantum computing; model; module; qubit; calculator; model of quantum computer; open systems.

Введение. Планирование эксперимента [1] – комплекс мероприятий, направленных на эффективную постановку опытов. Основная цель планирования эксперимента – достижение максимальной точности измерений при минимальном количестве проведенных опытов и сохранении статистической достоверности результатов. Данная работа будет посвящена проведению полного факторного эксперимента моделей квантовых вычислителей, анализу их адекватности с точки зрения наличия у них определенных параметров. Также оценим связность некоторых характеристик этих моделей. Полный факторный эксперимент (ПФЭ) [2] – это объединение воедино ряда измерений, которые подчиняются следующим условиям:

- ◆ число измерений составляет 2^n , где n – количество факторов, 2 – число уровней;
- ◆ каждый фактор принимает только два значения – верхнее и нижнее;
- ◆ в процессе измерения верхние и нижние значения факторов комбинируются во всех возможных сочетаниях.

Математическая модель [3] получается в результате аппроксимации этой функции какой-либо другой функцией, например, линейной

$$Y = a_0 + a_1 * x_1 + a_2 * x_2 + \dots + a_n * x_n,$$

где a_1, a_2, \dots, a_n – искомые параметры модели.

С помощью полученной ранее математической модели становится возможным оценить адекватность [4] самой модели квантового вычислителя [5].

Матрица эксперимента

Выделим 14 важных факторов (характеристик), влияющих на успешную работу модели квантового вычислителя. Среди описанных характеристик большое число «двоичных», то есть таких, где нет средних значений. Это происходит по причине наличия или отсутствия у определенной модели той или иной характеристики. Введем следующие обозначения: 0 – отсутствие характеристики, 1 – наличие.

Таблица 1

Факторы эксперимента

№	Факторы	Значения (верхние и нижние -1, +1)
1	Исходное количество гейтов [6]	6–20
2	Модульная структура [7]	(0;100)
3	Многопоточное моделирование	(0;100)
4	Реализация в ОС Windows [8]	(0;100)
5	Реализация в ОС Linux [9]	(0;100)
6	Ограничение числа кубит [10]	2–32
7	Кроссплатформенность [11]	(0;100)
8	Реализация физических процессов	(0;100)
9	Динамическое добавление кубитов	(0;100)
10	Открытая архитектура [12]	(0;100)
11	Наличие квантовой схемы [13]	(0;100)
12	Задание входных значений кубит	(0;100)
13	Отображение текущих результатов	(0;100)
14	Отображение времени окончания расчетов	(0;100)

В таблице выше описаны не только факторы, но и их пограничные значения.

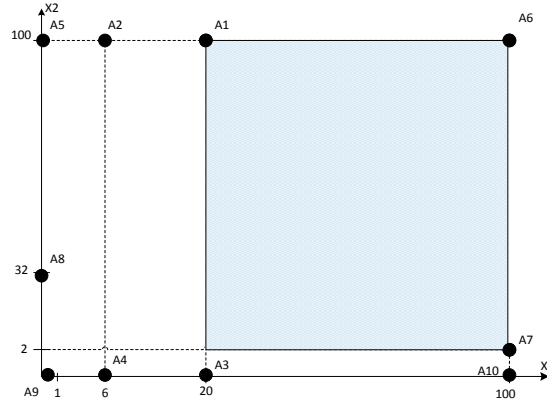


Рис. 1. Расположение экспериментальных точек в двухмерном факторном пространстве

Тогда несложно написать все сочетания уровней в эксперименте с этими факторами. В планировании эксперимента сложившейся практикой является использование кодированных значений факторов: +1 и -1 (часто для простоты записи единицы опускают). Параметры эксперимента можно записать в виде таблицы, где строки – это опыты, а столбцы – значения факторов. Полный факторный эксперимент полностью определяют коэффициенты [14] для линейного уравнения [15]

$$Y = \sum_{i=0}^n b_i x_i, \text{ при } n < m.$$

В такой модели необходимо определить $n + 1$ искомым коэффициентов. Основопологающей проблемой ПФЭ является экспоненциальный рост числа экспериментов, что кардинально увеличивает масштабы всех дальнейших вычислений. В этом случае рассчитывается планирование эксперимента, который представляет собой «часть» плана ПФЭ. Такие планы называют дробными репликами [16] ПФЭ. Все правила расчетов эксперимента и требования к столбцам матрицы планирования должны соблюдаться, т.е.

$$\sum_{i,j=1}^n x_i * x_j = 0, \sum_{i=1}^n x_i^2 = N, \sum_{i=1}^n x_i = 0.$$

Для обозначения дробных реплик, в которых p линейных эффектов приравнены к эффектам взаимодействия, удобно пользоваться условными обозначением 2^{k-p} . Дробные реплики особенно удобны при большом числе факторов ($n > 5$), так как при этом коэффициенты при факторах $b_1 - b_n$ смешиваются при тройных и более высоких взаимодействиях, влияние которых существенно слабее, чем при двойных. В матрице эксперимента столбцы представляют собой значения факторов. Для упрощения матрицы будем считать 1 за 100.

Таблица 2

Матрица эксперимента

№ опыта	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}
1	20	1	0	1	1	2	0	0	1	0	0	1	1	0
2	6	1	0	1	0	32	0	1	1	0	1	0	0	1
3	20	0	0	1	0	32	1	0	1	0	0	1	0	1

Окончание табл. 2

4	6	0	0	1	1	2	1	1	1	0	0	1	0	1
5	20	1	1	1	0	32	0	0	0	0	0	1	1	0
6	6	1	1	1	0	32	0	1	0	0	1	1	0	1
7	20	0	1	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	1
8	6	0	1	1	0	32	1	1	0	0	0	1	0	1
9	20	1	0	0	0	32	0	0	1	1	0	1	1	0
10	6	1	0	0	1	2	0	1	1	1	1	1	0	1
11	20	0	0	0	0	32	1	0	1	1	0	1	0	1
12	6	0	0	0	0	32	1	1	1	1	0	0	0	1
13	20	1	1	0	1	2	0	0	0	1	0	1	1	0
14	6	1	1	0	0	32	0	1	0	1	1	1	0	1
15	20	0	1	0	0	32	1	0	0	1	0	1	0	1
16	6	0	1	0	1	2	1	1	0	1	0	1	0	1

Полагая, что линейная модель процесса имеет вид:

$$Y = a_0 + a_1 * x_1 + a_2 * x_2 + \dots + a_{13} * x_{13} + a_{14} * x_{14}.$$

Построив матрицу планирования осуществляют эксперимент. Получив экспериментальные данные рассчитывают значения коэффициентов регрессии. Значение свободного члена (a_0) берут как среднее арифметическое всех значений параметра оптимизации в матрице:

$$a_0 = \frac{\sum_{j=1}^N X_j}{N} = 48,3125,$$

где X_j – значения параметра оптимизации в j -м опыте; N – число опытов в матрице. Линейные коэффициенты регрессии рассчитывают по формуле

$$a_i = \frac{\sum_{j=1}^N X_j * Y_{i,j}}{N},$$

где $Y_{i,j}$ – кодированное значение фактора i -го в j -м опыте.

Таблица 3

Линейные коэффициенты регрессии

i	1	2	3	4	5	6
X_i	6.125	50	50	50	37.5	18.625
Y_i	75	133	152	155	55	116

i	7	8	9	10	11	12	13	14
X_i	50	50	50	50	25	81.25	25	87
Y_i	172	93	125	130	42	184	95	176

Таким образом, линейная модель имеет вид

$$Y = 48,3125 + 6,125 * x_1 + 50 * x_2 + 50 * x_3 + 50 * x_4 + 37,5 * x_5 + 18,625 * x_6 + 50 * x_7 + 50 * x_8 + 50 * x_9 + 50 * x_{10} + 25 * x_{11} + 81,25 * x_{12} + 25 * x_{13} + 87 * x_{14}.$$

1. Составим таблицу вспомогательных величин:

Таблица 4

Коэффициенты уравнения регрессии

i	X _i	Y _i	X _i * Y _i	X _i ²	Y _i ²
1	6.125	75	459.375	37.5156	5625
2	50	133	6650	2500	17689
3	50	152	7600	2500	23104
4	50	155	7750	2500	24025
5	37.5	55	2062.5	1406.25	3025
6	18.625	116	2160.5	346.8906	13456
7	50	172	8600	2500	29584
8	50	93	4650	2500	8649
9	50	125	6250	2500	15625
10	50	130	6500	2500	16900
11	25	42	1050	625	1764
12	81.25	184	14950	6601.5625	33856
13	25	95	2375	625	9025
14	87	176	15312	7569	30976
Σ	630.5	1703	86369.375	34711.2188	233303

Вычислим коэффициенты и уравнения линейной регрессии по известным формулам:

$$a = \frac{\sum x_i * \sum y_i - n * \sum x_i * y_i}{(\sum x_i)^2 - n * \sum x_i^2} = \frac{630,5 * 1703 - 14 * 86369,375}{630,5 * 630,5 - 14 * 34711,2188} \approx 1,5315,$$

$$b = \frac{\sum x_i * \sum x_i * y_i - \sum x_i^2 * \sum y_i}{(\sum x_i)^2 - n * \sum x_i^2} = \frac{630,5 * 86369,375 - 34711,2188 * 1703}{630,5 * 630,5 - 14 * 34711,2188} \approx 52,6686.$$

Итак, искомое уравнение линейной регрессии [17] имеет вид:

$$\bar{y} = 1,5315 * x + 52,6686.$$

2. Сделаем общий чертёж диаграммы рассеяния [18] и графика уравнения регрессии (рис. 2).

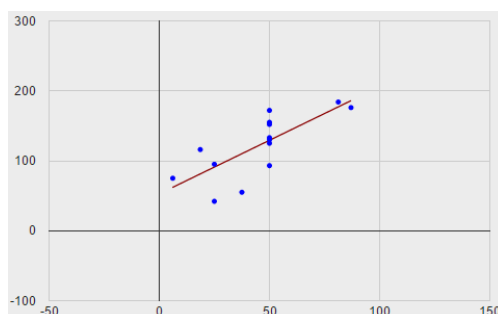


Рис. 2. Диаграммы рассеяния. График уравнения регрессии

Постановка задачи регрессионного анализа. Регрессионный анализ [19] – метод статистического изучения зависимости одной или нескольких независимых переменных на зависимую переменную. С помощью регрессионного анализа определим степени детерминированности зависимой переменной, предскажем значения зависимой переменной с помощью независимой(-ых) и определим вклада отдельных независимых переменных в вариацию зависимой. Построим уравнение регрессии и оценим надежность его коэффициентов с помощью коэффициента частной корреляции. Вычислим коэффициенты линейной парной корреляции r_{xy} [20] и детерминации R^2 :

$$r_{xy} = \frac{n * \sum x_i * y_i - \sum x_i * \sum y_i}{\sqrt{n * \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} * \sqrt{n * \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}} =$$

$$= \frac{14 * 86369,375 - 630,5 * 1703}{\sqrt{14 * 34711,2188 - 630,5 * 630,5} * \sqrt{14 * 233303 - 1703 * 1703}} \approx 0,7528$$

следовательно, $R^2 = (r_{xy})^2 = 0,5667$, следовательно, зависимость (связь) между переменными весьма тесная, если брать в расчет большое количество факторов и их функциональная разнородность. Для оценки значимости параметров регрессии и корреляции сначала:

– найдём x средний: $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{630,5}{14} = 45,0357$;

– составим таблицу вспомогательных величин.

Таблица 5

Таблица вспомогательных величин

i	X_i	Y_i	Y'	$X_i - X'$	ε_i	A_i	$\Delta \varepsilon_i$
1	6.125	75	62.0493	-38.9107	12.9507	0.1727	—
2	50	133	129.2459	4.9643	3.7541	0.0282	-9.1966
3	50	152	129.2459	4.9643	22.7541	0.1497	19
4	50	155	129.2459	4.9643	25.7541	0.1662	3
5	37.5	55	110.1016	-7.5357	-55.1016	1.0018	-80.8557
6	18.625	116	81.1936	-26.4107	34.8064	0.3001	89.9079
7	50	172	129.2459	4.9643	42.7541	0.2486	7.9477
8	50	93	129.2459	4.9643	-36.2459	0.3897	-79
9	50	125	129.2459	4.9643	-4.2459	0.034	32
10	50	130	129.2459	4.9643	0.7541	0.0058	5
11	25	42	90.9572	-20.0357	-48.9572	1.1656	-49.7113
12	81.25	184	177.1067	36.2143	6.8933	0.0375	55.8505
13	25	95	90.9572	-20.0357	4.0428	0.0426	-2.8505
14	87	176	185.9131	41.9643	-9.9131	0.0563	-13.9559
Σ	—	—	—	—	—	3.7987	—

3. F -критерии Фишера [21]:
– фактический

$$F_{\text{факт}} = \frac{r_{xy}^2}{1 - r_{xy}^2} * (n - 2) = \frac{0,5667}{1 - 0,5667} (14 - 2) = 15,692;$$

– критический (табличный) $F_{табл} = 4,7472$, так как $k_1 = 1, k_2 = n-2 = 12$ и $\alpha = 0,05$.

4. Случайные ошибки параметров a, b и коэффициента корреляции r_{xy} :

$$m_a = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2 * (n-2)}} = \sqrt{\frac{11329,7199}{6316,2009 * 12}} \approx 0,3866, \quad m_b = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y}) \sum x_i^2}{(n-2) * n * \sum (x_i - \bar{x})^2}} \approx 19,2514,$$

$$m_{r_{xy}} = \sqrt{\frac{1 - r_{xy}^2}{n-2}} \approx 0,19.$$

5. t -статистики Стьюдента [22]:

– табличная $t_{табл} = 2,1788$ так как $df = n-2 = 12$ и $\alpha = 0,05$

– фактические

$$t_a = \frac{a}{m_a} \approx 3,9613, \quad t_b = \frac{b}{m_b} \approx 2,7358, \quad t_{r_{xy}} = \frac{r_{xy}}{m_{r_{xy}}} \approx 3,9613$$

6. Критерии Дарбина-Уотсона [23]:

$$d = \frac{\sum (\varepsilon_i - \varepsilon_{i-1})^2}{\sum \varepsilon_i^2} = \frac{28222,2109}{11329,7199} \approx 2,491.$$

Теперь рассмотрим несколько примеров прямого взаимодействия/влияния двух факторов. Такой подход был рассмотрен ранее [24] и показал достаточно высокое взаимное влияние одного фактора (характеристики МКВ) на другой. Опишем еще несколько подобных комбинаций. Например, проанализируем силу взаимосвязи факторов номер 6 и 8 (ограничение по количеству кубит и реализация физических процессов [25]), составим таблицу вспомогательных величин и вычислим коэффициенты линейной парной корреляции и детерминации:

Таблица 6

Таблица линейных коэффициентов регрессии и вспомогательных величин

i	X_i	Y_i	$X_i * Y_i$	X_i^2	Y_i^2
1	18.625	116	2160.5	346.8906	13456
2	50	93	4650	2500	8649
Σ	68.625	209	6810.5	2846.8906	22105

$$r_{xy} = \frac{3 * 6810,5 - 68,625 * 209}{\sqrt{3 * 2846,8906 - 68,625 * 68,625} * \sqrt{3 * 22105 - 29 * 29}} \approx 0,6539.$$

следовательно, $R^2 = 0,4275$, следовательно, зависимость (связь) между переменными, что и следует из функциональной направленности этих двух характеристик МКВ.

Теперь рассмотрим другой пример. Пойдем от обратного и выберем изначально две сильно взаимосвязанные между собой характеристики X_4 и X_7 и проверим верен ли описанный ранее эксперимент. Ожидается очень тесная взаимосвязь R^2 принадлежит промежутку (0,8;1).

Таблица 7

Таблица линейных коэффициентов регрессии и вспомогательных величин

i	X_i	Y_i	$X_i * Y_i$	X_i^2	Y_i^2
1	50	155	7750	2500	24025
2	50	172	8600	2500	29584
Σ	100	327	16350	5000	53609

$$r_{xy} = \frac{3*16350 - 100*327}{\sqrt{3*5000 - 100*100} * \sqrt{3*53609 - 327*327}} \approx 0,996$$

следовательно, $R^2 = 0,996$.

Заключение. Были рассмотрены характеристики существующих моделей квантовых вычислителей. Также был проведен полный факторный эксперимент с использованием дробных реплик, составлены матрица эксперимента и математическая модель. Была проведена обработка экспериментальных данных с помощью регрессионного анализа, F -критерия Фишера, анализа случайных ошибок параметров a , b и коэффициента корреляции r_{xy} , t -статистики Стьюдента и критерия Дарбина-Уотсона, вследствие чего было с помощью линейной парной корреляции r_{xy} и детерминации R^2 доказана достаточно высокая для 14-факторного эксперимента связность характеристик моделей квантовых вычислителей. Были также проанализированы частные парные связи между характеристиками с целью выяснения их степени связности. Расчетным путем было вычислено $R^2 = (r_{xy})^2 = 0,5667$, следовательно, зависимость (связь) между переменными весьма тесная, если брать в расчет большое количество факторов и их функциональная разнородность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Планирование эксперимента // URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Планирование эксперимента](https://ru.wikipedia.org/wiki/Планирование_эксперимента) (дата обращения: 13.03.2015).
2. Полный факторный эксперимент // URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Полный факторный эксперимент](https://ru.wikipedia.org/wiki/Полный_факторный_эксперимент) (дата обращения: 13.03.2015).
3. Mathematical model // URL: [http://www.sciencedaily.com/ articles/m/mathematical_model.htm](http://www.sciencedaily.com/articles/m/mathematical_model.htm) (дата обращения: 13.03.2015).
4. Адекватность модели // URL: http://samlib.ru/w/walxd_w_w/adekwatnostxmodeli.shtml (Дата обращения: 13.03.2015).
5. Models of Quantum Computation // URL: <http://tph.tuwien.ac.at/~oemer/doc/quprog/node9.html> (дата обращения: 13.03.2015).
6. Quantumgate // URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_gate (дата обращения: 13.03.2015).
7. Модульная структура // URL: <http://www.ngpedia.ru/id490497p1.html> (дата обращения: 13.03.2015).
8. Windows // URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Windows> (дата обращения: 13.03.2015).
9. What is linux // URL: <http://www.linuxfoundation.org/what-is-linux> (дата обращения: 13.03.2015).
10. Qubit // URL: <http://whatis.techtarget.com/definition/qubit> (дата обращения: 13.03.2015).
11. Cross-platform // URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Cross-platform> (дата обращения: 13.03.2015).
12. Open architecture // URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Open_architecture (дата обращения: 13.03.2015).
13. Quantumcircuit // URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_circuit (дата обращения: 13.03.2015).
14. Основы линейной регрессии // URL: <http://www.statistica.ru/theory/osnovy-lineynoy-regressii/> (дата обращения: 13.03.2015).
15. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1965. – 283 с.
16. Хамханов К.М. Основы планирования эксперимента. Методическое пособие. – ВСГТУ, 2001. – С. 23-25.
17. Уравнение регрессии // URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/socio/4355/УРАВНЕНИЯ> (дата обращения: 13.03.2015).
18. Диаграмма рассеяния // URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Диаграмма рассеяния](https://ru.wikipedia.org/wiki/Диаграмма_рассеяния) (дата обращения: 13.03.2015).

19. Дрейтер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 106 с.
20. Пак Т.В., Еремеева Я.И. Эконометрика. Учебное пособие. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2009. – 70 с.
21. Fisher's linear discriminant // URL: <http://compbio.soe.ucsc.edu/genex/genexTR2html/node12.html> (дата обращения: 13.03.2015).
22. Т-Критерий Стьюдента // URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Т-Критерий_Стьюдента (date of access: 03.13.2015).
23. Durbin–Watson statistic // URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Durbin–Watson_statistic (дата обращения: 13.03.2015).
24. Гузик В.Ф., Гушанский С.М., Потанов В.С. Планирование эксперимента по нахождению оптимальной модели квантового вычислителя // Актуальные вопросы технических наук в современных условиях: сборник статей Международной научно-практической конференции (14 января 2015 г. 2014 г., г. Санкт-Петербург). – С. 49-53.
25. Quantum process // URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_process (дата обращения: 13.03.2015).

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор А.М. Белевцев.

Гузик Вячеслав Филиппович – Южный федеральный университет; e-mail: vfguzik@sfedu.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 88634371550; кафедра вычислительной техники; зав. кафедрой; д.т.н.; профессор.

Гушанский Сергей Михайлович – e-mail: kron@pbox.ttn.ru; кафедра вычислительной техники; к.т.н.; доцент.

Потанов Виктор Сергеевич – e-mail: vitya-potapov@rambler.ru; кафедра вычислительной техники; магистрант.

Guzik Vyacheslav Filippovich – Southern Federal University; e-mail: vfguzik@sfedu.ru; 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371550; the department of computer engineering; head of department; dr. of eng. sc.; professor.

Gushansky Sergei Mikhailovich – e-mail: kron@pbox.ttn.ru; the department of computer engineering; cand. of eng. sc.; associate professor.

Potapov Victor Sergeevich – e-mail: vitya-potapov@rambler.ru; the department of computer engineering; undergraduate.

УДК 004.42

Е.Р. Мунтян, М.Ю. Поленов, А.И. Костюк

О ПОДХОДЕ К МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ*

Рассмотрен реализованный подход по модернизации программной системы поддержки управленческих решений при организации учебного процесса в вузах. Данная система и ее дополнительные компоненты разработаны на кафедре вычислительной техники Инженерно-технологической академии Южного федерального университета (ЮФУ). Разработанная ранее система позволяет автоматизировать процесс генерации индивидуальной учебной нагрузки, представленной в XML-формате, которая может быть далее преобразована в файл Excel-формата на основе списка профессорско-преподавательского состава, таблицы учебной нагрузки кафедры и индивидуальной нагрузки преподавателей. Модернизация системы была выполнена за счет добавления модуля «Материалы к расписанию», который позволяет не только автоматизировать генерацию бланка индивидуальной учебной нагрузки, но и

*Работа поддержана Минобрнауки РФ в рамках реализации базовой части госзадания 2014/174 на выполнение НИР (проект № 2336).