

УДК 378.4

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ВОСТРЕБОВАННОСТИ РАБОТОДАТЕЛЯМИ ВЫПУСКНИКОВ САМАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА НА ОСНОВЕ РЕЙТИНГА «ЭКСПЕРТ РА»

© 2017 П.А. Голованов, Е.П. Тупоносова

Самарский государственный технический университет

Статья поступила в редакцию 27.03.2017

В статье рассмотрен российский рейтинг вузов «Эксперт РА». Проанализированы его основные показатели и методика его составления. Описаны показатели рейтинга для Самарского государственного технического университета (СамГТУ) по годам. Построены математические модели на основе производственной функции в форме Кобба-Дугласа для СамГТУ и построен прогноз.

Ключевые слова: *рейтинг «Эксперт РА», показатель, качество образования, уровень научно-исследовательской активности, уровень востребованности, работодатель, производственная функция, прогноз*

Одним из широко используемых в России оценочным инструментом качества подготовки выпускников является рейтинг ВУЗов «Эксперт РА». Интегральная оценка университета определяется параметрами образовательной и научно-исследовательской деятельности и качественными характеристиками, отражающими мнение ключевых референтных групп: работодателей, представителей академических и научных кругов, а также студентов и выпускников вузов [1]. Сбор статистической информации проводится по результатам опросов с участием 4000 респондентов. В методике рейтинга учитывалось мнение представителей ведущих вузов России. По итогам анализа данных формируется итоговый список 100 лучших университетов страны. Вузы ранжируются в порядке убывания значения рейтингового функционала. Рейтинг проводится с 2012 г. раз в год. Предусмотрены различные анкеты для следующих лиц: Студент; Выпускник; Представитель академического сообщества; Представитель науки; Работодатель; Представитель компании.

Источниками данных для составления рейтинга является: анкетирование вузов; экспертные опросы представителей референтных групп, официальная отчетность вузов; данные, размещенные на интернет-сайтах вузов. Определение рейтингового функционала рассчитывается на основе анализа следующих интегральных факторов, представленных в табл. 1 (в ней также указаны веса каждого фактора) [2]. Чем меньше значение рейтингового функционала, тем более высокое место занимает вуз. Лидирующую позицию на протяжении всего периода существования рейтинга занимает Московский государственный университет имени Ломоносова (МГУ) [3].

Голованов Павел Александрович, старший преподаватель кафедры «Управление и системный анализ теплоэнергетических и сиоотехнических комплексов». E-mail: usat@samgtu.ru

Тупоносова Елена Павловна, старший преподаватель кафедры «Высшая математика и прикладная информатика». E-mail: alenushka1982@inbox.ru

Алгоритм расчета рейтингового функционала состоит в следующем[4]:

- В соответствии с результатами экспертного опроса слушателей формируется список 100 ВУЗов, качество образования которых наиболее оценено наиболее высоко.
- По каждому из 100 ВУЗов формируется массив показателей в соответствии с предложенной системой оценки.
- По каждому показателю рассчитывается среднее по 100 ВУЗам значение (простое среднее арифметическое).
- Показатель каждого конкретного ВУЗа сравнивается со средним значением данного показателя для всех ВУЗов, по итогам сравнения конкретный показатель каждого ВУЗа оценивается по балльной шкале.
- Исходя из присвоенных балльных оценок по каждому из показателей, рассчитывается значение интегрального рейтингового фактора.
- Исходя из значений интегральных рейтинговых факторов и присвоенных им весовых коэффициентов (веса: качество образования – 0,5, востребованность работодателем – 0,3, научная и инновационная активность – 0,2) рассчитывается средневзвешенное значение рейтингового функционала.
- 100 ВУЗов ранжируются в порядке убывания значения рейтингового функционала

Рассмотрим показатели рейтинга «Эксперт РА» для СамГТУ. В табл. 2 представлены значения по рейтингу «Эксперт РА» для СамГТУ с 2012 по 2016 гг., а на рис. 1 – позиции СамГТУ в рейтинге [5, 6]. Позиции вуза улучшаются с каждым годом. В 2012 г. СамГТУ был на 84 месте, в 2013 – на 73, 2014 – 56, 2015 – 54 и в 2016 году вуз уже занимает 52 позицию.

Построим модель востребованности работодателями специалистов, выпускаемых СамГТУ (рис. 2). В качестве входных факторов будем использовать показатель качества образования и уровень научно-исследовательской активности, выходом будем считать уровень востребованности работодателями. Для построения модели будем использовать данные из рейтинга «Эксперт РА».

Таблица 1. Веса факторов рейтинга «Эксперт РА»

Качество образования в ВУЗе				Уровень востребованности работодателями выпускников ВУЗа		Уровень научно-исследовательской активности ВУЗа		
0,5				0,3		0,2		
уровень преподавания	международная интеграция	ресурсное обеспечение	востребованность среди абитуриентов	качество карьеры выпускников	сотрудничество с работодателями	инновационная активность	научные достижения	инновационная инфраструктура
0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,3	0,2

Таблица 2. Показатели рейтинга «Эксперт РА» для СамГТУ по годам

Год	Качество образования	Научно-исследовательская активность	Востребованность работодателями
2012	108	75	44
2013	113	66	29
2014	92	56	25
2015	100	49	23
2016	76	66	29

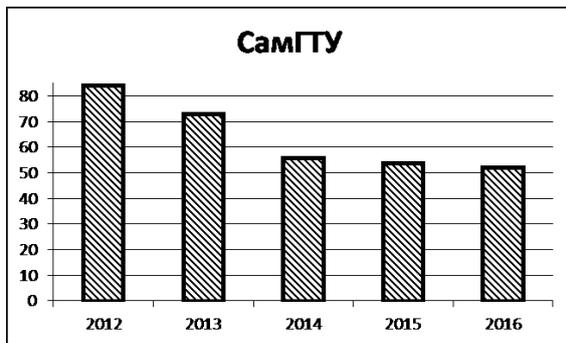


Рис. 1. Позиции СамГТУ в рейтинге «Эксперт РА»

Построим модель востребованности работодателями специалистов, выпускаемых СамГТУ (рис. 2). В качестве входных факторов будем использовать показатель качества образования и уровень научно-исследовательской активности, выходом будем считать уровень востребованности работодателями. Для построения модели будем использовать данные из рейтинга «Эксперт РА».

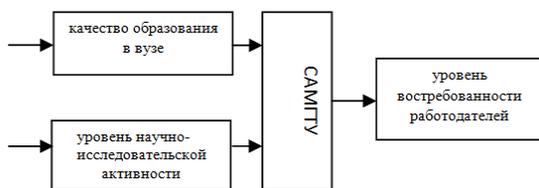


Рис. 2. Модель востребованности выпускников работодателями

Построим модель с учетом влияния указанных факторов на основе производственной функции (ПФ) в форме Кобба–Дугласа:

$$Y = AK^\alpha V^\beta \quad (1)$$

где Y – уровень востребованности выпускников СамГТУ в расчетный год работодателями; K – показатель качества образования; V – уровень научно-исследовательской активности; A – масштабный коэффициент; α, β – функции эластичности.

Преобразуем исходные данные в обратные величины по формуле (2):

$$K_1 = \frac{1}{K}; V_1 = \frac{1}{V}; Y_1 = \frac{1}{Y} \quad (2)$$

где Y_1 – обратная величина уровня востребованности выпускников СамГТУ в расчетный год работодателями; K_1 – обратная величина показателя качества образования; V_1 – обратная величина уровня научно-исследовательской активности.

Исходная модель (1) на основе ПФ в форме Кобба–Дугласа примет следующий вид:

$$Y_1 = AK_1^\alpha V_1^\beta \quad (3)$$

Оценка адекватности исходных статистических данных и модели производится по критерию Дарбина-Уотсона и коэффициенту автокорреляции, которые находятся по формуле (2) и (3) соответственно.

$$d = \frac{\sum_{i=2}^n ((y_i - y_{iT}) - (y_{i-1} - y_{i-1T}))^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{iT})^2} \quad (4)$$

где y_i, y_{i-1} – действительная востребованность; y_{iT}, y_{i-1T} – расчетная востребованность выпускников СамГТУ; n – объем выборки. Допустимый интервал для критерия Дарбина-Уотсона изменяется в пределах $0 < d < 4$.

$$r_a = 1 - \frac{d}{2}, \quad (5)$$

где d – статистика Дарбина-Уотсона.

Для измерения мультиколлинеарности – парной корреляционной зависимости между факторами, используют коэффициент множественной детерминации:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{it})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (6)$$

Коэффициент R^2 показывает, какая доля дисперсии результативного признака объясняется влиянием объясняющих переменных. Если связь отсутствует, то $R^2=0$. Коэффициент детерминации не определяет, увеличивается ли или уменьшается выход с ростом входа. Функциональная связь возникает при значении равном 1, а отсутствие связи – 0 [7, 8].

С помощью линейного регрессионного анализа по методу наименьших квадратов (МНК) рассчитаем параметры модели на четырехлетнем временном интервале (с 2012 по 2015 гг.) по несглаженным и сглаженным значениям. Применим метод сглаживания ряда по трем точкам. В табл. 3 и на рис.3 и 4 представлены две получившиеся модели. Коэффициент корреляции близок 1 и равен 0,8463 и 0,9997 соответственно для несглаженной и сглаженной модели. Критерий Дарбина-Уотсона находится в допустимом диапазоне и равен 2,3 и 2,1 соответственно.

Таблица 3. Параметры и характеристики моделей ПФ Кобба-Дугласа за 2012-2015 гг.

Параметры модели	Несглаженные данные	Сглаженные данные
$\ln(A)$	1,5398	1,3455
α	-0,3168	-0,1126
β	1,4781	1,6484
d	2,3	2,13
R_a	-0,15	-0,23
R^2	0,8463	0,9997

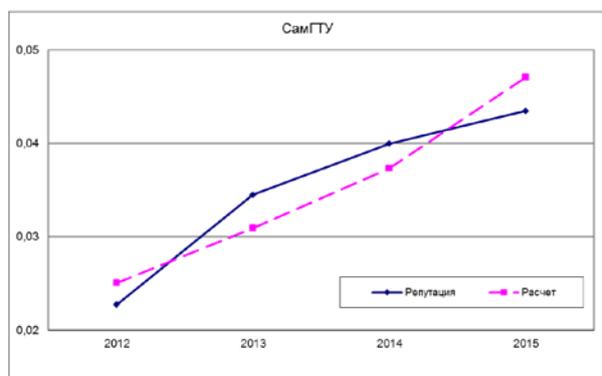


Рис. 3. Модель востребованности

Значения эластичности по качеству образования равны -0,31 и -0,11 соответственно, а эластичность по уровню научно-исследовательской активности равна 1,47 и 1,64. При этом $\beta > \alpha$, что

отражает больший вклад научно-исследовательской активности на уровень востребованности работодателей. При увеличении показателя качества образования на 1%, уровень востребованности работодателей снижается на 0,3% и 0,1% соответственно.

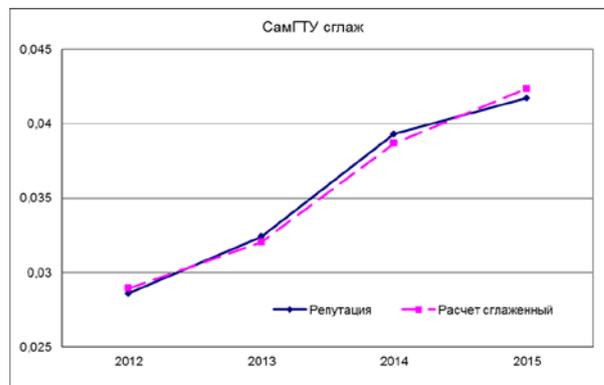


Рис. 4. Сглаженная модель востребованности

В целом модель, идентифицированная на интервале 2012-2015 гг., достаточно удовлетворительно описывает тенденцию функциональной взаимосвязи между входными и выходными характеристиками рейтинга «Эксперт РА» и исходных данных. По сглаженной модели расчеты практически точно совпадают с исходными данными. Модель является адекватной анализируемым процессам. Добавим в модель данные по 2016 г., построим прогноз и сравним с действительными данными по 2016 г. В табл. 4 и на рис. 5 и 6 представлены полученные модели. Качество модели получилось очень хорошее. Построенная модель с достаточной точностью описывает уровень востребованности работодателями в течение года. Коэффициент корреляции увеличился и достигает значение 0,99, почти равен 1.

Таблица 4. Параметры и характеристики моделей ПФ Кобба-Дугласа за 2012-2015 гг. с прогнозом

Параметры модели	Несглаженные данные	Сглаженные данные
$\ln(A)$	1,4781	2,4634
α	-0,3168	0,00487
β	1,5399	1,4091
d	2,7058	2,022
R_a	-0,35291	-0,0113
R^2	0,992674	0,9999

Величина критерия $d=2,7$ и $d=2,02$ свидетельствует об отсутствии автокорреляции остатков, следовательно, зависимость (3) обладает высокими прогнозными свойствами. Однако по модели, построенной по реальным данным, видно, что востребованность работодателей в 2016 г. находится на уровне 2013 г., что видно также из исходных данных и табл. 2, а по сглаженной модели не наблюдается. Это связано с усреднением исходных данных. По несглаженной модели данные получаются более реальные.

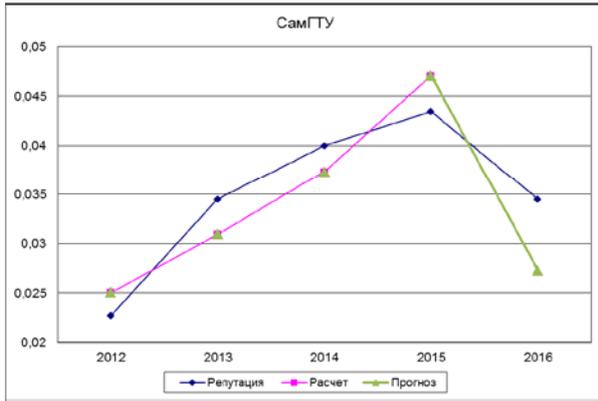


Рис. 5. Несглаженная модель с прогнозом

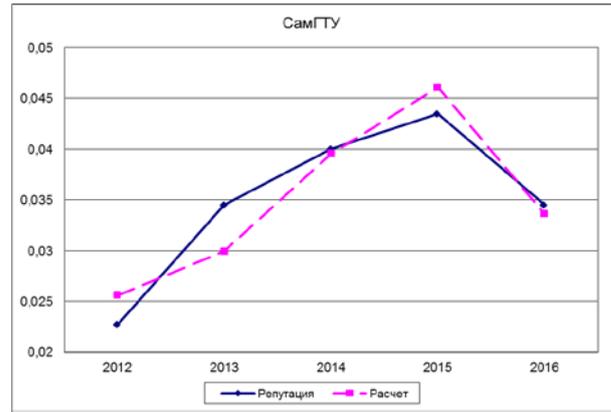


Рис. 7. Несглаженная модель с 2012 по 2016 гг.

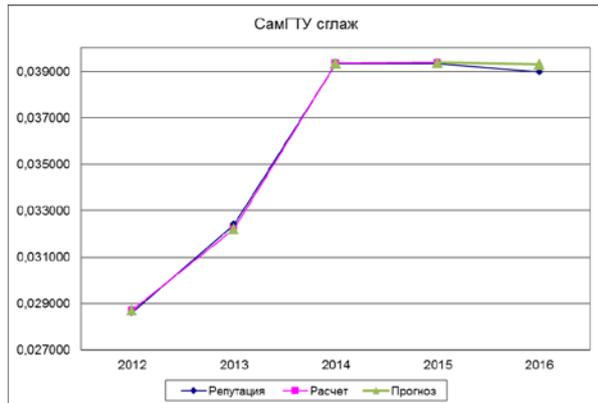


Рис. 6. Сглаженная модель с прогнозом

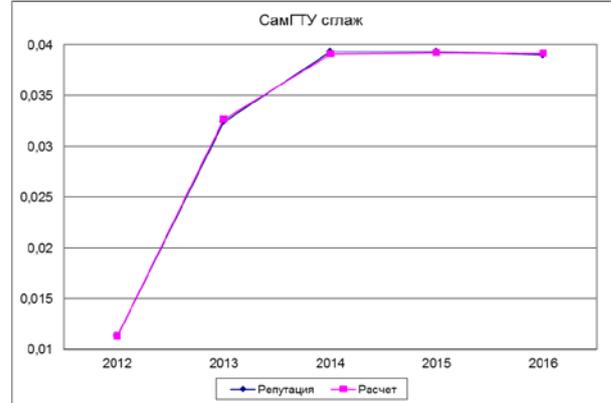


Рис. 8. Сглаженная модель с 2012 по 2016 гг.

Таким образом, показатели качества производственной функции определяют возможность ее применения для исследования уровня востребованности работодателями выпускников СамГТУ. Построим модель по реальным данным за период с 2012 по 2016 г. В табл. 4 и на рис. 7 и 8 представлены полученные модели. Значения эластичности по качеству образования повысились и стали положительными. При этом так же $\beta > \alpha$, что отражает больший вклад научно-исследовательской активности на уровень востребованности работодателей.

Таблица 5. Параметры и характеристики моделей ПФ Кобба-Дугласа за 2012-2016

Параметры модели	Несглаженные данные	Сглаженные данные
$\ln(A)$	3,4187	1,922
α	0,29	0,0237
β	1,325	1,2557
d	2,616	2,966
Ra	-0,308	-0,483
R ²	0,9931	0,9999

Построим модель с 2012 по 2016 г. и предположим, что входные параметры в 2017 г. поменяются по сравнению с 2016 г., качество образование в вузе станет 70, т.е. на 8% снизится и уровень научно-исследовательской активности станет 60, что на 10% ниже значения в 2016 г. в рейтинге «Эксперт РА». На рис. 9 и 10 представлены полученные модели.

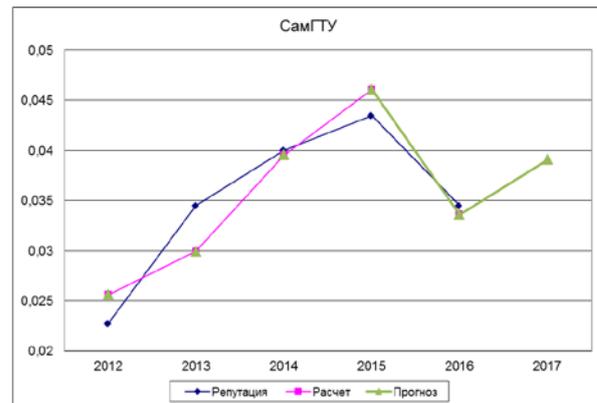


Рис. 9. Несглаженная модель с 2012 по 2016 гг. с прогнозом на 2017 г.

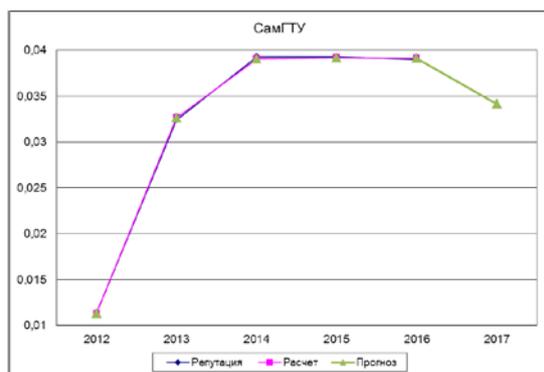


Рис. 10. Сглаженная модель с 2012 по 2016 гг. с прогнозом на 2017 г.

По несглаженной модели показатель уровень востребованности работодателями снизится до 26, что на 13% ниже показателя 2016 г., а вот по модели, построенной по сглаженным данным, показатель повысится на 1%, и будет равен 29,3. Можно сделать вывод, что при улучшении показателя качество образование в вузе на 50% до 38 при неизменном уровне научно-исследовательской активности, равной 66, показатель уровня востребованности работодателями составит 24, а при неизменном уровне образовательной деятельности и при уменьшении на 50% научно-исследовательской активности, уровень востребованности работодателями составит 12. Данные значения показателей свидетельствуют о большем влиянии научно-исследовательской активности на уровень востребованности работодателями.

Выводы: все построенные агрегированные модели достаточно точно описывают тенденцию функциональной взаимосвязи между показателем качества образования и уровнем научно-исследовательской активности рейтинга «Эксперт РА» и могут быть использованы в качестве имитационных моделей для получения управленческих решений. Анализ коэффициентов эластичности показал, что больший вклад на уровень востребованности работодателей оказывает научно-исследовательская активность, что можно объяснить хозяйственными работами. В них обычно кроме преподавателей

участвуют студенты, при этом к окончанию вуза они приобретают существенный научный и практический потенциал, авторитет и связи с промышленными предприятиями и научными объединениями. Большинство студентов на старших курсах уже работают по специальности. А готовых специалистов, знакомых со спецификой производства, работодатели с большим удовольствием принимают на работу [9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. http://raexpert.ru/rankings/vuz/vuz_2016/ Рейтинг лучших вузов России «Эксперт РА»
2. <http://top100universities.ru/method/> рейтинг вузов России
3. Голованов, П.А. Сравнительный анализ деятельности Российских и зарубежных вузов / П.А. Голованов, М.Ю. Лившиц, Е.П. Тупоносова // Известия Самарского научного Центра Российской академии наук. 2013. Том 15, №6(2). С. 339-343.
4. <https://docviewer.yandex.ru/?url=http%3A%2F%2Fwww.labrate.ru%2Fdiscuss%2Fmessages%2F19%2Fmethod-44452.pdf&name=method-44452.pdf&lang=ru&c=58d7f4090e66> Рейтинг вузов России «Эксперт РА/РейтОП»
5. http://www.oiu.ru/content/media/?SECTION_ID=185&ELEMENT_ID=5596 Методические подходы построения рейтинга вузов России.
6. Голованов, П.А. Сравнение Самарских вузов в рейтинге «Эксперт РА» / П.А. Голованов, Е.П. Тупоносова // Труды междунар. науч.-практ. конф. «Вопросы науки: Современные технологии и технический прогресс». 16 апреля 2015 г., г. Воронеж. С. 121-126.
7. Бережная, Е.В. Математические методы моделирования экономических систем: учеб. пособие / Е.В. Бережная, В.И. Бережной. – М.: Финансы и статистика, 2002. 368 с.
8. Дилигенский, Н.В. Математические модели управления производственно-экономическими системами: учеб. пособие / Н.В. Дилигенский, М.В. Цепенко, А.А. Гаврилова. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т., 2005. 112 с.
9. Голованов, П.А. Математическая модель востребованности работодателями выпускников СамГТУ / П.А. Голованов, Е.П. Тупоносова // Труды XXI Междунар. науч. конф. «Математические методы в технике и технологиях - ММТТ». Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. 2016. № 12 (94). С. 99-101.

CREATION THE MATHEMATICAL MODELS OF EMPLOYERS DEMAND OF GRADUATES FROM SAMARA STATE TECHNICAL UNIVERSITY ON THE BASIS OF “EXPERT RA” RATING

© 2017 P.A. Golovanov, E.P. Tuponosova

Samara State Technical University

In article the Russian rating of higher education institutions “Expert RA” is considered. Its main indicators and method of its drawing up are analyzed. Rating indicators for Samara state technical university (SamGTU) by years are described. Mathematical models on the basis of production function in the form of Cobb-Douglas for SamGTU are made and the forecast is constructed.

Key words: rating of “Expert RA”, indicator, quality of education, level of research activity, demand level, employer, production function, forecast

Pavel Golovanov, Senior Teacher at the Department “Management and System Analysis in Heat-power and Socio-technical Complexes” E-mail: usat@samgtu.ru; Elena Tuponosova, Senior Teacher at the Department “Higher Mathematics and Applied Informatics”. E-mail: alenushka1982@inbox.ru