

РАЗВИТИЕ ПРОЦЕССА СТОИМОСТНОЙ ОЦЕНКИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СТОИМОСТИ ПРОЕКТИРУЕМОГО ОБЪЕКТА

О. Н. Калинина

Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова,
Москва, Россия

В статье отражены результаты исследования объектов, реально существующих в Санкт-Петербурге. Определены конструктивные и стоимостные параметры подстанций, осуществляющих передачу и распределение электроэнергии. Показана возможность оценки степени параметрического сходства проектируемого объекта и объекта-аналога с использованием метода кластерного анализа по принципу однородности. Установлено, что процедура кластеризации дает возможность получать качественно однородные выборки необходимых объектов, что в свою очередь позволяет выбрать наиболее близкий аналог и на его основании прогнозировать стоимость проектируемого объекта. На основе метода экспертных оценок и соотносительных коэффициентов разработана методика моделирования стоимости объекта, цель которой состоит в определении точной стоимости объекта, отличающегося параметрами от аналога. Данная методика позволит с большей долей достоверности определить будущую стоимость объекта, а также обеспечит возможность преобразования этой стоимости. Предложенный автором подход к определению стоимости объекта построен на базе данных математических моделей, многократно ускоряющих процесс подбора аналогов и моделирование стоимости проектируемого объекта.

Ключевые слова: проект, подстанция, электроэнергия, технические решения, параметрическое сходство, кластерный анализ, экспертные оценки, соотносительные коэффициенты.

DEVELOPING THE PROCESS OF VALUE ESTIMATION AND MODELING THE PROJECT COST

Olga N. Kalinina

Plekhanov Russian University of Economics,
Moscow, Russia

The article shows results of researching the projects that exist in St. Petersburg. Constructive and cost parameters of power stations, which pass and distribute electric power were found and possibility to estimate the degree of parametric similarity of the project being devised with the analogues project by using the method of cluster analysis by homogeneity principle. It was found out that the procedure of clustering gives an opportunity to get homogeneous in quality samples of needed projects, which in its turn provides a chance to choose the nearest analogue and on its foundation to forecast the cost of the project. On the basis of the method of expert estimations and respective coefficients methodology of modeling the project cost was designed, whose goal is to evaluate the precise cost of the project, which differs from the analogue by parameters. This methodology can allow us with more trustworthiness to identify the future cot of the project and to give possibility to change the cost. The approach put forward by the authors is built on the basis of mathematic model data that speed up the process of selecting analogues and modeling cost of the project.

Keywords: project, power station, technical solutions, parametric similarity, cluster analysis, exter evaluations, respective coefficients.

Введение

Ранее нами были проанализированы три проекта подстанций в Санкт-Петербурге по титулу: «Строительство КТПМ 35кВ в районе НП Левашово с демонтажом ПС 612» (далее – ПС 612), «Строительство КТПМ 35 кВ в районе НП Ольгино с демонтажом ПС 613» (далее – ПС 613), «Строительство КТПМ 35 кВ с демонтажом ПС 615» (далее – ПС 615) [3].

По каждой подстанции дано подробное описание последовательности этапов реализации проектов с разделением работ подготовительного и основного периодов. По виду строительства все объекты относятся к *реконструкции существующих подстанций*. Все подстанции осуществляют передачу и распределение электроэнергии. Конструктивно они выполнены открытыми со зданием пульта управления, однако каждая из них отличается конструктивными особенностями.

Анализ технических решений подстанций

Для подробного анализа конструктивных особенностей подстанций рассмотрим табл. 1, составленную на основании *локальных сметных расчетов*. По каждому объекту проектом предусматривается строительство модульного здания комплектной трансформаторной подстанции (КТПМ). Фундаменты под здания КТПМ по каждому объекту имеют принципиально разные технические решения, и они не являются однотипными основаниями.

Устройства фундаментов на подстанциях представляют собой следующие проектные решения: для ПС 612 – стальные винтовые сваи СВЛ 5 168х10-500-5, ТУ 5264-006-05773342-2007; для ПС 613 – фундаменты сборные железобетонные воздушных линий электропередач (ВЛ) и открытых распределительных устройств (ОРУ); для ПС 615 – монолитные железобетонные фундаменты типа ФМ-1.

Блочно-модульные здания (БМЗ) по каждой подстанции также имеют отличия в проектных решениях:

– для ПС 612 – монтаж отдельно стоящих четырех комплектов блочно-модульных зданий аккумуляторных батарей (АБ) и распределительных щитов (РЩ), дугогасительной камеры (ДГК), закрытых распределительных устройств (ЗРУ) 35 кВ и 6 кВ;

– ПС 613 и ПС 615 – монтаж одного комплекта здания с площадками обслуживания (в том числе систем отопления, внутреннего, внешнего и аварийного освещения, вентиляции, контроля и управления доступом; сетей внутреннего электроснабжения; охранно-пожарной сигнализации) и одного комплекта здания насосной с площадками обслуживания (в том числе систем отопления, внутреннего, внешнего и аварийного освещения, вентиляции, контроля и управления доступом; сетей внутреннего электроснабжения; охранно-пожарной сигнализации). Наблюдается параметрическое сходство между монтажом БМЗ ПС 613 и ПС 615, соответственно, эти работы имеют одинаковую сметную стоимость.

Монтаж оборудования по каждой подстанции также представлен индивидуальным техническим решением:

– для ПС 612 проектом предусмотрен монтаж трансформаторов собственных нужд с литой изоляцией, внутренней установки ТСЗ-250/6 с переключающим устройством ПБВ;

– ПС 613 – монтаж трансформаторов собственных нужд с литой изоляцией, внутренней установки (сухой) ТСЗС-250/6 с переключающим устройством ПБВ;

– ПС 615 – монтаж трансформаторов собственных нужд с литой изоляцией, внутренней установки ТСЗ-250/10.

Реконструкция комплектного распределительного устройства 35 кВ (далее – КРУ-35 кВ) по каждой подстанции включает монтаж:

- ПС 612 и ПС 613 – 10 ячеек;
- ПС 615 – 11 ячеек.

Т а б л и ц а 1

Сметная стоимость технических решений подстанций

Основные объекты строительства КТПМ 35 кВ в районе НП Левашово с демонтажом ПС 612		Основные объекты строительства КТПМ 35 кВ в районе НП Ольгино с демонтажом ПС 613		Основные объекты строительства КТПМ 35 кВ с демонтажом ПС 615	
Наименование работ	Количество	Единица измерения	Наименование работ	Количество	Единица измерения
1	2	3	4	5	6
<i>Спроектирование модульного здания КТПМ</i>					
Устройство фундамента модульного здания ДПК	12	Шт., винтовые сваи (ТУ 5264-006-05773342-2007)	Устройство фундамента модульного здания	40,34	м ³ , фундаменты сборные железобетонные ВЛ и ОРУ
	34				
	35				
	30				
<i>Сметная стоимость фундаментов, тыс. руб.</i>			<i>Сметная стоимость фундаментов, тыс. руб.</i>		
Блочно-модульные здания АБ и РЩ	1	Комплект	Блочно-модульное здание ПС 613 с площадками обслуживания (в том числе система отопления, система внутреннего освещения, сети внутреннего электроснабжения, система вентиляции, охранно-пожарная сигнализация, система контроля и управления доступом)	1	Комплект
Блочно-модульные здания ДПК	1	Комплект	Блочно-модульное здание ПС 615 с площадками обслуживания (в том числе система отопления, система внутреннего освещения, сети внутреннего электроснабжения, система вентиляции, охранно-пожарная сигнализация, система контроля и управления доступом)	1	Комплект
Блочно-модульные здания ЗРУ 35 кВ	1	Комплект	Блочно-модульное здание насосной с площадками обслуживания (в том числе система отопления, система внутреннего освещения, сети внутреннего электроснабжения, система вентиляции, охранно-пожарная сигнализация, система контроля и управления доступом)	1	Комплект
Блочно-модульные здания ЗРУ 6 кВ	1	Комплект	Блочно-модульное здание насосной с площадками обслуживания (в том числе система отопления, система внутреннего освещения, сети внутреннего электроснабжения, система вентиляции, охранно-пожарная сигнализация, система контроля и управления доступом)	1	Комплект

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сметная стоимость монтажа модульных зданий, тыс. руб.		70 162,75	Сметная стоимость монтажа модульных зданий, тыс. руб.	110 961,34	Сметная стоимость монтажа модульных зданий, тыс. руб.	110 961,34		110 961,34
Трансформатор собственных нужд с литой изоляцией внутренней установки ТСЗ-250/6	2	Шт.	Трансформатор собственных нужд с литой изоляцией внутренней установки ТСЗ-250/6	2	Шт.	Трансформатор собственных нужд с литой изоляцией внутренней установки ТСЗ-250/10	2	Шт.
КРУ-35 кВ, состоящее из 10 ячеек	1	Комплект	КРУ-35 кВ, состоящее из 10 ячеек	1	Комплект	КРУ-35 кВ, состоящее из 11 ячеек	1	Комплект
КРУ-6 кВ, состоящее из 28 ячеек (с терминалами защиты (25 шт.) и ПТК EKRASMS на 25 терминалов)	1	Комплект	КРУ-6 кВ, состоящее из 26 ячеек (сборные шины $I_{ном} = 2\ 000\ А$, $I_{термст} = 20\ кА$, $i_{уд} = 50\ кА$)	1	Комплект	КРУ-6 кВ, состоящее из 27 ячеек (сборные шины $I_{ном} = 2\ 000\ А$, $I_{термст} = 20\ кА$, $i_{уд} = 50\ кА$)	1	Комплект
Токопровод трехфазный напряжением до 10 кВ пофазно-экранированный с алюминиевой шиной корытного профиля на ток 3 200 А	200	м	Токопровод трехфазный напряжением до 10 кВ пофазно-экранированный с алюминиевой шиной корытного профиля на ток 3 200 А	100	м	Токопровод трехфазный напряжением до 10 кВ пофазно-экранированный с алюминиевой шиной корытного профиля на ток 3 200 А	100	м
Сметная стоимость монтажа оборудования, тыс. руб.		136 293,95	Сметная стоимость монтажа оборудования, тыс. руб.		104 210,02	Сметная стоимость монтажа оборудования, тыс. руб.		100 740,49
Общая сметная стоимость, тыс. руб.	211 423,06		Общая сметная стоимость, тыс. руб.	217 716,42		Общая сметная стоимость, тыс. руб.	216 201,73	
Смодовой трансформатор								
Маслоприемник под трансформатор	79,64	м³	Маслоприемник под трансформатор	77,94	м³	Маслоприемник под трансформатор	74,86	м³
Трансформатор трехфазный двухобмоточный масляный ТДНС-16000/35	2	Шт.	Трансформатор трехфазный двухобмоточный масляный МВА	2	Шт.	Трансформатор трехфазный 35 кВ мощностью 10 000-40 000 кВ·А (существующий)	2	Шт.
Сметная стоимость, тыс. руб.	39 553,58		Сметная стоимость, тыс. руб.	39 303,15		Сметная стоимость, тыс. руб.	4 723,67	

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Кабельные хозяйств</i>								
Устройство кабельной эстакады	18	Шт., винтовые сваи (ГУ 5264-006-05773342-2007)	Устройство кабельной эстакады	11,51	м ³ , фундаменты сборные железобетонные ВЛ и ОРУ	Устройство кабельных лотков	8,42	м ³ , бетон мелкозернистый класса В30 (М400)
Устройство кабельных лотков	64,795	м ³	Устройство кабельных лотков	66,351	м ³	Устройство кабельных лотков	9,86	м ³
Прокладка кабелей 35 кВ	735,3	м	Прокладка кабелей 35 кВ	591,6	м	Прокладка кабелей 35 кВ	700	м
Прокладка кабелей 6 кВ	90	м	Прокладка кабелей 6 кВ	244,8	м	Прокладка кабелей 10 кВ	320	м
Прокладка сетей 0,4 кВ	1 887,3	м	Прокладка сетей 0,4 кВ	1 091,4	м	Прокладка сетей 0,4 кВ	1 175	м
Сметная стоимость, тыс. руб.	9 820,09		Сметная стоимость, тыс. руб.	7 044,86		Сметная стоимость, тыс. руб.	9 209,02	
<i>Заходы ВЛ 35 кВ</i>								
Подвеска проводов ВЛ 35 кВ	0,129	км	Подвеска проводов ВЛ 35 кВ	0,158	км	Подвеска проводов ВЛ 35 кВ	0,076	км
Сметная стоимость, тыс. руб.	229,44		Сметная стоимость, тыс. руб.	253,58		Сметная стоимость, тыс. руб.	279,72	
<i>Кабельные трассы 6 (10) кВ</i>								
Прокладка кабеля	930	м	Прокладка кабеля	601	м	Прокладка кабеля	1 875	м
Сметная стоимость, тыс. руб.	5 824,55		Сметная стоимость, тыс. руб.	5 668,89		Сметная стоимость, тыс. руб.	12 516,45	
<i>Строительные работы ОРУ</i>								
Стальной молниеотвод	3	Шт.	Стальной молниеотвод	2	Шт.	Стальной молниеотвод	2	Шт.
Конструкции стальные прожекторных мачт ОРУ	0,874	т	Конструкции стальные прожекторных мачт ОРУ	0,753	т	Конструкции стальные прожекторных мачт ОРУ	0,849	т
Сметная стоимость, тыс. руб.	2 057,33		Сметная стоимость, тыс. руб.	1 824,01		Сметная стоимость, тыс. руб.	1 874,52	
<i>Автоматическая информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии</i>								
Устройство центральное управляющее (шкаф УСПД)	1	Шт.	Устройство центральное управляющее (шкаф УСПД)	2	Шт.	Устройство центральное управляющее (шкаф УСПД)	1	Шт.
Монтаж кабеля	1 102,9	м	Монтаж кабеля	680	м	Монтаж кабеля	990,95	м
Сметная стоимость, тыс. руб.	1 045,35		Сметная стоимость, тыс. руб.	867,65		Сметная стоимость, тыс. руб.	1 037,29	

Реконструкция комплектного распределительного устройства 6 кВ (далее – КРУ-6 кВ) по каждой подстанции представляет собой монтаж:

- ПС 612 – 28 ячеек (с терминалами защиты (25 шт.) и ПТК ЕКРАСМС на 25 терминалов);
- ПС 613 – 26 ячеек (сборные шины $I_{ном} = 2000 \text{ А}$, $I_{терм.ст} = 20 \text{ кА}$, $i_{уд} = 50 \text{ кА}$);
- ПС 615 – 27 ячеек (сборные шины $I_{ном} = 2000 \text{ А}$, $I_{терм.ст} = 20 \text{ кА}$, $i_{дин} = 50 \text{ кА}$).

Все объекты отличаются устройством кабельной эстакады:

- ПС 612 – стальные сваи СВЛ 5;
- ПС 613 – фундаменты сборные железобетонные ВЛ и ОРУ;
- ПС 615 – бетон мелкозернистый класса В30 (М400).

Элементы подстанций имеют практически одинаковые технические решения и отличаются между собой только в части объемов работ.

Несмотря на то что представленные объекты обладают одним предназначением – осуществлять передачу и распределение электроэнергии и конструктивно выполнены открытыми со зданием пульта управления, между ними выявлены сходства и различия технических решений.

Подстанции отличаются устройством фундаментов и кабельной эстакады, а также особенностями проектных решений по блочно-модульным зданиям, техническим решениям по монтажу оборудования.

Определение степени параметрического сходства объектов с помощью метода кластерного анализа

Современные тенденции проектирования не исключают применение метода подбора аналогов по объектам, имеющим параметрическое сходство, для определения стоимости строительства укрупненно. Основной проблемой является выбор нуж-

ного аналога при условии отличительных особенностей проектных решений.

Определим степень параметрического сходства рассматриваемых подстанций на основании метода кластерного анализа. Данные об основных параметрах объектов представлены в табл. 2. Для каждого параметра установим граничные значения a_k и b_k и рассчитаем нормированные значения параметров [4].

Статистические характеристики $Y_{\bar{k}}$ и G_k находим по следующим формулам:

$$Y_{\bar{k}} = (a_k + b_k) / 2, \quad (1)$$

$$G_k = (b_k - a_k) / \sqrt{12} \approx (b_k - a_k) / 3,46, \quad (2)$$

где $Y_{\bar{k}}$ – среднее значение k -го параметра;

G_k – среднее квадратическое отклонение k -го параметра.

Далее выполним переход от абсолютных величин значений параметров Y_k к вспомогательным относительным величинам значений параметров X_k , представляющим собой отклонение параметра от среднего значения, выраженного в долях среднего квадратического отклонения:

$$X_k = (Y_k - Y_{\bar{k}}) / G_k. \quad (3)$$

Все полученные значения представлены в табл. 3. Далее рассчитаем коэффициенты сходства для ПС 612 и ПС 613. Полученные значения представлены в табл. 4.

Согласно методике, обобщенной в работе [4], находим коэффициент сходства ПС 612 и ПС 613

$$S = (1 + \sqrt{2,758})^{-1} = 0,375,$$

а также коэффициент расстояния

$$d = \sqrt{2,758} = 1,66.$$

Таким образом, параметрическое сходство ПС 612 и ПС 613 оценивается примерно в 37%. Аналогичным способом рассчитывается степень сходства для остальных подстанций. В частности, параметрическое сходство ПС 612 и ПС 615 оценивается в 42%, ПС 613 и ПС 615 – в 41%.

Т а б л и ц а 2

Основные параметры КТПМ 35 кВ с демонтажом ПС

Наименование параметра	Единица измерения	Значение параметра		
Монтаж модульных зданий	Комплект	4	2	2
Монтаж трансформатора собственных нужд	Шт.	2	2	2
Монтаж КРУ-35 кВ	Комплект	1	1	1
Монтаж КРУ-6 кВ	Комплект	1	1	1
Токопровод трехфазный напряжением до 10 кВ	м	200	100	100
Маслоприемник под трансформатор	м ³	79,64	77,94	74,86
Трансформатор трехфазный двухобмоточный масляный	Шт.	2	2	2
Устройство кабельных лотков	м ³	79,64	66,351	9,86
Прокладка кабелей 35 кВ	м	735,3	591,6	700
Прокладка кабелей 6 кВ	м	90	244,8	320
Прокладка сетей 0,4 кВ	м	1 887,3	1 091,4	1 175
Подвеска проводов ВЛ 35 кВ	км	0,129	0,158	0,076
Кабельные трассы 6 (10) кВ	м	930	601	1 875
Стальной молниеотвод	Шт.	3	2	2
Конструкции стальные прожекторных мачт ОРУ	т	0,874	0,753	0,849
Автоматическая информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии	Шт.	1	2	1
Монтаж кабеля	м	1 102,9	680	990,95

Т а б л и ц а 3

Нормированные значения параметров КТПМ 35 кВ с демонтажом ПС

Наименование параметра	Единица измерения	a_k	b_k	$Y_{\bar{k}}$	G_k	Значение параметра		
						ПС 612	ПС 613	ПС 615
Монтаж модульных зданий	Комплект	1	10	5,5	2,60	-0,58	-1,35	-1,35
Монтаж трансформатора собственных нужд	Шт.	1	4	2,5	0,87	-0,57	-0,57	-0,57
Монтаж КРУ-35 кВ	Комплект	1	5	3	1,16	-1,72	-1,72	-1,72
Монтаж КРУ-6 кВ	Комплект	1	5	3	1,16	-1,72	-1,72	-1,72
Токопровод трехфазный напряжением до 10 кВ	м	50	5 000	2 525	1 430,64	-1,63	-1,70	-1,70
Маслоприемник под трансформатор	м ³	30	2 500	1 265	713,87	-1,66	-1,66	-1,67
Трансформатор трехфазный двухобмоточный масляный	Шт.	1	4	2,5	0,87	-0,57	-0,57	-0,57
Устройство кабельных лотков	м ³	5	3 000	1502,5	865,61	-1,64	-1,66	-1,72
Прокладка кабелей 35 кВ	м	50	1 500	775	419,08	-0,09	-0,44	-0,18
Прокладка кабелей 6 кВ	м	30	1 500	765	424,86	-1,59	-1,22	-1,05
Прокладка сетей 0,4 кВ	м	200	10 000	5 100	2 832,37	-1,13	-1,42	-1,39
Подвеска проводов ВЛ 35 кВ	км	0,05	5	2,525	1,43	-1,68	-1,66	-1,71
Кабельные трассы 6(10) кВ	м	200	5000	2600	1 387,28	-1,20	-1,44	-0,52
Стальной молниеотвод	Шт.	1	7	4	1,73	-0,58	-1,16	-1,16
Конструкции стальные прожекторных мачт ОРУ	т	0,5	5	2,75	1,30	-1,44	-1,54	-1,46
Автоматическая информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии	Шт.	1	5	3	1,16	-1,72	-0,86	-1,72
Монтаж кабеля	м	200	2 000	1 100	520,23	0,01	-0,81	-0,21

Расчет коэффициента сходства ПС 612 и ПС 613

Наименование параметра	Единица измерения	X _{к1}	X _{к2}	X _{к1} - X _{к2}	(X _{к1} - X _{к2}) ²
Монтаж модульных зданий	Комплект	-0,58	-1,35	0,77	0,593
Монтаж трансформатора собственных нужд	Шт.	-0,57	-0,57	0,00	0,000
Монтаж КРУ-35 кВ	Комплект	-1,72	-1,72	0,00	0,000
Монтаж КРУ-6 кВ	Комплект	-1,72	-1,72	0,00	0,000
Токопровод трехфазный напряжением до 10 кВ	м	-1,63	-1,70	0,07	0,005
Маслоприемник под трансформатор	м ³	-1,66	-1,66	0,00	0,000
Трансформатор трехфазный двухобмоточный масляный	Шт.	-0,57	-0,57	0,00	0,000
Устройство кабельных лотков	м ³	-1,64	-1,66	0,02	0,000
Прокладка кабелей 35 кВ	м	-0,09	-0,44	0,35	0,123
Прокладка кабелей 6 кВ	м	-1,59	-1,22	-0,37	0,137
Прокладка сетей 0,4 кВ	м	-1,13	-1,42	0,29	0,084
Подвеска проводов ВЛ 35 кВ	км	-1,68	-1,66	-0,02	0,000
Кабельные трассы 6 (10) кВ	м	-1,20	-1,44	0,24	0,058
Стальной молниеотвод	Шт.	-0,58	-1,16	0,58	0,336
Конструкции стальные прожекторных мачт ОРУ	т	-1,44	-1,54	0,10	0,010
Автоматическая информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии	Шт.	-1,72	-0,86	-0,86	0,740
Монтаж кабеля	м	0,01	-0,81	0,82	0,672
				Итого	2,758

Подобный метод комплектования групп однородных объектов называется кластеризацией.

Моделирование стоимости проектируемого объекта методом экспертных оценок и соотносительных коэффициентов

В современной сфере проектирования немаловажную роль играет процесс моделирования будущей стоимости объектов-аналогов в соответствии с выявленными дополнительными элементами. Например, в нашем случае ПС 615 является проектируемым объектом, проект которого находится на стадии утверждения. Сметная стоимость по этому объекту рассчитана предварительно. Как отмечено выше, все проекты имеют конструктивные отличия. Особенно выделяются фундаменты подстанций, которые имеют принципиально разные проектные решения и не могут быть сопоставимыми. Следовательно, в данном расчете нельзя принимать в учет параметры фундаментов, поэтому мы исключаем их из дальнейшего анализа. Чтобы определить точную стоимость данного объекта, воспользуемся методом эксперт-

ных оценок и соотносительных коэффициентов [4].

Метод экспертных оценок предполагает определение некоего средневзвешенного показателя в условных единицах (баллах), который прямо пропорционален искомому технико-экономическому показателю. Перевод суммарного балльного показателя в технико-экономический показатель выполняется с помощью экономического эквивалента или стоимостного множителя.

Основная математическая модель метода:

$$y = a_6 \cdot \sum_{i=1}^m V_i \cdot U_i, \quad (4)$$

где a_6 – экономический эквивалент для условной единицы (балла), стоимостной множитель (в руб./балл);

U_i – оценка i -го свойства, выраженного в баллах;

V_i – коэффициент весомости i -го свойства, причем $\sum_{i=1}^m V_i = 1$.

Метод соотносительных коэффициентов обеспечивает получение оценок с высокой степенью точности. В этом методе принята нелинейная форма переводной функции (парабола 2-й степени, которая отражает равноускоренное возрастание затрат с ро-

стом параметра), а весовые коэффициенты отдельных свойств определяются на основе парных сравнений.

С помощью метода наименьших квадратов разрабатываются переводные функции для технических параметров (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

Переводные функции для параметров проектируемой ПС 615

Наименование параметра	Единица измерения	Переводная функция	Полученные значения в баллах
Монтаж модульных зданий	Комплект	$U = -0,053x + 1,443x + 1,1$	3,77
Монтаж трансформатора собственных нужд	Шт.	$U = 2x - 0,0014$	4,00
Монтаж КРУ-35 кВ	Комплект	$U = -0,285x + 3,314x + 1,2$	4,23
Монтаж КРУ-6 кВ	Комплект	$U = -0,285x + 3,314x + 1,2$	4,23
Токопровод трехфазный напряжением до 10 кВ	м	$U = -0,00007x + 0,001x + 2,256$	1,66
Маслоприемник под трансформатор	м ³	$U = -0,00007x + 0,003x + 4,808$	4,64
Трансформатор трехфазный двухобмоточный масляный	Шт.	$U = 2,8x - 1$	4,60
Устройство кабельных лотков	м ³	$U = -0,007x + 0,003x + 4,366$	3,72
Прокладка кабелей 35 кВ	м	$U = 0,006x + 0,0002x + 1,572$	4,53
Прокладка кабелей 6 кВ	м	$U = 0,006x + 0,002x + 1,572$	7,72
Прокладка сетей 0,4 кВ	м	$U = 0,007x + 0,001x + 1,369$	11,03
Подвеска проводов ВЛ 35 кВ	км	$U = -0,108x + 1,869x + 1,705$	1,84
Кабельные трассы 6 (10) кВ	м	$U = -0,0007x + 0,003x + 0,938$	6,56
Стальной молниеотвод	Шт.	$U = -0,219x + 3,151x + 1,479$	6,91
Конструкции стальные прожекторных мачт ОРУ	т	$U = -0,355x + 3,764x + 0,336$	3,28
Автоматическая информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии	Шт.	$U = -0,142x + 3,057x + 1,6$	4,52
Монтаж кабеля	м	$U = -0,006x + 0,008x + 0,37$	8,24

Выполнив перевод абсолютных значений параметров в баллы, можно определить коэффициенты весомости параметров, которые показывают относительную степень влияния данного параметра на себестоимость среди рассматриваемой совокупности параметров.

При оценке данных коэффициентов эффективно применение приема парных сравнений. Это значительно упрощает работу эксперта и сводит ее к выполнению элементарных повторяющихся операций, заключающихся в том, что параметры сравниваются попарно по степени их влияния на себестоимость.

По столбцам и строкам рабочей таблицы даются названия параметров (табл. 6). В ее матрице заполняются только клетки, находящиеся справа от нисходящей диагонали. В каждой клетке матрицы эксперт ставит номер того из сравниваемых параметров, который, по его мнению, сильнее влияет на себестоимость. При этом экспертно сравниваются приросты себестоимости при небольшом возрастании (например, на 1%) отдельно одного и дру-

гого параметра. Эксперт указывает степень превосходящего влияния параметра одним из следующих индексов:

- ОП – слегка ощутимое (небольшое) превосходство;
- ЯП – явное (большое) превосходство;
- ПП – подавляющее превосходство;
- Р – параметры, одинаково влияющие на себестоимость.

Заполненные экспертами таблицы затем обрабатываются. Для этого по результатам сравнения параметрам присваиваются следующие соотносительные коэффициенты:

- равносильны – 1 : 1;
- ощутимое превосходство – 1,4 : 1;
- явное превосходство – 2 : 1;
- подавляющее превосходство – 5 : 1.

Далее соотносительные коэффициенты переводятся в баллы, рассчитываются коэффициенты весомости и определяются баллы весомости. В табл. 7 в последних двух столбцах для каждого параметра подсчитывается сумма баллов и средний балл весомости.

Т а б л и ц а 6

Рабочая таблица-магрица для экспертного опроса

Наименование параметра	Монтаж модульных зданий	Монтаж трансформатора	Монтаж КРУ-35 кВ	Монтаж КРУ-6 кВ	Токпровод до 10 кВ	Маслоприемник	Трансформатор трехфазный	Устройство кабельных лотков	Прокладка кабелей 35 кВ	Прокладка кабелей 6 кВ	Прокладка сетей 0,4 кВ	Подвеска проводов ВЛ 35 кВ	Кабельные трассы 6 (10) кВ	Стальной молниезвод	Конструкции ОРУ	АИСКУЭ	Монтаж кабелей
Монтаж модульных зданий	-	1ЯП	1ЯП	1ЯП	1ЯП	1ЯП	1ЯП	1ПП	1ПП	1ПП	1ПП	1ПП	1ПП	1ПП	1ПП	1ПП	1ПП
Монтаж трансформатора		-	3ПП	4ПП	2ЯП	6ЯП	Р	2ЯП	2ЯП	2ЯП	2ЯП	2ЯП	2ЯП	2ЯП	2ЯП	2ЯП	2ЯП
Монтаж КРУ-35 кВ			-	4ЯП	3ЯП	3ЯП	3ЯП	3ЯП	3ЯП	3ЯП	3ЯП	3ЯП	3ЯП	3ЯП	3ЯП	3ЯП	3ЯП
Монтаж КРУ-6 кВ				-	4ЯП	4ЯП	4ЯП	4ЯП	4ЯП	4ЯП	4ЯП	4ЯП	4ЯП	4ЯП	4ЯП	4ЯП	4ЯП
Токпровод до 10 кВ					-	6ЯП	7ЯП	8ЯП	9ЯП	5ОП	11ЯП	12ЯП	13ЯП	14ЯП	15ЯП	16ЯП	17ЯП
Маслоприемник						-	6ЯП	6ЯП	6ЯП	6ЯП	6ЯП	6ЯП	6ЯП	6ЯП	6ЯП	6ЯП	6ЯП
Трансформатор трехфазный							-	7ЯП	7ЯП	7ЯП	7ЯП	7ЯП	7ЯП	7ЯП	7ЯП	7ЯП	7ЯП
Устройство кабельных лотков								-	8ЯП	8ЯП	8ЯП	8ЯП	8ЯП	8ЯП	Р	8ЯП	8ЯП
Прокладка кабелей 35 кВ									-	9ЯП	Р	9ЯП	13ЯП	9ЯП	15ЯП	9ЯП	9ЯП
Прокладка кабелей 6 кВ										-	11ЯП	12ОП	13ЯП	10ЯП	15ЯП	16ОП	17ЯП
Прокладка сетей 0,4 кВ											-	11ЯП	13ПП	11ЯП	15ЯП	11ЯП	11ОП
Подвеска проводов ВЛ 35 кВ												-	Р	15ПП	Р	17ПП	
Кабельные трассы 6 (10) кВ													13ПП	13ЯП	13ПП	13ПП	
Стальной молниезвод													-	15ПП	14ОП	17ЯП	
Конструкции ОРУ														-	15ПП	15ЯП	
АИСКУЭ															-	-	17ЯП
Монтаж кабелей																	-

Коэффициенты весомости параметров

Наименование параметра	Балльная оценка экспертов										B _{нi}	V _j
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Монтаж модульных зданий	4,04	4,80	4,30	4,60	3,60	5,00	5,00	4,04	4,30	5,00	4,47	0,079
Монтаж трансформатора собственных нужд	3,70	5,00	4,00	3,60	4,30	1,80	3,80	3,50	4,00	4,60	3,83	0,068
Монтаж КРУ-35 кВ	4,04	3,60	4,30	4,04	4,30	4,00	4,04	4,60	3,80	4,04	4,08	0,072
Монтаж КРУ-6 кВ	3,60	4,30	4,04	4,00	3,80	4,60	4,04	4,04	4,30	4,00	4,07	0,072
Тоководы трехфазный напряжением до 10 кВ	1,80	2,10	1,60	1,80	1,60	3,00	2,50	2,80	1,50	1,20	1,99	0,035
Маслоприемник под трансформатор	3,60	5,00	4,00	4,00	4,30	4,60	1,80	4,00	4,60	4,00	3,99	0,071
Трансформатор трехфазный двухобмоточный масляный	4,00	4,10	3,80	4,60	3,80	4,00	1,50	3,60	4,00	3,10	3,65	0,065
Устройство кабельных лотков	3,80	4,00	2,80	3,00	4,00	4,10	3,10	4,10	4,00	3,10	3,60	0,064
Прокладка кабелей 35 кВ	3,50	3,10	3,00	2,80	3,50	3,00	4,50	3,30	2,80	3,10	3,26	0,058
Прокладка кабелей 6 кВ	3,10	3,00	2,80	2,60	3,00	2,80	4,00	3,10	3,50	4,00	3,19	0,056
Прокладка сетей 0,4 кВ	4,00	2,80	2,60	3,50	4,00	3,10	3,00	2,80	4,00	1,50	3,13	0,055
Подвеска проводов ВЛ 35 кВ	3,50	2,60	3,10	4,00	3,00	1,80	3,50	3,00	3,10	2,80	3,04	0,054
Кабельные трассы 6 (10) кВ	2,80	3,00	3,10	2,60	2,80	3,00	2,60	3,10	2,80	3,50	2,93	0,052
Стальной молниевод	3,00	2,60	3,10	2,80	3,00	2,60	3,50	3,50	2,80	2,10	2,90	0,051
Конструкции стальные прожекторных мачт ОРУ	2,60	3,10	3,00	2,80	3,10	2,80	3,10	3,00	3,50	2,10	2,91	0,051
Автоматическая информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии	3,10	2,80	3,50	3,00	2,80	2,60	3,00	3,50	2,80	1,80	2,89	0,051
Монтаж кабеля	2,80	2,00	2,50	1,80	3,00	3,50	3,00	3,10	2,80	1,80	2,63	0,046
										Итого	56,56	1,00

Себестоимость проектируемого объекта определяется с помощью основной математической модели по формуле (4) для метода экспертных оценок.

Чтобы определить стоимостный балльный множитель, выделим два аналогичных проекта (например, ПС 612 и ПС 613) и для каждого рассчитаем средневзвешенный балльный показатель (табл. 8).

Средневзвешенный балльный показатель проектируемого объекта (согласно данным табл. 5 и 7) составляет:

$$U_i V_i = 0,079 \cdot 3,77 + 0,068 \cdot 4 + 0,072 \cdot 4,23 + 0,072 \cdot 4,23 + 0,035 \cdot 1,66 + 0,071 \cdot 4,64 + 0,065 \cdot 4,6 + 0,064 \cdot 3,72 + 0,058 \cdot 4,53 + 0,056 \cdot 7,72 + 0,055 \cdot 11,03 + 0,054 \cdot 1,84 + 0,052 \cdot 6,56 + 0,051 \cdot 6,91 + 0,051 \cdot 3,28 + 0,051 \cdot 4,52 + 0,046 \cdot 8,24 = 4,98 \text{ баллов.}$$

Стоимость проектируемого объекта равна

$$C_{\text{п}} = 48\,694 \cdot 4,98 = 241\,425 \text{ руб.}$$

Для того чтобы стоимость проектируемого объекта учитывала весь комплекс работ, добавим стоимость фундамента, которую ранее исключили из расчета. Для этого прибавим к полученной сумме стоимость работ по устройству монолитных железобетонных фундаментов ФМ-1 с учетом материала.

В нашем проекте количество фундаментов – 30 штук, соответственно, рассчитанную отдельно стоимость одного фундамента необходимо умножить на их количество.

Т а б л и ц а 8

Расчет стоимостного балльного множителя

Модель существующего объекта	Интегральная балльная оценка	Стоимость, руб.	Стоимостный балльный множитель, руб./балл	Среднее значение множителя
ПС 612	4,9	264 987	54 079	48 594
ПС 613	6,3	270 134	42 878	

Таким образом, в ходе исследования реально существующих подстанций в Санкт-Петербурге была установлена степень параметрического сходства проектов и осуществлено моделирование будущей стоимости проектируемого объекта ПС 615 методом экспертных оценок и соотносительных коэффициентов.

Выводы

На основании проведенного исследования можно дать следующие рекомендации:

1. Оценка меры сходства и различия между объектами позволит разбить объекты на однородные кластеры для получения качественно однородных выборок объектов-аналогов и на их основе достоверно рассчитать стоимость будущих объектов. Такой подход в условиях современных тенденций проектирования предоставит

возможность безошибочно подбирать аналоги [4].

2. Предложенный метод моделирования стоимости проектируемого объекта методом экспертных оценок и соотносительных коэффициентов позволит определять стоимость будущих объектов, характеризующую объект с разной степенью детализации, максимально достоверно. Кроме того, с помощью данного метода появится возможность не только более точного определения будущей стоимости объекта, но и ее преобразования и управления ею [4].

3. При условии создания программного комплекса на базе данных математических моделей возможно существенное ускорение процесса подбора аналогов и моделирования стоимости проектируемого объекта, а также совершенствования уже имеющихся программ, например, таких, как информа-

ционное моделирование зданий (от англ. *Building Informational Modeling* – BIM). BIM – это процесс, в результате которого формируется информационная модель здания (от англ. *Building Informational Model*, также получившая аббревиатуру BIM).

Список литературы

1. Вальтух К. К. Информационная теория стоимости и законы неравновесной экономики. – М. : Янус-К, 2001.
2. Горячкин П. В., Айрапетян Н. Э. Анализ сметно-нормативной базы ценообразования в строительстве Минстроя России в новой редакции 2014 года. Экспертно-аналитический доклад. Москва 2014 г. [Электронный ресурс]. – URL: http://asr.ydnz.ru/Portals/0/doklad_goryachkin.pdf/
3. Калинина О. Н. Модернизация и инновационное развитие производственных систем путем привлечения частного капитала // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. – 2019. – № 5 (107). – С. 128–138.
4. Калинина О. Н. Модернизация управления инновационным развитием энергетического комплекса путем совершенствования сметно-нормативной базы : монография. – Новочеркасск : НОК, 2017.
5. Олейников Е. А., Филлин С. А., Муравьев А. С. Многофакторные модели по оценке экономического потенциала компании // Экономический анализ: теория и практика. – 2003. – № 9. – С. 20–23.
6. Сырыгина Н. А. Стройка меняется, расценки – нет. Профессиональное строительное сообщество имеет свой взгляд на реформу по усовершенствованию существующей системы сметного нормирования. – URL: http://www.all-smety.ru/upload/Statya_Mosoblgosexpertiza_fev2017.pdf
7. Филлин С. А. Теоретические основы и методология стратегического управления инновационным развитием : монография. – Тула : Изд-во ТулГУ, 2010.

References

1. Valtukh K. K. Informatsionnaya teoriya stoimosti i zakony neravnovesnoy ekonomiki [Information Theory of Value and Laws of Non-Balanced Economy]. Moscow, Yanus-K, 2001. (In Russ.).
2. Goryachkin P. V., Ayrapetyan N. E. Analiz smetno-normativnoy bazy tsenoobrazovaniya v stroitelstve Ministroya Rossii v novoy redaktsii 2014 goda. Ekspertno-analiticheskiy doklad. Moskva 2014 g. [Analysis of the Estimate-Normative Base in Pricing in Construction of the Ministry of Construction of Russia in New Wording of 2014] [E-resource]. (In Russ.). Available at: http://asr.ydnz.ru/Portals/0/doklad_goryachkin.pdf/
3. Kalinina O. N. Modernizatsiya i innovatsionnoe razvitie proizvodstvennykh sistem putem privlecheniya chastnogo kapitala [Modernization and Innovation Development of Industrial Systems through Raising Private Capital]. *Vestnik Rossiyskogo ekonomicheskogo universiteta imeni G. V. Plekhanova* [Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics], 2019, No. 5 (107), pp. 128–138. (In Russ.).
4. Kalinina O. N. Modernizatsiya upravleniya innovatsionnym razvitiem energeticheskogo kompleksa putem sovershenstvovaniya smetno-normativnoy bazy, monografiya [Modernizing Management of Innovation Development in the Power-Engineering Complex by Upgrading Estimate Standardization Base, monograph]. Novocherkassk, NOK, 2017. (In Russ.).
5. Oleynikov E. A., Filin S. A., Muravev A. S. Mnogofaktornye modeli po otsenke ekonomicheskogo potentsiala kompanii [Multi-Factor Models for Estimating the Economic

Potential of the Company]. *Ekonomicheskiy analiz: teoriya i praktika* [Economic Analysis: Theory and Practice], 2003, No. 9, pp. 20–23. (In Russ.).

6. Syrygina N. A. Stroyka menyaetsya, rastsenki – net. Professionalnoe stroitelnoe soobshchestvo imeet svoy vzglyad na reformu po usovershenstvovaniyu sushchestvuyushchey sistemy smetnogo normirovaniya [The Construction Site is Changing, Prices are Not. Professional Building Community has its Own View on Reforms Dealing with Upgrading the Effective System of Estimate Standardization]. (In Russ.). Available at: http://www.all-smety.ru/upload/Statya_Mosoblgosexpertiza_fev2017.pdf

7. Filin S. A. Teoreticheskie osnovy i metodologiya strategicheskogo upravleniya innovatsionnym razvitiem, monografiya [Theoretical Basis and Methodology of Strategic Management in Innovation Development, monograph]. Tula, Publishing house of TulGU, 2010. (In Russ.).

Сведения об авторе

Ольга Николаевна Калинина
аспирантка кафедры
организационно-управленческих
инноваций РЭУ им. Г. В. Плеханова.
Адрес: ФГБОУ ВО «Российский
экономический университет имени
Г. В. Плеханова», 117997, Москва,
Стремянный пер., д. 36.
E-mail: olga_kalinina579@mail.ru

Information about the author

Olga N. Kalinina
Post-Graduate Student of the Department
for Organizational and Managerial
Innovations of the PRUE.
Address: Plekhanov Russian University
of Economics, 36 Stremyanny Lane,
Moscow, 117997,
Russian Federation.
E-mail: olga_kalinina579@mail.ru