

УДК 004.382

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

*Р.А. Учайкин, С.П. Орлов*

Самарский государственный технический университет  
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

E-mail: uchaykinra@yandex.ru, orlovsp1946@gmail.com

***Аннотация.** Рассматривается задача оценки эффективности компьютерного оборудования, используемого в проектных и конструкторских отделах крупного машиностроительного предприятия. Показано, что многообразие решаемых задач, различие конфигураций компьютеров и кадрового состава отделов затрудняет выявление функциональных связей между критериями эффективности и характеристиками вычислительной техники. Предложено использовать метод анализа среды функционирования – Data Envelopment Analysis, позволяющий проводить сравнительный анализ гетерогенных производственных единиц и определять направления достижения заданных показателей работы. В статье предложена системная модель отдела предприятия. В модели учитываются следующие параметры подразделений и компьютерной техники: число сотрудников, количество, номенклатура и производительность компьютеров, суммарная стоимость компьютерного оборудования, удельный объем выполняемых в отделе задач. Проведен анализ взаимного влияния различных входных и выходных параметров. Определены неэффективные подразделения и получены целевые значения их параметров, необходимые для дальнейшего повышения эффективности. На двухгодичном периоде с применением индекса Малмквиста выявлены прогрессирующие отделы и отделы, в которых снизилась эффективность компьютерной техники. Представлены графики и диаграммы, характеризующие рассматриваемые подразделения при различных условиях. Сделаны выводы по оснащению подразделений новой компьютерной техникой и перераспределению ресурсов.*

***Ключевые слова:** системный анализ, эффективность, использование компьютерной техники, анализ среды функционирования, индекс Малмквиста.*

### **Введение**

Задача оптимального использования компьютерной техники на промышленных предприятиях является одной из важнейших в информационных технологиях. Современное машиностроительное предприятие, выпускающее сложную технику, как правило, имеет в структуре комплекс проектных и конструкторских подразделений. Задачи таких отделов обусловлены как созданием новых образцов изделий, так и модернизацией выпускаемой продукции [1, 2].

В настоящее время широко используются средства автоматизации процессов проектирования и производства, представляющие собой сложные программные

---

*Учайкин Роман Александрович, аспирант.*

*Орлов Сергей Павлович (д.т.н., проф.), профессор кафедры «Вычислительная техника».*

системы, которые устанавливаются на мощные рабочие станции с высокой производительностью и большим объемом памяти.

В работах [3, 4] разрабатывались методы распределения средств вычислительной техники в информационных системах предприятий. Авторами данной статьи предложен подход к постановке задачи оптимизации распределения компьютерного оборудования на машиностроительном предприятии [5, 6]. Однако решение такой задачи требует предварительной оценки, насколько эффективно используется уже имеющаяся в подразделениях вычислительная техника. Сложность такой оценки состоит в том, что необходимо сравнивать отделы, разнородные по составу и компетенциям сотрудников, выполняемым проектам и номенклатуре используемой компьютерной техники. Известен метод анализа среды функционирования (Data Envelopment Analysis – DEA), который успешно применялся для сравнения разнородных предприятий [7, 8]. В дальнейшем перспективность метода DEA была подтверждена и в других задачах: использование финансовых ресурсов, анализ водообеспечения регионов, оценка эффективности программных систем и др. [9–11].

В данной статье рассматривается постановка и решение задачи формальной оценки эффективности использования компьютеров в отделах предприятия с целью планирования их оптимального распределения и эксплуатации.

### **Задача оценки использования компьютерной техники**

Основой эффективного управления средствами вычислительной техники является автоматический учет существующей номенклатуры средств компьютерной техники. Существуют программные средства, которые устанавливаются на компьютерах и автоматически выполняют мониторинг их характеристик: производительность процессора и видеокарт, использование памяти, загрузку подсистемы ввода-вывода др. Кроме штатных средств ОС Windows 8 и 10, наиболее распространены программы AIDA64, 3DMark, Cinebench, которые ориентированы на анализ работы графических приложений [12–14]. Это позволяет сформировать представительный набор параметров, использующийся для оценки эффективности работы компьютеров при выполнении проектных задач.

Метод DEA основывается на постановке задачи дробно-рационального программирования и сведении ее затем к задаче линейного программирования. Методология заключается в том, что на первом этапе определяется набор из  $n$  конструкторских и проектных отделов ( $DMU_i, i=1, \dots, n$ ) и векторы их входных параметров (входных факторов)  $x_i = (x_1^i, \dots, x_m^i)$  и выходных параметров  $y_i = (y_1^i, \dots, y_r^i)$ . Состав компьютеров в отделе, их конфигурации и характеристики напрямую влияют на способность выполнять проектные работы. Поэтому в векторы  $x_i$  и  $y_i$  должны входить как элементы показатели качества проектного процесса и параметры компьютерного оборудования. В результате образуются матрицы  $X$  размером  $m \times n$  и  $Y$  размером  $r \times n$ , которые содержат данные для дальнейшего анализа.

Измерение эффективности проводится путем нахождения оптимального взвешенного соотношения между выходными параметрами и входными факторами совокупности рассматриваемых DMU. При этом критерий эффективности наблюдаемого подразделения лежит на отрезке  $[0, 1]$ . Базовая модель CCR была предложена Чарнесом – Купером – Роудсом и направлена на нахождение границы эффективности в многомерном пространстве параметров DMU. Позиция объекта относительно границы дает возможность не только оценить его эффективность, но и найти величину изменений параметров, которые выводят объект на границу.

Используются две основные модели:

- $CCR_{output}$  -output-ориентированная модель, в которой целевая функция пытается пропорционально увеличить выходной параметр DMU в направлении границы эффективности;
- $CCR_{input}$  -input-ориентированная модель, в которой целевая функция пытается пропорционально уменьшить входной фактор DMU до границы эффективности.

В настоящей статье рассматривается деятельность конструкторских и проектных отделов при условии неизменности производственного плана предприятия в целом. Поэтому целесообразно находить искомые соотношения, изменяя входные параметры при сохранении требуемого уровня выходных параметров отделов. В связи с этим в качестве базовых моделей для исследования выбраны input-ориентированные модели.

Модель  $CCR_{input}$  с постоянным эффектом масштаба (CRS) представлена следующим образом:

$$\left. \begin{array}{l} \min_{\theta, \lambda} \theta, \\ -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ \lambda \geq 0, \end{array} \right\} \quad (1)$$

где  $\theta$  – интегральный критерий эффективности исследуемого подразделения;  
 $X$  – матрица входов;  
 $Y$  – матрица выходов;  
 $x_i$  и  $y_i$  – вектор-столбцы индивидуальных входов и выходов для  $i$ -го отдела в  $X$  и  $Y$  соответственно;

$\lambda$  – полуположительный вектор (фактор взвешивания),  $\lambda_i \geq 0, \forall i = 1, \dots, n$ .

В ВСС модели принимается переменный эффект масштаба (VRS). При этом изменение входного фактора может привести к непропорциональному изменению выходного параметра, и тогда большее число DMU может увеличить эффективность.

Эта модель отличается от модели (1) тем, что добавлено ограничение  $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$ , которое можно записать в виде  $e\lambda = 1$ , где  $e$  – вектор-строка с единичными элементами, а  $\lambda$  – вектор-столбец полуположительных значений.

Модель  $VCC_{output}$  представлена в виде

$$\left. \begin{array}{l} \min_{\theta_B, \lambda} \theta_B, \\ -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ \theta_B x_i - X\lambda \geq 0, \\ e\lambda = 1, \\ \lambda \geq 0. \end{array} \right\} \quad (2)$$

### **Оценка эффективности использования компьютерной техники в проектных и конструкторских отделах**

Будем рассматривать совокупность из двух конструкторских отделов К1 и К2 и трех проектных отделов П1, П2 и П3. Отделы оснащены компьютерами различ-

ной конфигурации и решают различные задачи, которые будут оцениваться условными объемами выполняемых операций.

Ключевые показатели эффективности KPI (Key Performance Indicators) в данном случае приняты следующие:

Y1 – суммарная стоимость компьютерной техники в отделе (тыс. рублей);

Y2 – удельный объем выполняемых задач на одного сотрудника.

Входные параметры оцениваемых подразделений описывают степень оснащения компьютерной техникой, сложность проектных и производственных процессов:

X1 – число сотрудников в подразделении;

X2 – количество компьютеров в подразделении;

X3 – средняя производительность компьютеров ( $\Gamma_{\text{флопс}}$ );

X4 – объем задач, выполняемых в подразделении;

X5 – количество графических рабочих станций конфигурации № 1;

X6 – количество графических рабочих станций конфигурации № 2;

X7 – количество персональных компьютеров инженерной конфигурации.

Приведенные выше параметры рассматриваются за годовой период. В табл. 1 и 2 приведены значения параметров за два года. Это позволяет применить методику DEA для оценки развития отделов, в частности определить индекс Малмквиста для анализа изменений эффективности в течение времени.

Таблица 1

**Входные параметры для оценки конструкторских и проектных отделов в период 2017 и 2018 гг.**

Входные параметры	К1		К2		П1		П2		П3	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
X1	40	44	32	29	40	51	90	81	44	54
X2	48	52	32	27	40	54	82	93	45	59
X3	6886	7213	4800	4762	6455	7705	10200	11891	7550	8890
X4	5	7	5	5	8	15	10	12	12	16
X5	13	15	5	5	9	20	30	30	20	25
X6	23	25	12	12	23	20	39	50	11	15
X7	12	12	15	15	8	14	13	13	14	19

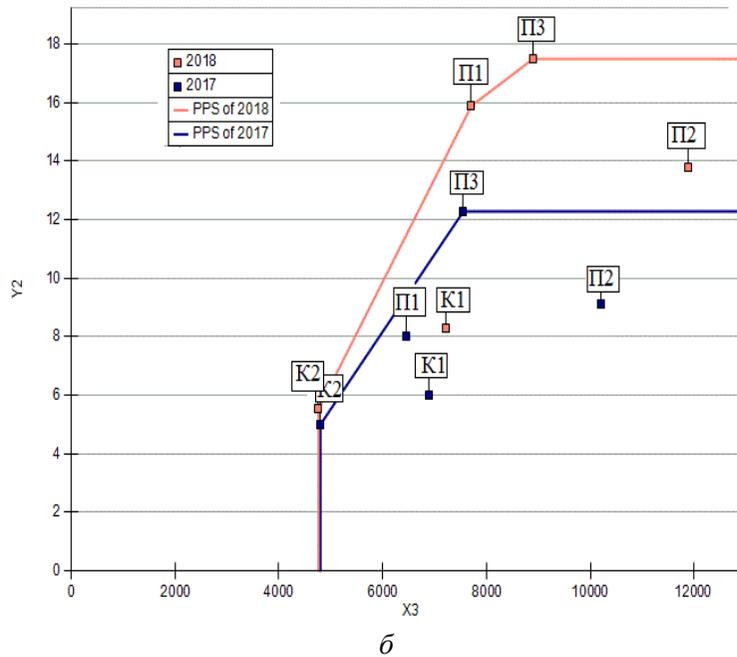
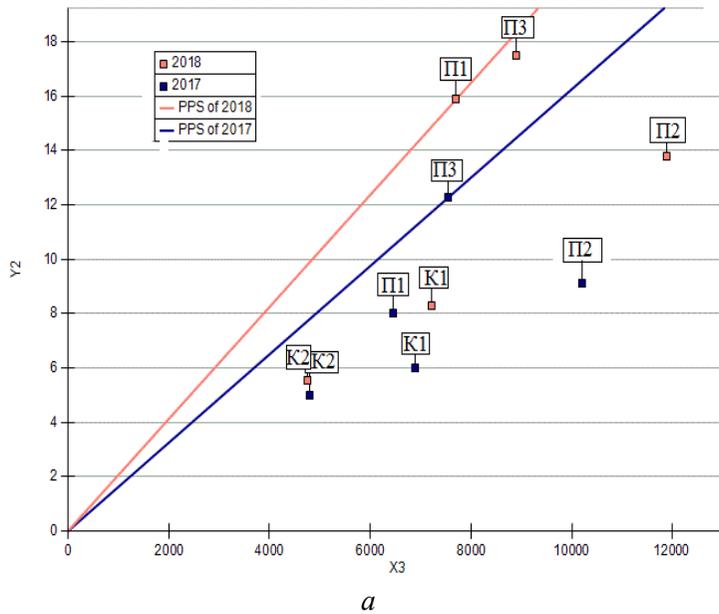


Рис. 1. Диаграмма положения отделов относительно границ эффективности в зависимости от удельных объемов выполняемых задач ( $Y_2$ ) и производительности компьютеров ( $X_3$ ):  
 а – модель  $CCR_{input}$  с NDRS и суперэффективностью;  
 б – модель  $BCC_{input}$  с VRS

**Выходные параметры для оценки конструкторских и проектных отделов в период 2018 и 2019 гг.**

Выходные параметры	DMU									
	K1		K2		П1		П2		П3	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
Y1	3664	4040	2280	2355	3192	4000	6310	7420	3075	4140
Y2	6	8,27	5	5,52	8	15,88	9,11	13,78	12,27	17,48

В процессе проведенных исследований была использована программа PIM DEASoft версии 3 [15], которая выполняет решение задач линейного программирования для моделей CCR и BCC различных модификаций [8]:

- с постоянным эффектом масштаба (CRS);
- с переменным эффектом масштаба (VRS);
- с неуменьшаемым эффектом масштаба (NDRS);
- с применением анализа суперэффективности;
- с использованием переменной резерва.

Исследование эффективности проектных и конструкторских отделов предприятия проводилось на input-ориентированной модели CCR<sub>input</sub> с неуменьшаемым эффектом масштаба NDRS, а также на модели BCC<sub>input</sub> с VRS. При этом использовался режим нахождения границы суперэффективности Simple Super Efficiency.

Метод DEA предполагает построение границы эффективности в виде поверхности в многомерном пространстве входных и выходных параметров. В нашем случае это девятимерное пространство, и граница образована пересечением гиперплоскостей. Для удобства анализа программа PIM DEASoft предоставляет возможность анализировать различные сечения этого пространства параметров:

- один вход – один выход;
- два входа – один выход;
- два выхода – один вход.

Различие моделей CCR с постоянным эффектом масштаба и BCC с переменным эффектом масштаба иллюстрируется на рис. 1, где показана связь входа X3 (производительность компьютеров) с выходом Y2 (удельный объем выполняемых задач).

В первом случае (рис. 1 а) в 2017 году граница эффективности образуется отделом П3, а в 2018 году – отделом П1. Используя модель BCC, можно повышать эффективность путем непропорционального изменения входных параметров. На рис. 1 б для 2017 года граница образована отделами К2 и П3, а в 2018 году – отделами К2, П1 и П3. Очевидно, что наименее эффективны те отделы, которые расположены далеко от границы: конструкторский отдел К1 и проектный отдел П2.

#### **Анализ результатов моделирования по методу DEA**

Проведенное исследование позволяет определить стратегию развития конструкторских и проектных отделов предприятия в следующих аспектах:

- оптимизация численности сотрудников в соответствии с объемом задач;
- определение необходимого количества компьютерной техники для выполнения задач в отделе и уточнение числа различных конфигураций компьютеров;
- перераспределение компьютерного оборудования между отделами;
- увеличение или уменьшение загрузки отделов в целом и оптимизация удельного объема выполняемых задач на одного сотрудника.

Моделирующая программа DEA представляет графическую информацию в виде диаграмм расположения параметров отделов в многомерном пространстве. Имеется возможность анализировать все объекты и различные сочетания входных и выходных параметров. В данной статье рассмотрен пример анализа эффективности для конструкторского отдела К2.

На рис. 2 изображены две границы эффективности (2017 и 2018 гг.), при этом во внимание принимаются значения:  $X_1$  – число сотрудников в отделе,  $Y_1$  – суммарная стоимость компьютеров,  $Y_2$  – удельный объем задач в отделе. Отделы, расположенные на границах, являются эффективными на рассматриваемых периодах. В 2017 году это были отделы К1 и П3, а в 2018 году – отделы К1 и П1, П2, П3. В то же время отдел К2 не улучшил свое положение, несмотря на увеличение числа сотрудников в 2018 году.

Показателен также результат для входного параметра  $X_7$  – число компьютеров инженерной (облегченной) конфигурации (рис. 3). Видно, что выходные параметры отдела К2 практически не изменились, но расстояние до границы эффективности в 2018 году увеличилось.

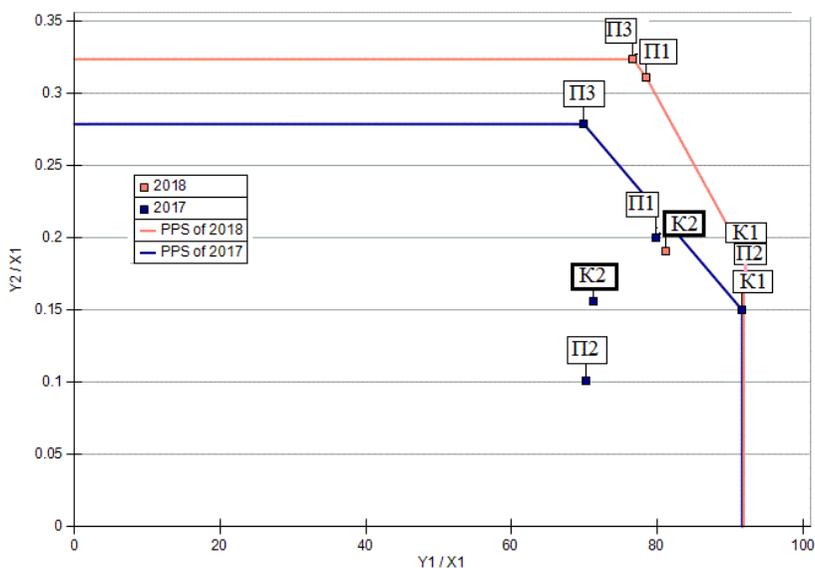


Рис. 2. Положение отдела К2 относительно границ эффективности в 2017 и 2018 гг. в зависимости от параметров  $X_1$ ,  $Y_1$  и  $Y_2$

Можно сделать вывод о неэффективности использования в отделе К2 маломощных инженерных компьютеров.

Для вывода отдела К2 на границу эффективности следует изменить ряд параметров. На рис. 4 показана граница для отделов в 2018 году в плоскости параметров:  $Y_2$  – удельный объем выполняемых задач и  $X_7$  – количество инженерных компьютеров.

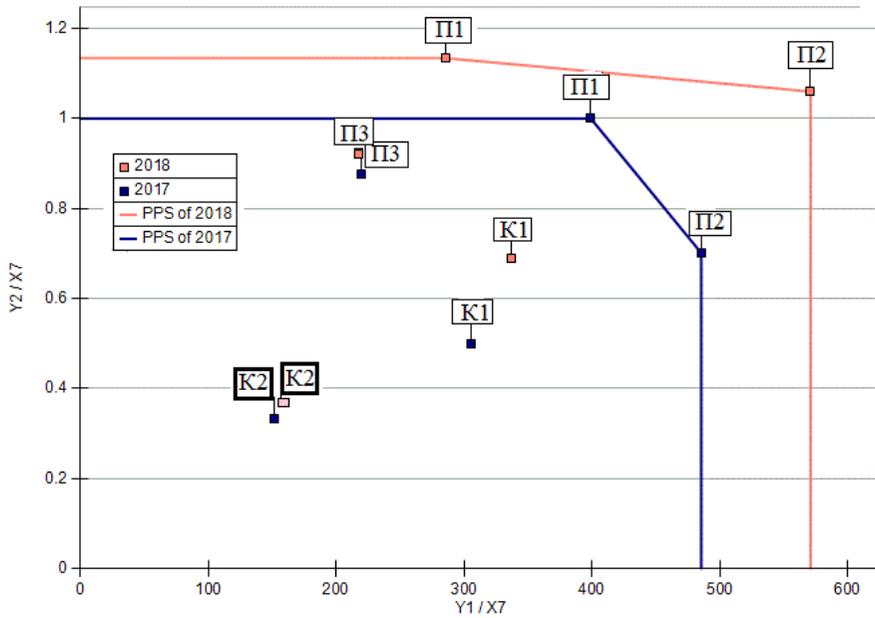


Рис. 3. Положение отдела К2 относительно границ эффективности в 2017 и 2018 гг. в зависимости от параметров  $X_7$ ,  $Y_1$  и  $Y_2$

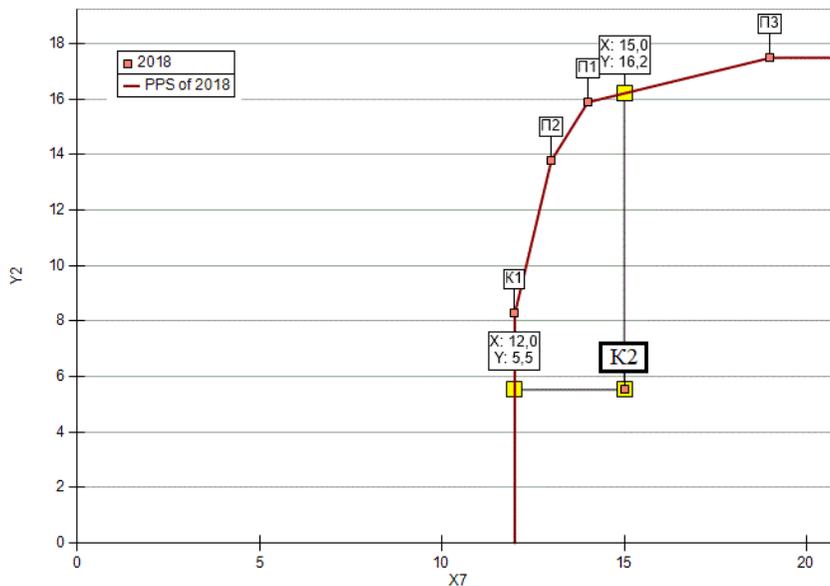


Рис. 4. Целевые изменения параметров  $X_7$  и  $Y_2$  отдела К2 для выхода на границу эффективности

Координаты положения К2 на границе показывают, какие целевые изменения могут быть сделаны. Первый вариант – уменьшить число компьютеров с 15 до 6 при неизменном объеме выполняемых работ. Второй вариант – оставить то же количество маломощных компьютеров и значительно загрузить отдел новыми задачами ( $Y_2=16$ ). При этом удельный объем задач должен возрасти почти в 3 раза. Второй вариант в условиях существующей производственной программы предприятия нереален, в связи с этим принимается первый вариант.

Аналогичная информация имеется и для других отделов предприятия, что позволяет получить данные о целевых значениях всех параметров всех рассматриваемых отделов.

### Анализ эффективности подразделений в различные периоды времени

Были рассмотрены два периода развития отделов: 2017 и 2018 годы. Для оценки прогресса отделов рассчитывался индекс Малмквиста.

Индекс Малмквиста для input-ориентированной ССR модели формируется следующим образом:

$$MI(y_{t+1}, x_{t+1}, y_t, y_t) = \frac{D_{CRS}^{t+1}(y_{t+1}, x_{t+1})}{D_{CRS}^t(y_t, x_t)} \left[ \frac{D_{CRS}^t(y_{t+1}, x_{t+1})}{D_{CRS}^{t+1}(y_{t+1}, x_{t+1})} \times \frac{D_{CRS}^t(y_t, x_t)}{D_{CRS}^{t+1}(y_t, x_t)} \right]^{1/2}, \quad (3)$$

где  $x_t$  и  $x_{t+1}$  – входные векторы;

$y_t$  и  $y_{t+1}$  – выходные векторы в периоды  $t$  и  $t+1$ ;

$D_{CRS}^t, D_{CRS}^{t+1}$  – input-ориентированные функции дистанции по отношению к технологии производства в периоды времени  $t$  и  $t+1$ .

CRS показывает, что рассматривается постоянный эффект масштаба. Функции дистанции определяются по методике, изложенной в работах [7, 16].

Индекс Малмквиста (3) может быть также представлен в виде произведения

$$MI = EC \times TC,$$

где TC – технические изменения (технический прогресс на двух периодах времени);

EC – изменение эффективности.

В табл. 3 приведены полученные значения MI, TC и EC.

Таблица 3

### Индекс Малмквиста для конструкторских и проектных отделов (2017–2018 гг.)

DMU	TC	EC	TFPG(MI)
K1	0,96	1	0,96
K2	0,82	1	0,82
П1	0,95	1	0,95
П2	1,1	1	1,1
П3	1,23	1	1,23

Величина индекса  $MI > 1$  свидетельствует о прогрессе в производительности рассматриваемого DMU в период от  $t$  до  $t+1$ , тогда как  $MI = 1$  или  $MI < 1$  соответствуют неизменному состоянию или снижению фактора производительности.

Это подтверждает сделанный ранее вывод о неэффективном использовании компьютерной техники в некоторых отделах (К1, К2, П1) при переходе от 2017 к 2018 гг.

В результате анализа на PIM DEA моделях были получены целевые значения параметров отделов, которые необходимо реализовать для повышения эффективности использования компьютерного оборудования (табл. 4). В таблице приняты обозначения: «Цель» – значение параметра, которое следует планировать;  $\delta$  – процентная величина изменения данного параметра по отношению к существующему значению.

Таблица 4

**Целевые значения параметров отделов по результатам анализа CCR модели эффективности в 2018 г.**

Входные параметры	К1		К2		П1		П2		П3	
	Цель	$\delta, \%$	Цель	$\delta, \%$	Цель	$\delta, \%$	Цель	$\delta, \%$	Цель	$\delta, \%$
X1	46	4,7	27	-6,15	55	7,37	81	0	56	3,9
X2	49	-5,3	30	14	60	12	95	2,7	59	0
X3	7051	-2,2	4160	-12,6	8800	14	13247	11,4	8481	-4,6
X4	7	0	6	8	14	-4	13	7,14	16	0
X5	16	11	11	9,4	24	21	27	-8,17	22	-11,9
X6	25	0	14	13,8	19	-3,6	46	-8,1	22	46,7
X7	13	11	6	-60	17	21	22	69,5	15	-18,9
Y1	4040	0	2355	0	4377	9,45	7420	0	4403	6,35
Y2	8,27	0	6,05	9,6	16	0	15	10,2	17,48	0

В частности, для рассмотренного ранее конструкторского отдела К2 имеем следующий план развития:

- уменьшение числа сотрудников с 29 до 27 человек;
- уменьшение количества маломощных компьютеров до 6 шт.;
- увеличение числа компьютеров с повышенной производительностью до 25 шт. (дополнительно 3 графические станции) при сохранении суммарной стоимости техники Y1;
- увеличение числа выполняемых задач и, следовательно, увеличение удельного объема работ Y2.

Решение для системной модели DEA в виде табл. 4 дает информацию для планирования распределения ресурсов. Рассмотрим обеспеченность всех отделов компьютерами с одинаковыми конфигурациями. Введем переменную, описывающую резерв компьютерной техники:

$$R^m = -\sum_{n=1}^N d_n^m, \quad m \in \{5, 6, 7\},$$

где  $d_n^m$  – целевое изменение единиц ресурсов (X5, X6 или X7);  
 $N$  – количество отделов.

Если  $R^m = 0$ , то возможно перераспределение ресурсов между отделами, при  $R^m < 0$  следует приобретать оборудование, а при  $R^m > 0$  образуется резерв.

Анализ табл. 4 показывает, что  $R^5 = R^7 = 0$ , а  $R^6 = -4$ . Таким образом, компьютерные графические станции с конфигурацией № 1, а также инженерные компьютеры могут быть перераспределены между отделами без приобретения новой техники. Графические станции с конфигурацией № 2 перераспределяются между отделами П1, П2 и П3, причем необходимо приобрести еще 4 компьютера.

### Заключение

Разработанная системная модель обеспечивает достоверную оценку использования компьютерной техники в конструкторских и проектных отделах предприятия. Важным результатом является применимость подхода к анализу разнородных подразделений. Полученные с помощью модели данные об использовании компьютеров и рациональном изменении структуры компьютерного обеспечения отделов служат основой для постановки и решения задачи оптимизации распределения средств вычислительной техники с учетом большего числа параметров и ограничений [5]. Методика позволяет повысить эффективность использования вычислительной техники и снизить затраты на эксплуатацию. Предложенный подход может быть использован для сравнительной оценки влияния других факторов, определяющих производительность подразделений крупного предприятия.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильев Р.Б., Калянов Г.Н., Лёвочкина Г.А. Управление развитием информационных систем. М.: ИНТУИТ, 2016. 507 с.
2. Mosleh M., Ludlow P., Heydari B. Resource allocation through network architecture in systems of systems: A complex networks framework. Proc. of the 2016 Annual IEEE Systems Conference (SysCon), Orlando, FL, USA. IEEE Xplore. 2016. P. 1–5.
3. Аюад М., Бориц В.В., Лазаренко А.В., Минин Ю.В. Оптимизационные задачи выбора и распределения ресурсов в информационных системах // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2014. № 1. С. 43–46.
4. Дидрих В.Е., Дидрих И.В., Громов Ю.Ю., Ивановский М.А. Задача распределения ресурсов в сетевой информационной системе // Вестник Тамбов. гос. техн. ун-та. 2016. Т. 22. № 4. С. 541–549.
5. Учайкин Р.А., Орлов С.П. Задача распределения средств вычислительной техники на машиностроительном предприятии // Вестник Самарского гос. техн. ун-та. Сер. Технические науки. 2019. Вып. 4 (69). С. 84–98.
6. Учайкин Р.А., Орлов С.П. Автоматизированное управление использованием средств вычислительной техники на машиностроительном предприятии // Математические методы в технике и технологиях: сб. тр. междунар. науч. конф. Т. 12: в 3 ч. Ч. 2 / под общ. ред. А.А. Большакова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2019. – С. 81–87.
7. Cooper W.W., Seiford L.M., Tone K. Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software. 2nd Edn. Springer Science + Business Media, 2007. 492 p.
8. Cooper W.W., Seiford L.M., Zhu J. Data Envelopment Analysis: History, Models, and Interpretations. Handbook on Data Envelopment Analysis. Springer, Boston, MA, 2011, pp. 1–39.
9. Пискунов А.А., Иванюк И.И., Лычев А.В., Кривоножко В.Е. Использование методологии АСФ для оценки эффективности расходования бюджетных средств на государственное управление в субъектах Российской Федерации // Вестник АККОР. 2009. № 2. С. 28–36.
10. Нечаев Д.А., Орлов С.П. Комплексная оценка и классификация объектов водоснабжения регионов // Вестник Самарского гос. техн. ун-та. Сер. Технические науки. 2013. Вып. 1(37). С. 14–21.
11. Рыбакова И.А., Орлов С.П. Сравнительный анализ эффективности использования предприятиями CRM-систем // Вестник Самарского гос. техн. ун-та. Сер. Технические науки. 2018. Вып. 1 (57). С. 31–37.
12. AIDA64. URL: <https://www.aida64.com/products/aida64-engineer> (дата обращения 08.12.2019).
13. 3DMark. URL: <https://benchmarks.ul.com/3dmark> (дата обращения 23.11.2019).
14. Cinebench. URL: <https://www.maxon.net/en-gb/products/cinebench-r20-overview> (дата обращения 01.12.2019).

15. PIM-DEA. URL: <http://www.deasoftware.co.uk/> (дата обращения 21.10.2019).
16. Лиссунца А., Бабичева Т. Теоретические основы анализа продуктивности и эффективности сельскохозяйственных предприятий // Discussion paper. Institute of Agricultural Development in Central and Eastern Europe. Halle (Saale), Deutschland. 2003. No. 49. 39 p.

*Статья поступила в редакцию 13 января 2019 года*

## **COMPARATIVE EVALUATION OF COMPUTER EQUIPMENT EFFICIENCY IN THE DEPARTMENTS OF INDUSTRIAL ENTERPRISE**

***R.A. Uchaykin, S.P. Orlov***

Samara State Technical University  
244, Molodogvardeyskaya St., Samara, 443100, Russian Federation

**Abstract.** *The paper considers the task of assessing the effectiveness of computer equipment used in the design and design departments of a large engineering company. It is shown that the variety of tasks to be solved, the difference between computer configurations and departmental staff makes it difficult to identify functional links between the efficiency criteria and the characteristics of computing. It is proposed to use the analysis method of the operating environment - Data Envelopment Analysis, which allows to conduct a comparative analysis of heterogeneous production units and determine the directions of achieving the specified performance. The article proposes a system model of the company's department. The model takes into account the following parameters of units and computer equipment: the number of employees, the number, the item and performance of computers, the total cost of computer equipment, the specific amount of tasks performed in the department. An analysis of the mutual influence of different entrance and output parameters has been carried out. Non-performing units have been identified and the targets for their parameters are set to further improve efficiency. During the biennium, with the use of the Malmqvist index, progressive departments and departments in which the efficiency of computer technology decreased were identified. Graphs and diagrams of the units in the question are presented under different conditions. Conclusions on providing units with new computer equipment and reallocating resources have been drawn.*

**Keywords:** *system analysis, efficiency, use of computer equipment, Data Envelopment Analysis, Malmquist index.*

### REFERENCES

1. Vasilev R.B., Kalianov G.N., Levochkina G.A. Upravlenie razvitiem informatsionnykh sistem [Information systems development management]. Moscow, INTUIT, 2016. 507 p. (In Russian).
2. Mosleh M., Ludlow P., Heydari B. Resource allocation through network architecture in systems of systems: A complex networks framework. *Proc. of the 2016 Annual IEEE Systems Conference (SysCon)*, Orlando, FL, USA. IEEE Xplore. 2016. Pp. 1–5.
3. Auad M., Borshch V.V., Lazarenko A.V., Minin Y.V. Optimization problems of the selection and distribution of resources in information systems. *Pribory i sistemy. Upravlenie, control, diagnostika*. 2014. No. 1. Pp. 43–46 (In Russian).
4. Didrikh V.E., Didrikh I.V., Gromov Y.Y., Ivanovskii M.A. The task of resource allocation in a network information system. *Vestnik Tambov. gos. tekhn. un-ta*. 2016. Vol. 22. no. 4. Pp. 541–549. (In Russian).

---

*Roman A. Uchaykin, Postgraduate Student.  
Sergey P. Orlov (Dr. Sci. (Techn.)), Professor.*

5. *Uchaykin R.A., Orlov S.P.* The problem of computer equipment distribution using at the machine-building enterprise. *Vestnik Samar. gos. tekhn. un-ta. Ser. Tekhn. nauki.* 2019. Vol. 4(69). Pp. 84–98. (In Russian).
6. *Uchaykin R.A., Orlov S.P.* Automated management of the use of computer technology at a machine-building enterprise. *Matematicheskie metody v tekhnike i tekhnologiiakh. Proc. Int. Sci. conf.* Saint-Petersburg. 2019. Vol. 12(2). Pp. 81–87. (In Russian).
7. *Cooper W.W., Seiford L.M., Tone K.* Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software. 2nd Edn. Springer Science + Business Media, 2007. 492 p.
8. *Cooper W.W., Seiford L.M., Zhu J.* Data Envelopment Analysis: History, Models, and Interpretations. Handbook on Data Envelopment Analysis. Springer, Boston, MA, 2011, pp. 1–39.
9. *Piskunov A.A., Ivaniuk I.I., Lychev A.V., Krivonozhko V.E.* Using the ASF methodology to assess the effectiveness of budget spending on public administration in the constituent entities of the Russian Federation. *Vestnik AKSOR.* 2009. Vol. 2. Pp. 28–36. (In Russian).
10. *Nechaev D.A., Orlov S.P.* Comprehensive assessment and classification of objects of water supply in the region. *Vestnik Samar. gos. tekhn. un-ta. Ser. Tekhn. nauki.* 2013. Vol. 1(37). Pp. 14–21. (In Russian).
11. *Rybakova I.A., Orlov S.P.* Comparative analysis the efficiency of CRM for companies. *Vestnik Samar. gos. tekhn. un-ta. Ser. Tekhn. nauki.* 2018. Vol. 1(57). Pp. 31–37. (In Russian).
12. AIDA64. URL: <https://www.aida64.com/products/aida64-engineer> (accessed 08.12.2019).
13. 3DMark. URL: <https://benchmarks.ul.com/3dmark> (accessed 23.11.2019)
14. Cinebench. URL: <https://www.maxon.net/en-gb/products/cinebench-r20-overview> (accessed 01.12.2019).
15. PIM-DEA. URL: <http://www.deasoftware.co.uk/> (accessed 21.10.2019)
16. *Lissitsa A., Babiéceva T.* Theoretical foundations of the analysis of the productivity and efficiency of enterprises. Discussion paper. Institute of Agricultural Development in Central and Eastern Europe. Halle (Saale), Deutschland. 2003. No. 49. 39 p. (In Russian).