

## Способы и инструменты расчета параметров серверных компьютерных систем

**Аль-Абабнех Х., Анопrienко А.Я.**

Донецкий национальный технический университет

Кафедра компьютерной инженерии

E-mail: hasan71@in.com

### **Аннотация**

**Аль-Абабнех Х., Анопrienко А.Я. Способы и инструменты расчета параметров серверных компьютерных систем.** В данном докладе рассматриваются способы и инструменты на базе Excel и JavaScript для расчета параметров серверных компьютерных систем. В частности, рассматриваются модули для расчета отдельных параметров (времени отклика системы, количества обслуженных запросов, коэффициента использования, времени обслуживания и др.), модели нагрузки и способы, основанные на выявлении и использовании закономерностей динамических изменений в соотношениях стоимость/производительность.

### **Общая постановка проблемы**

При решении проблем, связанных с повышением эффективности серверных компьютерных систем приходится решать одну из следующих 2-х задач:

**Прямая задача:** при заданных характеристиках аппаратных средств (и вообще инфраструктуры) определить оптимальную и пиковую нагрузку.

**Обратная задача:** при заданной нагрузке определить требуемые характеристики инфраструктуры.

Обе задачи могут решаться как в статике, так и в динамике. В последнем случае речь может идти об определенных критических интервалах, для которых необходимо найти достаточно эффективное решение.

Соответственно можно вести речь о прямом методе решения задачи обеспечения эффективности, предполагающем расчет возможной нагрузки при заданных характеристиках аппаратных и программных средств, и обратном, позволяющем определить требования к аппаратным и программным средствам исходя из характеристик имеющейся и прогнозируемой нагрузки. На практике наиболее целесообразным является использование комбинированного метода, в рамках которого вначале определяется диапазон возможных нагрузок для некоторого набора характеристик инфраструктуры, а затем уточняются конкретные требования к аппаратным и программным средствам исходя из планируемой нагрузки.

В целом решение и прямой и обратной задачи является довольно нетривиальной проблемой, так как на результат влияет множество факторов, большинство из которых исследовались авторами на протяжении последнего десятилетия (см. публикации [1-13]). В данном докладе рассматриваются некоторые новые результаты полученные в последнее время и касающиеся проведения комплексных расчетов параметров серверных компьютерных систем на базе инструментов, созданных в средах Excel и JavaScript, а также - выявления и анализа основных закономерностей, определяющих динамику изменения соотношений стоимость/производительность для современных микропроцессоров. Эта динамика в решающей степени оказывает влияние на соотношение стоимость/производительность современных серверных компьютерных систем.

### **Модель для расчета параметров серверных компьютерных систем**

Для расчета параметров серверных компьютерных систем принята модель, представленная на рис.1.

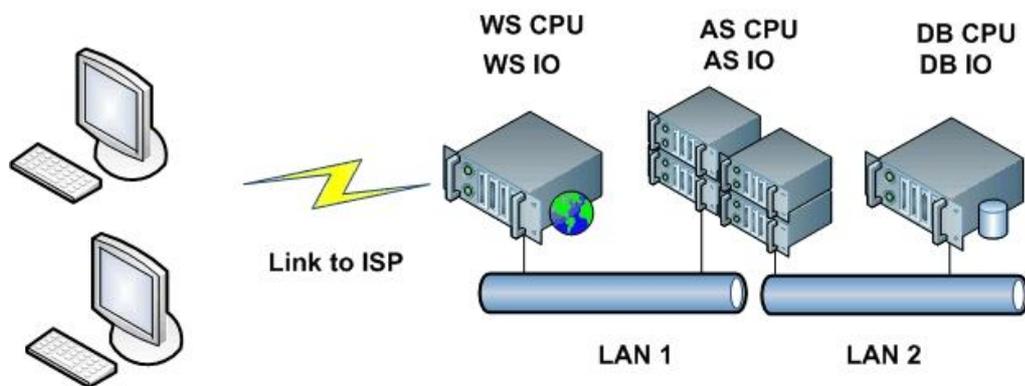


Рисунок 1 – Расчетная модель типичной серверной инфраструктуры.

Обозначения на рисунке приняты следующие: ISP – Internet Service Provider, обеспечивающий подключение серверного пула к глобальной инфраструктуре Интернет; LAN1 и LAN2 – локальные сети, обеспечивающие взаимодействие серверов, WS – Web-server, обслуживающий запросы по HTTP-протоколу; AS – Application-server, реализующий бизнес-логику серверного приложения; DB – DataBase-server, обеспечивающий работу с базами данных приложения. При этом CPU означает процессорную часть соответствующих серверов, а IO – подсистему ввода-вывода.

### Способы и инструменты расчета

На рисунке 2 показана реализация вычислительной модели, представленной на рис. 2, в среде Excel. При этом в качестве приложения используется серверной системы для электронной коммерции, ориентированной на торговлю автомобилями. Предлагаемый вариант расчетной модели предполагает возможность достаточного гибкого задания как параметров нагрузки, так и характеристик аппаратных средств.

Желтым цветом в таблице отмечены те значения, которые показывают критическую перегрузку соответствующих ресурсов. При представленной в таблице комбинации исходных значений необходимой и достаточной является серверная система, состоящая из одного веб-сервера, 4-х серверов приложений и 2-х серверов баз данных.

На рисунке 3 показана интерфейс реализации различных модулей для расчета параметров серверных компьютерных систем, реализованных средствами JavaScript. В большинстве случаев за основу взяты зависимости, представленные в работе [14].

Средствами JavaScript реализована также и вычислительная модель, представленная на рис. 2, для аналогичного примера серверной системы электронной коммерции, ориентированной на торговлю автомобилями. Данная модель предполагает возможность достаточного гибкого задания как параметров нагрузки, так и характеристик аппаратных средств (рис. 4).

Сравнивая оба варианта реализации, можно сделать вывод, что вариант в среде Excel является более гибким. Но версия на базе JavaScript, будучи размещенной на соответствующем сайте может обеспечить существенно более высокий уровень доступности инструментария и удобства его использования.

Производительность		1000	500	2500	2500	2000	1800	Пропускная способность				
		MIPS	MIPS	MIPS	MIPS	MIPS	MIPS	LAN 1	LAN 2	Link to ISP		
Базовое количество запросов		90 000						10	100	1,5		
запр/час								Mbps	Mbps	Mbps		
Время обслуживания одного запроса (мс)												
E-business Function	F	Кол-во запросов	WS CPU	WS IO	AS CPU	AS IO	DB CPU	DB IO	LAN 1	LAN 2	Link to ISP	Общее время
Выбор автомобиля	1	90 000	5.00	10.00	21.60	7.60	14.50	16.11	4.92	0.53	16.38	96.64
Выбор опций	2	85 500	4.80	9.60	19.20	19.20	24.00	26.67	3.28	0.35	12.01	119.11
Выбор цвета	3	63 000	4.70	9.40	19.20	11.20	14.00	15.56	2.87	0.33	12.01	89.27
Доп. сервис	4	36 000	5.10	10.20	21.20	9.20	11.50	12.78	2.95	0.49	11.47	84.89
Ввод перс. данных	5	3 600	30.50	7.00	12.20	12.20	0.00	0.00	6.55	0.00	32.77	101.22
Оплата	6	2 700	32.00	6.40	12.80	12.80	0.00	0.00	7.78	0.00	21.85	93.63
Заказ доставки	7	2 700	30.00	6.00	12.00	12.00	0.00	0.00	4.10	0.00	19.11	83.21
Доставка	8	2 700	31.00	6.20	12.40	12.40	15.50	17.22	8.19	0.90	43.69	147.51
Проверка состояния	9	1 800	5.20	10.40	8.84	8.84	11.05	12.28	2.05	0.23	27.31	86.19
Отмена заказа	10	900	5.30	10.60	9.20	9.20	11.50	12.78	2.46	0.26	30.04	91.33
Процент утилизации мощности			47.6%	77.3%	159.1%	98.1%	131.3%	145.8%	30.4%	3.3%	113.7%	
Процент утилизации мощности системы при распараллеливании												
Кэффициент эффективности распараллеливания											0,75	
Кол-во пар. комп.		WS CPU	WS IO	AS CPU	AS IO	DB CPU	DB IO					
1		47.6%	77.3%	159.1%	98.1%	131.3%	145.8%					
2		31.8%	51.6%	106.1%	65.4%	87.5%	97.2%					
4		15.9%	25.8%	53.0%	32.7%	43.8%	48.6%					
8		7.9%	12.9%	26.5%	16.3%	21.9%	24.3%					

Рисунок 2 - Реализация вычислительной модели серверной инфраструктуры в среде Excel

### СПОСОБЫ И АЛГОРИТМЫ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАДАННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕРВЕРНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ

Закон для времени отклика	Закон Литтла	Закон для потребности в обслуживании	Закон для коэффициента использования	Закон для формирования пропускной способности
law01_response_time_law	law02_littles_law	law03_maintenance_requirements	law04_Utilization_law	law05_Forced Flow Law
Время обслуживания одиночного диска	Время обслуживания на системе RAID-5 с пятью дисками	Старение и модернизация программного обеспечения	Время обслуживания в сетях	Расчет заданной пропускной способности
single disk	disk arrays	soft	time network	The calculation of a given bandwidth
Расчет требуемой пропускной способности	Параметры сетевого соединения	Сбор данных К	Модель пропускной способности протокола TCP	Сбор данных
Calculating the required bandwidth	Parameters of network connection	data_collection_Kom	model band width tcp	data collection

Рисунок 3 - Интерфейс модулей для расчета параметров серверных компьютерных систем, реализованных средствами JavaScript.

Пропускная способность			
Общий поток запросов, запр/ч	LAN 1, Мб/с	LAN 2, Мб/с	Link to ISP, Мб/с
20000	100	100	1.5

Время обслуживания одного запроса (мс)												
Функция Электронной коммерции	Коэффициент	Кол-во запросов	CPU WS	WS IO	AS CPU	AS IO	DB CPU	DB IO	LAN Мб/с 1,	LAN Мб/с 2,	Link to ISP, Мб/с	Полные требования
выбор автомобиля	0.2	4000	5.2	9.5	25	15	20	40	0.492	0.532	16.384	132.108
выбор опций	0.5	2000	4.8	8.5	18	14	13	20	0.328	0.352	12.015	90.995
выбор цвета	0.3	1200	4.9	8.2	13	12	13	20	0.287	0.328	12.015	83.729
доп.сервис	0.7	2800	5.1	8.4	12	10	13	20	0.295	0.492	11.469	80.755
ввод персональных данных	0.4	1600	32	15	16	30	0	0	0.655	0.000	32.768	126.423
оплата	0.8	3200	35	14	15	25	0	0	0.778	0.000	21.845	111.624
заказ доставки	0.9	3600	32	14	18	24	0	0	0.410	0.000	19.115	107.524
доставка	0.2	800	31	15	35	90	30	80	0.819	0.901	43.691	326.411
проверка состояния	0.6	2400	4.8	6.7	12	0	11	15	0.205	0.229	27.307	77.241
отмена заказа	0.6	2400	5.2	7.1	13	0	18	30	0.246	0.262	30.037	103.845
процент утилизации мощности			10.493	7.019	11.433	11.578	6.989	12.556	0.293	0.181	13.884	

Рисунок 4 - Реализация вычислительной модели серверной инфраструктуры средствами JavaScript.

### Анализ закономерностей в затратах на обеспечение заданной производительности

Очень важным моментом при выполнении расчетов серверных систем является минимизация затрат на обеспечение заданной производительности с учетом динамики довольно быстрых изменений и большого разнообразия процессоров и конфигураций серверных компьютеров. Исходя из гипотезы, что основным определяющим фактором в стоимости и производительности компьютерных систем являются соответствующие характеристики процессоров, были проанализированы соответствующие статистические данные (в частности, использованы работы [15, 16]). Проведенный анализ и обработка этих данных позволили выявить экспоненциальный характер зависимостей стоимость/производительность и определить основные параметры этих зависимостей (рис. 5 и 6). Кроме этого, было определено, что характер этой зависимости практически не меняется со временем и сдвигом соответствующей экспоненциальной кривой влево и вправо по шкале производительности можно получить соответственно зависимости для прошлых и будущих моментов времени, что особенно важно для корректного прогнозирования развития серверных компьютерных систем.

### Заключение и перспективы исследований

Проведенные исследования показали эффективность предложенного подхода на фоне относительной простоты его реализации, что позволяет признать целесообразной реализацию целого комплекса моделей, подобных описанной в данной работе, позволяющих производить достаточно точную оценку адекватности различных элементов сетевой инфраструктуры реальной и прогнозируемой нагрузке. Проведенные исследования показали, что одним из наиболее эффективных путей обеспечения эффективности реализации и развития компьютерных серверных систем является моделирование и расчет параметров на базе различных средств, в том числе на базе Excel и JavaScript. Достоинством разработанных модулей является гибкое задание параметров нагрузки и характеристик аппаратных средств, а также возможность прогнозировать изменение основных параметров.

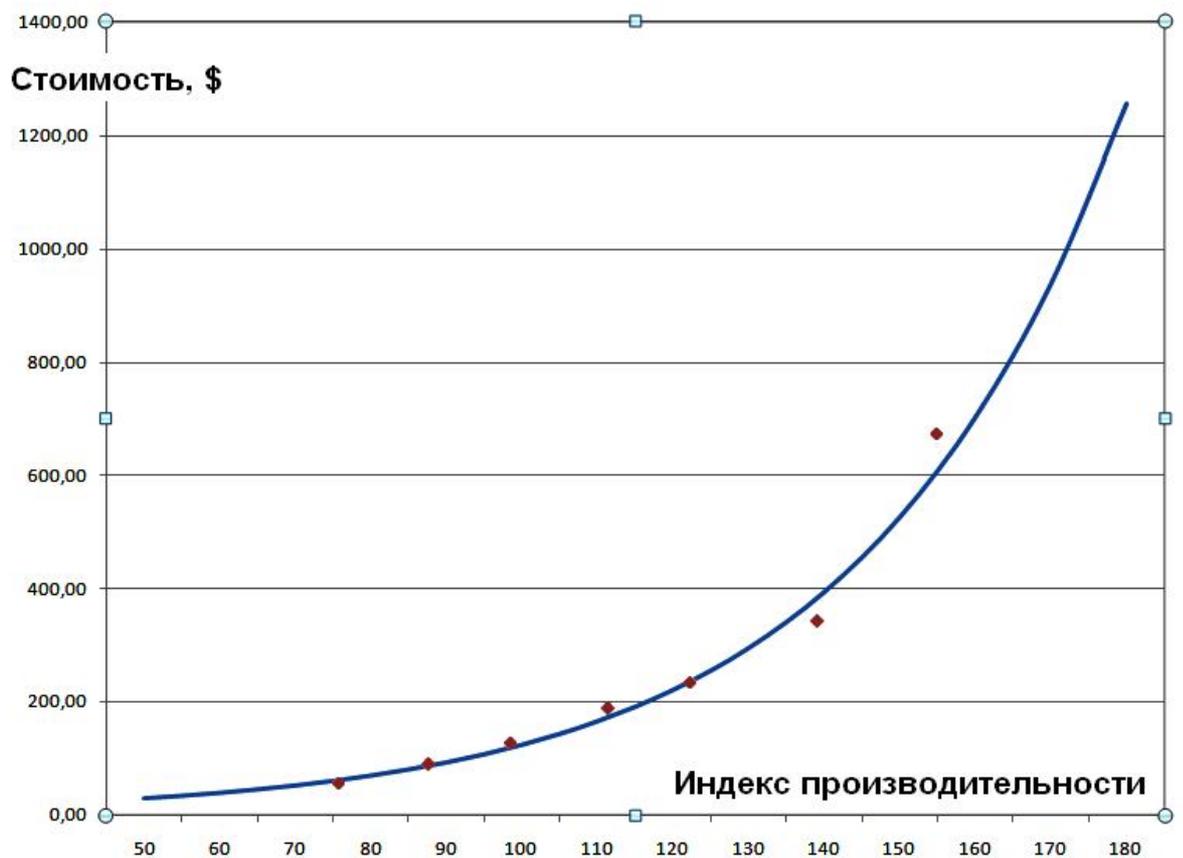


Рисунок 5 – Полученный график соотношения стоимость/производительность для наиболее эффективных процессоров [1] (экспериментальные значения представлены красными точками, по данным сайта iXBT.com на начало 2010 года [1])

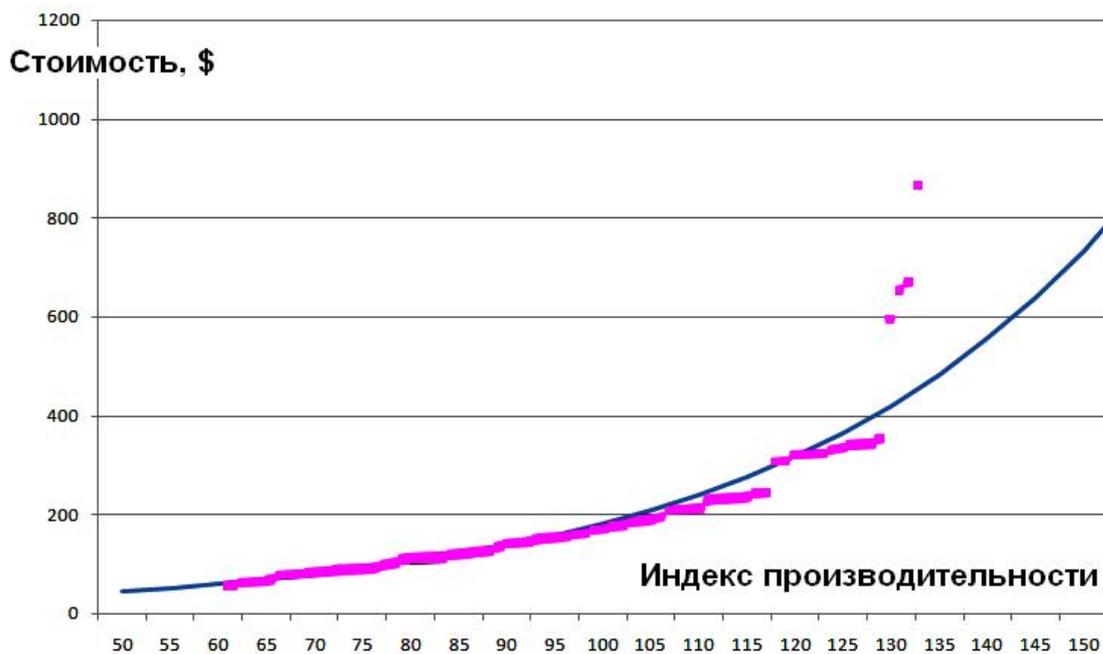


Рисунок 6 – Полученный график соотношения стоимость/производительность для всей выборки процессоров [1] (экспериментальные значения представлены красными точками, по данным сайта iXBT.com на начало 2010 года [1])

## *Литература*

1. Абабнех Х. Моделирование и обеспечение эффективности функционирования web-сервисов // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия: Информатика, кибернетика и вычислительная техника (ИКВТ-2005) выпуск 93: - Донецк: ДонНТУ, 2005. - С. 266-269.
2. Аноприенко А.Я., Абабнех Х., Рычка С.В. Моделирование сетевой инфраструктуры с целью повышения эффективности реализации Web-сервисов // Научные труды Донецкого государственного технического университета. Выпуск 29. Серия "Информатика, кибернетика и вычислительная техника" - 2005. - С. 312-319.
3. Аноприенко А.Я., Рычка С.В., Абабнех Х. Моделирование сетевой инфраструктуры с целью повышения эффективности реализации Web-сервисов // Научные труды Донецкого государственного технического университета. Выпуск 29. Серия "Информатика, кибернетика и вычислительная техника" - Донецк. - 2004. - С. 312-319.
4. Аноприенко О.Я., Дзьоба В.В., Конопльова Г.П., Аль-Абабнех Х. Grid-технології: розвиток, моделювання та перспективи постбінарного комп'ютіngu // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія "Інформатика, кібернетика і обчислювальна техніка". Випуск 10 (153) – Донецьк, ДонНТУ, 2009, с. 324-327.
5. Аноприенко А.Я., Аль Абабнех Хасан, Модели нагрузки в веб-ориентированных компьютерных сетях // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия "Проблемы моделирования и автоматизации проектирования динамических систем" (МАП-2008). Выпуск 7 (150): Донецк: ДонНТУ, 2008. С. 258-274.
6. Аноприенко А.Я., Аль Абабнех Хасан. Повышение эффективности Интернет-ориентированной сетевой инфраструктуры: Методы, задачи и инструменты // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия "Проблемы моделирования и автоматизации проектирования динамических систем" (МАП-2007). Выпуск 6 (127): Донецк: ДонНТУ, 2007. С. 228-233.
7. Anoprijenko A., John S., Al-Ababneh H. Simulation Tools and Services for Mobile Users: History, State-of-the-art and Future // Proceedings of the International Conference & Workshop on 3G GSM & Mobile Computing: An Emerging Growth Engine for National Development, 29-31 January, 2007. – College of Science and Technology, Covenant University, Canaan Land, Ota, Nigeria. 2007. P. 9-20.
8. Anoprijenko A., Ababneh Hasan, John Samuel Ndueso, Bandwidth usage maximization for enhancement of data exchange efficiency in TCP/IP-based networks // Informatics, Cybernetics and Computer Science (ICCS-2007). Scientific Papers of Donetsk National Technical University. Volume 8 (120). Donetsk, 2007. P. 331-339.
9. Аноприенко О.Я., Абабнех Х., Забровський С.В., Малихін В.О. Особливості реалізації розподіленого моделюючого середовища для дослідження складних динамічних процесів // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия "Проблемы моделирования и автоматизации проектирования динамических систем" (МАП-2006). Выпуск 5 (116): Донецк: ДонНТУ, 2006. С. 190-198.
10. Аноприенко А.Я., Абабнех Х., Джон С.Н., Рычка С.В. Исследование производительности и эффективности работы сети на базе комплексного использования средств компьютерного моделирования // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия "Проблемы моделирования и

автоматизации проектирования динамических систем" (МАП-2005). Выпуск 78: Донецк: ДонНТУ, 2005. С. 54-63.

11. Аноприенко А.Я., Рычка С.В., Абабнех Х. Способы и средства моделирования вычислительных сетей с целью обеспечения эффективности функционирования web-сервисов // Материалы первой международной научно-технической конференции «Моделирование и компьютерная графика», г. Донецк, 04-07 октября 2005 г., Донецк, 2005. С. 156-159.
12. Рычка С.В., Аноприенко А.Я., Хасан Аль Абабнех, Повышение производительности интернет-ориентированной сетевой инфраструктуры: модели, алгоритмы и методы // Материалы второй международной научно-технической конференции «Моделирование и компьютерная графика» 10—12 октября 2007 года, Донецк, ДонНТУ. – 2007. С. 326-330.
13. Аноприенко А.Я., Джон С.Н., Хасан Аль Абабнех. Моделирование сетевой инфраструктуры как компоненты распределенных моделирующих сред // «Информационные микропроцессорные системы» ИМПС–2003, 16-19 июня 2003 года, Таганрогский радиотехнический университет, Таганрог, 2003.
14. Менаске Д., Алмейда В. Производительность Web-служб. Анализ, оценка и планирование: Пер. с англ. – СПб: ООО «ДиаСофтЮП», 2003. – 480 с.
15. Михайлов А. Выбор наиболее выгодного процессора // LiveJournal, 2010, <http://mausan.livejournal.com/>
16. Итоги тестирования центральных процессоров по четвертой версии методики // <http://www.ixbt.com/cpu/cpu-2009-itogi.shtml>