

УДК 338.585.

КРИТЕРИИ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ НА ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ КОМПАНИЙ

А.А. Овсянников, В.И. Колибаба

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

Предложенный в статье метод оптимизации затрат на повышение надежности функционирования региональных сетевых компаний, входящих в МРСК «Центра и Приволжья», позволяет определить критерии для принятия решений по объему финансирования, выделяемого на поддержание надежности работы электросетевых компаний. В статье были рассчитаны и проанализированы расходы на повышение надежности работы электросетевых компаний, коэффициенты, характеризующие надежность работы распределительных электросетевых компаний, удельные показатели надежности работы распределительных электросетевых компаний. В ходе исследования были построены графики функциональной зависимости между удельными показателями надежности работы электросетевых компаний и расходами на повышение надежности функционирования, определены оптимальные значения расходов на повышение надежности работы распределительных сетевых компаний для различных релевантных диапазонов затрат. Полученные критерии оптимизации расходов на повышение надежности функционирования рекомендованы в качестве плановой величины инвестиционных затрат в целях расчета долгосрочного тарифа на передачу электрической энергии на период с 2018 по 2023 годы.

Ключевые слова: надежность функционирования, электросетевые компании, коэффициенты надежности, критерии оптимизации расходов, планирование инвестиций.

Вопрос оптимизации затрат не теряет своей актуальности, независимо от исследуемой отрасли экономики и складывающихся на текущий момент макроэкономических условий. В этой связи не является исключением и электроэнергетика, как и входящие в эту отрасль электросетевые компании, обеспечивающие процесс передачи и распределения электрической энергии.

Методы и методические аспекты управления затратами предприятий, работающих в сфере электроэнергетики являются объектом научного интереса таких исследователей, как Белобров В.А., Баранов А.В., Колесникова А.В., Нейман Е., Павлова О.К., Ручкин А., Фингер А., Эдельман В.И. и др. Однако, непрерывный процесс трансформации экономических связей и взаимоотношений в электроэнергетической отрасли делает особенно актуальными вопросы управления издержками распределительных сетевых компаний (РСК), от которых, в значительной степени, зависит надежность электроснабжения потребителей.

Отметим, что на сегодняшний день сложилась трехуровневая система организации сетевого хозяйства в российской электроэнергетике. Первый уровень организации – компания ПАО «Россети», контролирующая электросети федерального значения и являющаяся материнской компанией для группы Межрегиональных Распределительных Сетевых Компаний (МРСК) – структурных элементов второго уровня организации. В свою очередь в состав каждой из МРСК включены распределительные сетевые компании – третий уровень организации – отвечают за передачу и распределение электрической энергии на территории, географически определяемой границами субъектов Российской Федерации.

Объектом нашего анализа является РСК, входящие в Межрегиональную распределительную сетевую компанию «Центра и Приволжья».

Целью исследовательской и расчетно-аналитической работы, представленной в данной статье является определение рекомендуемой плановой величины инвестиционной компоненты долгосроч-

ного тарифа на передачу электрической энергии на период с 2018 по 2023 годы, основанной на критериях оптимизации расходов на повышение надежности функционирования распределительных сетевых компаний.

В процессе подготовки исходных данных для расчетов, а также поиска критериев оптимизации затрат на повышение надежности функционирования региональных сетевых компаний были использованы следующие научные методы: индексный метод, метод функционального анализа, графический метод, метод группировки и обобщения.

В начале нашего исследования необходимо дать развернутое определение понятию расходов на повышение надежности функционирования, которые, по сути, являются совокупностью инвестиционных расходов, расходов на оплату процентов по заемным источникам финансирования и расходов на ремонт и

техническое обслуживание электроэнергетического оборудования:

$$C_{НФ} = C_{РиТО} + C_{инв}, (1)$$

где: $C_{НФ}$ - расходы на повышение надежности функционирования;

$C_{РиТО}$ - расходы на ремонт и техническое обслуживание электроэнергетического оборудования;

$C_{инв}$ - инвестиционные расходы, включая расходы на оплату процентов по заемным источникам финансирования.

В целях обеспечения корректности дальнейших расчетов необходимо привести полученные значения затрат на повышение надежности функционирования за 2011-2015 годы к уровню 2016 года, для этого воспользуемся индексами-дефляторами Министерства экономического развития Российской Федерации, рассчитанными для предприятий, занимающимися производством, передачей и распределением электроэнергии, газа, пара и горячей воды (Таблица 1).

Таблица 1

Индексы-дефляторы Министерства экономического развития РФ, %

Наименование индекса	2011	2012	2013	2014	2015
Производство, передача и распределение электроэнергии, газа, пара и горячей воды	113,4	103,2	114,8	111,1	111,5

Коэффициент-дефлятор для 2015 года рассчитывается следующим образом:

$$k_{2015}^{\text{дефлятор}} = \frac{i_{2015}^{\text{дефлятор}}}{100} = \frac{111,5}{100} = 1,115, (2)$$

где: $k_{2015}^{\text{дефлятор}}$ - Коэффициент-дефлятор для 2015 года;

$i_{2015}^{\text{дефлятор}}$ - Индекс-дефлятор для 2015 года.

Коэффициенты-дефляторы для 2011-2014 годов рассчитываются по следующей формуле:

$$k_i^{\text{дефлятор}} = k_{i-1}^{\text{дефлятор}} \times \frac{i_i^{\text{дефлятор}}}{100}, (3)$$

где: $k_i^{\text{дефлятор}}$ - коэффициент-дефлятор для i-го года;

$k_{i-1}^{\text{дефлятор}}$ - коэффициент-дефлятор для года, предшествующего i-му;

$i_i^{\text{дефлятор}}$ - индекс-дефлятор i-го года.

Коэффициенты - дефляторы, рассчитанные для 2011-2015 года приведены в таблице 2.

Таблица 2

Коэффициенты-дефляторы для 2011-2015 г.г.

Наименование индекса	2011	2012	2013	2014	2015
Коэффициент-дефлятор	1,66	1,47	1,42	1,24	1,12

В целях приведения расходов на повышение надежности функционирования к уровню 2016 года умножим расходы конкретного года на соответствующий коэффициент-дефлятор.

Расчет расходов на повышение надежности функционирования по заявленному объекту исследования вместе с необходимыми исходными данными приведен в таблице 3. Значения расходов на повышение надежности функционирования, приведенные к 2016 году, приведены в таблице 4.

Интенсивность расходования финансовых ресурсов на повышение надежности функционирования электросетевых компаний позволяет установить объем средств, направляемых РСК на достиже-

ние их основной цели. Однако, несмотря на безусловный приоритет бесперебойного снабжения потребителей электрической энергией, в целеполагании электросетевых компаний увеличение расходов на повышение надежности функционирования не всегда оправдано.

В целях выявления степени эффективности осуществляемых РСК в данной области расходов, введем в качестве оценочных показателей, следующие индексы:

- **Индекс частоты возникновения перебоев в системе** ($I_{чвп}$) отражает среднее количество перебоев в энергоснабжении, приходящихся на одного потребителя за один год:

$$\frac{\text{Общее число отключений}}{\text{Общее количество потребителей}} \cdot (4)$$

При этом каждое отключение рассматривается как независимое, даже если какие-то потребители пострадали более одного раза.

- **Индекс средней продолжительности перебоев в системе** ($I_{спп}$) отражает среднее время перерыва в энергоснабжении, приходящееся на одного потребителя за один год:

$$I_{спп} = \frac{\text{Суммарное время отключения потребителей}}{\text{Общее количество потребителей}} \cdot (5)$$

- **Индекс средней продолжительности отключения потребителей** ($I_{спо}$) отражает среднее время перерыва в энергоснабжении (длительности одного от-

ключения) и относительную быстроту проведения необходимых ремонтных работ:

$$I_{спо} = \frac{\text{Суммарное время отключения потребителей}}{\text{Общее количество потребителей}} \cdot (6)$$

Таблица 3

**Расходы на повышение надежности функционирования РСК, входящих в
МРСК «Центра и Приволжья» в 2011-2016 г.г.**

ГОД/РСК	Нижнов- энерго	Владимир- энерго	Ивэнерго	Калуга- энерго	Киров- энерго	Мари- энерго	Рязань- энерго	Тулэнерго	Удмурт- энерго	ИТОГО
1. Инвестиции, млн. р.										
2016 год	1 930,44	1 112,42	199,12	1 390,30	638,40	131,20	620,19	1 317,59	588,38	7 928,04
2015 год	1 157,39	584,90	114,33	1 044,30	406,84	100,38	471,36	965,38	328,62	5 173,50
2014 год	2 373,15	677,47	162,97	1 704,66	351,58	175,71	877,05	1 122,40	579,77	8 024,76
2013 год	2 557,25	1 104,79	223,62	1 748,83	697,42	418,13	609,97	1 321,22	895,35	9 576,58
2012 год	2 738,19	545,51	448,63	2 186,18	464,70	157,34	587,42	1 728,55	601,86	9 458,39
2011 год	3 130,23	1 231,85	404,67	2 157,95	638,56	277,21	777,00	4 151,10	800,23	13 568,80
в том числе заемные источники финансирования, млн. р.:										
2016 год	976,47	7,49	183,20	26,36	0,00	0,00	12,68	45,70	7,11	1 259,01
2015 год	270,41	0,00	0,00	255,07	12,73	95,42	0,00	5,53	11,52	650,68
2014 год	400,91	93,82	15,30	703,83	25,44	10,21	50,26	64,82	63,51	1 428,10
2013 год	329,33	119,38	0,00	674,54	237,96	0,00	73,98	126,67	95,43	1 657,29
2012 год	651,93	129,88	106,81	520,50	110,64	37,46	139,86	411,54	143,30	2 251,91
2011 год	1 500,26	872,39	189,70	1 151,81	368,96	137,51	179,03	2 647,20	225,42	7 272,28
2. Расходы на ремонт и техобслуживание, млн. р.										
2016 год	347,41	173,90	422,06	313,48	96,57	1 360,96	244,84	338,86	297,70	3 595,79
2015 год	358,14	157,53	291,22	314,53	97,19	1 298,28	213,16	292,13	290,43	3 312,60
2014 год	1 130,75	314,57	128,92	260,44	284,85	80,17	194,24	243,78	255,47	2 893,19
2013 год	1 118,00	309,97	115,39	236,00	271,84	73,25	190,31	243,05	241,50	2 799,31
2012 год	1 168,39	320,13	84,84	213,92	300,27	71,90	195,99	232,67	238,99	2 827,10
2011 год	1 226,77	322,24	97,32	219,04	274,63	70,33	200,13	210,22	223,56	2 844,24
Средневзвешенная процентная ставка по привлекаемым кредитам по МРСК, %										
2016 год	9,29	9,29	9,29	9,29	9,29	9,29	9,29	9,29	9,29	
2015 год	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	
2014 год	8,42	8,42	8,42	8,42	8,42	8,42	8,42	8,42	8,42	
2013 год	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	
2012 год	8,83	8,83	8,83	8,83	8,83	8,83	8,83	8,83	8,83	
2011 год	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20	

Окончание табл.3

3. Расходы на обслуживание заемных источников финансирования, млн. р.										
2016 год	90,71	0,70	17,02	2,45	0,00	0,00	1,18	4,25	0,66	116,96
2015 год	23,53	0,00	0,00	22,19	1,11	8,30	0,00	0,48	1,00	56,61
2014 год	33,76	7,90	1,29	59,26	2,14	0,86	4,23	5,46	5,35	120,25
2013 год	28,98	10,51	0,00	59,36	20,94	0,00	6,51	11,15	8,40	145,84
2012 год	57,57	11,47	9,43	45,96	9,77	3,31	12,35	36,34	12,65	198,84
2011 год	123,08	71,57	15,56	94,49	30,27	11,28	14,69	217,18	18,49	596,62
Итого расходы на повышение надежности функционирования, млн. р.										
2016 год	2 368,57	1 287,02	638,20	1 706,23	734,97	1 492,16	866,21	1 660,69	886,74	11 640,79
2015 год	1 539,05	742,43	405,55	1 381,02	505,14	1 406,96	684,52	1 257,99	620,05	8 542,71
2014 год	3 537,66	999,94	293,17	2 024,37	638,57	256,73	1 075,52	1 371,64	840,58	11 038,20
2013 год	3 704,24	1 425,27	339,01	2 044,19	990,20	491,38	806,79	1 575,41	1 145,25	12 521,73
2012 год	3 964,14	877,10	542,90	2 446,06	774,75	232,55	795,76	1 997,56	853,51	12 484,33
2011 год	4 480,08	1 625,66	517,55	2 471,49	943,46	358,82	991,82	4 578,50	1 042,29	17 009,66

Таблица 4

Приведенные расходы на повышение надежности функционирования

ГОД/РСК	Ниж-нов-энерго	Влади-мир-энерго	Ивэнер-го	Калуга-энерго	Киров-энерго	Мари-энерго	Рязань-энерго	Тулэнерго	Удмурт-энерго	ИТОГО
Приведенные расходы на повышение надежности функционирования, млн. р.										
2016 год	2 368,57	1 287,02	638,20	1 706,23	734,97	1 492,16	866,21	1 660,69	886,74	11 640,79
2015 год	1 716,04	827,81	452,19	1 539,84	563,23	1 568,76	763,24	1 402,66	691,36	9 525,13
2014 год	4 382,33	1 238,69	363,17	2 507,71	791,04	318,03	1 332,32	1 699,14	1 041,29	13 673,73
2013 год	5 267,80	2 026,88	482,11	2 907,05	1 408,16	698,79	1 147,34	2 240,40	1 628,66	17 807,18
2012 год	5 817,82	1 287,24	796,76	3 589,87	1 137,03	341,30	1 167,86	2 931,64	1 252,62	18 322,13
2011 год	7 456,06	2 705,54	861,35	4 113,22	1 570,16	597,18	1 650,65	7 619,85	1 734,64	28 308,65

Исходные данные для расчета индексов частоты возникновения перебоев, средней продолжительности перебоев и

средней продолжительности отключений приведены в Таблицах 5 и 6.

Общее количество потребителей в РСК, входящих в МРСК «Центра и Приволжья» в 2011-2016 г.г.

РСК/год	Общее число потребителей					
	2016	2015	2014	2013	2012	2011
Нижновэнерго	1 163 156	1 152 107	1 140 985	1 130 728	1 122 649	1 116 349
Владимирэнерго	294 525	289 071	283 969	279 719	276 241	273 565
Ивэнерго	96 799	95 361	93 782	92 602	91 787	91 029
Калугаэнерго	344 267	336 085	328 229	322 761	318 897	316 002
Кировэнерго	256 923	253 414	249 118	244 940	241 657	238 605
Мариэнерго	130 477	128 429	126 317	124 296	122 501	120 898
Рязаньэнерго	269 392	265 670	261 057	257 034	254 128	252 166
Тулэнерго	413 409	405 344	399 048	394 096	390 117	387 562
Удмуртэнерго	191 397	187 323	183 263	179 317	175 880	173 565

Значения оценочных показателей, характеризующих надежность работы распределительных электросетевых компаний, входящих в МРСК «Центра и Приволжья», рассчитанных по вышеприведенным формулам (4,5,6) на основании исходных данных, представленных в Таблицах 5 и 6, приведены в Таблице 7.

Несмотря на высокую степень информативности рассчитанных показателей, с их помощью сложно сделать вывод о достаточности конкретного уровня расходов на повышение надежности функционирования. Очевидно, что не исклю-

Удельный индекс частоты возникновения перебоев в системе ($i_{\text{ЧВП}}^{\text{СНФ}}$):

$$i_{\text{ЧВП}}^{\text{СНФ}} = \frac{I_{\text{ЧВП}}}{C_{\text{НФ}}}. (7)$$

- Удельный индекс средней продолжительности отключения потребителей ($i_{\text{СПО}}^{\text{СНФ}}$):

Необходимые данные для расчета удельных индексов приведены в таблицах 4 и 7.

чена ситуация, когда при различном уровне расходов могут достигаться сходные значения рассчитанных выше индексов. Поэтому процесс оценки соответствия имеющегося уровня расходов на повышение надежности функционирования РСК и достигнутого уровня устойчивости работы электроэнергетических систем должен осуществляться с опорой на удельные показатели, рассчитываемые как частное от деления соответствующих индексов ($I_{\text{ЧВП}}$, $I_{\text{СПО}}$ и $I_{\text{СПП}}$) на расходы по повышению надежности работы электросетевых компаний:

$$i_{\text{СПО}}^{\text{СНФ}} = \frac{I_{\text{СПО}}}{C_{\text{НФ}}}. (8)$$

- Удельный индекс средней продолжительности перебоев в системе ($i_{\text{СПП}}^{\text{СНФ}}$):

$$i_{\text{СПП}}^{\text{СНФ}} = \frac{I_{\text{СПП}}}{C_{\text{НФ}}}. (9)$$

Рассматриваемые удельные показатели, исчисленные по вышеприведенным формулам (7,8,9), приведены в таблице 8.

Таблица 6

Число отключений и суммарное время отключения потребителей в РСК, входящих в МРСК «Центра и Приволжья» в 2011-2016 г.г.

РСК/год	Общее число отключений						Общее время отключений, мин.					
	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2016	2015	2014	2013	2012	2011
Нижегородское энергоснабжение	10 229	10 308	10 631	11 920	13 662	9 315	2 289 282	2 428 027	2 567 024	2 766 358	2 669 563	2 593 013
Владимирское энергоснабжение	2 497	2 698	2 733	3 015	3 442	3 032	444 886	510 929	543 155	561 784	608 086	600 420
Ижевское энергоснабжение	1 729	1 787	1 866	2 055	2 512	554	272 814	300 177	307 616	342 527	357 798	283 132
Калужское энергоснабжение	2 912	3 341	4 073	5 528	6 912	2 116	518 660	464 840	522 201	550 868	649 498	654 104
Кировское энергоснабжение	4 212	4 294	4 654	4 704	5 299	2 197	531 668	540 247	588 746	637 034	630 433	569 083
Марийское энергоснабжение	1 798	1 928	2 026	2 139	2 290	1 335	217 615	235 544	246 317	248 253	280 955	269 870
Рязанское энергоснабжение	2 426	2 450	2 460	2 464	2 518	2 037	478 901	494 698	499 176	509 207	555 785	505 277
Тульское энергоснабжение	3 398	3 541	3 077	3 279	3 677	1 914	892 297	985 199	988 321	903 463	999 438	969 405
Удмуртское энергоснабжение	3 206	3 276	3 318	3 383	3 371	1 378	499 307	518 630	527 832	536 071	567 974	498 736

Таблица 7

Оценочные показатели надежности функционирования РСК, входящих в МРСК «Центра и Приволжья» в 2011-2016 г.г.

РСК/год	ГЧВП						ИСПИ						ИСПО					
	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2016	2015	2014	2013	2012	2011
Нижевоэнерго	0,0088	0,0089	0,0093	0,0105	0,0122	0,0083	1,97	2,11	2,25	2,45	2,38	2,32	224	236	241	232	195	278
Владимирэнерго	0,0085	0,0093	0,0096	0,0108	0,0125	0,0111	1,51	1,77	1,91	2,01	2,20	2,19	178	189	199	186	177	198
Ивэнерго	0,0179	0,0187	0,0199	0,0222	0,0274	0,0061	2,82	3,15	3,28	3,70	3,90	3,11	158	168	165	167	142	511
Калугаэнерго	0,0085	0,0099	0,0124	0,0171	0,0217	0,0067	1,51	1,38	1,59	1,71	2,04	2,07	178	139	128	100	94	309
Кировэнерго	0,0164	0,0169	0,0187	0,0192	0,0219	0,0092	2,07	2,13	2,36	2,60	2,61	2,39	126	126	127	135	119	259
Мариэнерго	0,0138	0,0150	0,0160	0,0172	0,0187	0,0110	1,67	1,83	1,95	2,00	2,29	2,23	121	122	122	116	123	202
Рязаньэнерго	0,0090	0,0092	0,0094	0,0096	0,0099	0,0081	1,78	1,86	1,91	1,98	2,19	2,00	197	202	203	207	221	248
Тулэнерго	0,0082	0,0087	0,0077	0,0083	0,0094	0,0049	2,16	2,43	2,48	2,29	2,56	2,50	263	278	321	276	272	506
Удмуртэнерго	0,0168	0,0175	0,0181	0,0189	0,0192	0,0079	2,61	2,77	2,88	2,99	3,23	2,87	156	158	159	158	168	362
МРСК "Ц и П"	0,0103	0,0108	0,0114	0,0127	0,0146	0,0080	1,94	2,08	2,21	2,33	2,44	2,34	190	193	195	183	168	291

Таблица 8

Удельные показатели надежности функционирования РСК, входящих в МРСК «Центра и Приволжья» 2011-2016 г.г.

РСК/то Д	Ичпл/Снф						Испл/Снф						Исто/Снф					
	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2016	2015	2014	2013	2012	2011
Нижнов энерго	3,7 Е-06	5,2 Е-06	2,1 Е-06	2,0 Е-06	2,1 Е-06	1,1 Е-06	8,3 Е-04	1,2 Е-03	5,1 Е-04	4,6 Е-04	4,1 Е-04	3,1 Е-04	9,4 Е-02	1,4 Е-01	5,5 Е-02	4,4 Е-02	3,4 Е-02	3,7 Е-02
Влади- мир- энерго	6,6 Е-06	1,1 Е-05	7,8 Е-06	5,3 Е-06	9,7 Е-06	4,1 Е-06	1,2 Е-03	2,1 Е-03	1,5 Е-03	9,9 Е-04	1,7 Е-03	8,1 Е-04	1,4 Е-01	2,3 Е-01	1,6 Е-01	9,2 Е-02	1,4 Е-01	7,3 Е-02
Ив- энерго	2,8 Е-05	4,1 Е-05	5,5 Е-05	4,6 Е-05	3,4 Е-05	7,1 Е-06	4,4 Е-03	7,0 Е-03	9,0 Е-03	7,7 Е-03	4,9 Е-03	3,6 Е-03	2,5 Е-01	3,7 Е-01	4,5 Е-01	3,5 Е-01	1,8 Е-01	5,9 Е-01
Калуга- энерго	5,0 Е-06	6,5 Е-06	4,9 Е-06	5,9 Е-06	6,0 Е-06	1,6 Е-06	8,8 Е-04	9,0 Е-04	6,3 Е-04	5,9 Е-04	5,7 Е-04	5,0 Е-04	2,5 Е-01	9,0 Е-02	5,1 Е-02	3,4 Е-02	2,6 Е-02	7,5 Е-02
Киров- энерго	2,2 Е-05	3,0 Е-05	2,4 Е-05	1,4 Е-05	1,9 Е-05	5,9 Е-06	2,8 Е-03	3,8 Е-03	3,0 Е-03	1,8 Е-03	2,3 Е-03	1,5 Е-03	1,0 Е-01	2,2 Е-01	1,6 Е-01	9,6 Е-02	1,0 Е-01	1,6 Е-01
Мари- энерго	9,2 Е-06	9,6 Е-06	5,0 Е-05	2,5 Е-05	5,5 Е-05	1,8 Е-05	1,1 Е-03	1,2 Е-03	6,1 Е-03	2,9 Е-03	6,7 Е-03	3,7 Е-03	8,1 Е-02	7,8 Е-02	3,8 Е-01	1,7 Е-01	3,6 Е-01	3,4 Е-01
Рязань- энерго	1,0 Е-05	1,2 Е-05	7,1 Е-06	8,4 Е-06	8,5 Е-06	4,9 Е-06	2,1 Е-03	2,4 Е-03	1,4 Е-03	1,7 Е-03	1,9 Е-03	1,2 Е-03	2,3 Е-01	2,6 Е-01	1,5 Е-01	1,8 Е-01	1,9 Е-01	1,5 Е-01
Тул- энерго	4,9 Е-06	6,2 Е-06	4,5 Е-06	3,7 Е-06	3,2 Е-06	6,5 Е-07	1,3 Е-03	1,7 Е-03	1,5 Е-03	1,0 Е-03	8,7 Е-04	3,3 Е-04	1,6 Е-01	2,0 Е-01	1,9 Е-01	1,2 Е-01	9,3 Е-02	6,6 Е-02
Удмурт энерго	1,9 Е-05	2,5 Е-05	1,7 Е-05	1,2 Е-05	1,5 Е-05	4,6 Е-06	2,9 Е-03	4,0 Е-03	2,8 Е-03	1,8 Е-03	2,6 Е-03	1,7 Е-03	1,8 Е-01	2,3 Е-01	1,5 Е-01	9,7 Е-02	1,3 Е-01	2,1 Е-01
МРСК "Ц и З и П"	8,8 Е-07	1,1 Е-06	8,3 Е-07	7,1 Е-07	8,0 Е-07	2,8 Е-07	1,7 Е-04	2,2 Е-04	1,6 Е-04	1,3 Е-04	1,3 Е-04	8,3 Е-05	1,6 Е-02	2,0 Е-02	1,4 Е-02	1,0 Е-02	9,1 Е-03	1,0 Е-02

Предлагаемый в данном исследовании метод оптимизации расходов на повышение надежности функционирования РСК характеризуется принципом убы-

вающей предельной полезности: дальнейшее увеличение расходов имеет смысл только в том случае, если выполняются следующие неравенства:

$$\Delta i_{\text{ЧВП}}^{\text{Снф}} > 0, \Delta i_{\text{СПО}}^{\text{Снф}} > 0, \Delta i_{\text{СПП}}^{\text{Снф}} > 0. \quad (10)$$

Отметим, что оптимальное значение расходов на повышение надежности функционирования достигается при максимальном уровне удельных индексов, с

одной стороны, и нулевым уровне прироста удельных индексов, с другой стороны:

$$\Delta i_{\text{ЧВП}}^{\text{Снф}} = 0, \Delta i_{\text{СПО}}^{\text{Снф}} = 0, \Delta i_{\text{СПП}}^{\text{Снф}} = 0 \rightarrow i_{\text{ЧВП}}^{\text{Снф}}_{\text{max}}; i_{\text{СПО}}^{\text{Снф}}_{\text{max}}; i_{\text{СПП}}^{\text{Снф}}_{\text{max}} \rightarrow C_{\text{Нф}}^{\text{опт}}. \quad (11)$$

При этом график функциональной зависимости удельных индексов от расходов на повышение надежности функционирования делится точкой, в которой достигается оптимальное значение расходов, на две части:

- первая восходящая часть графика характеризуется положительным приростом удельных индексов, при увеличении расходов на повышение надежности функционирования:

$$C_{\text{Нф}} \uparrow \rightarrow \Delta i_{\text{ЧВП}}^{\text{Знф}} > 0, \Delta i_{\text{СПО}}^{\text{Знф}} > 0, \Delta i_{\text{СПП}}^{\text{Знф}} > 0. \quad (12)$$

- вторая нисходящая часть графика характеризуется отрицательным приростом удельных индексов, при увеличении

расходов на повышение надежности функционирования:

$$C_{\text{Нф}} \uparrow \rightarrow \Delta i_{\text{ЧВП}}^{\text{Знф}} < 0, \Delta i_{\text{СПО}}^{\text{Знф}} < 0, \Delta i_{\text{СПП}}^{\text{Знф}} < 0. \quad (13)$$

В целом, функциональную зависимость между удельными индексами и расходами на повышение надежности функционирования можно представить в виде следующего графика (Рис.1.):

сводится к поиску точки максимума удельных индексов. Однако, рассматриваемый принцип оптимизации должен учитывать некоторые ограничения, заключающиеся в следующем:

Обобщая сказанное выше, отметим, что задача оптимизации расходов на повышение надежности функционирования

$$I_{\text{ЧВП}}^{\text{РСК}} \leq I_{\text{ЧВП}}^{\text{МРСК}}; I_{\text{СПО}}^{\text{РСК}} \leq I_{\text{СПО}}^{\text{МРСК}}; I_{\text{СПП}}^{\text{РСК}} \leq I_{\text{СПП}}^{\text{МРСК}}. \quad (14)$$

где: $I_{\text{ЧВП}}^{\text{РСК}}, I_{\text{СПО}}^{\text{РСК}}, I_{\text{СПП}}^{\text{РСК}}$ – значения индексов частоты возникновения перебоев в системе, средней продолжительности перебоев в системе и средней продолжительности отключения потребителей по РСК, входящих в соответствующую МРСК;

$I_{\text{ЧВП}}^{\text{МРСК}}, I_{\text{СПО}}^{\text{МРСК}}, I_{\text{СПП}}^{\text{МРСК}}$ – значения индексов частоты возникновения перебоев в системе, средней продолжительности перебоев в системе и средней продолжительности отключения потребителей по МРСК.

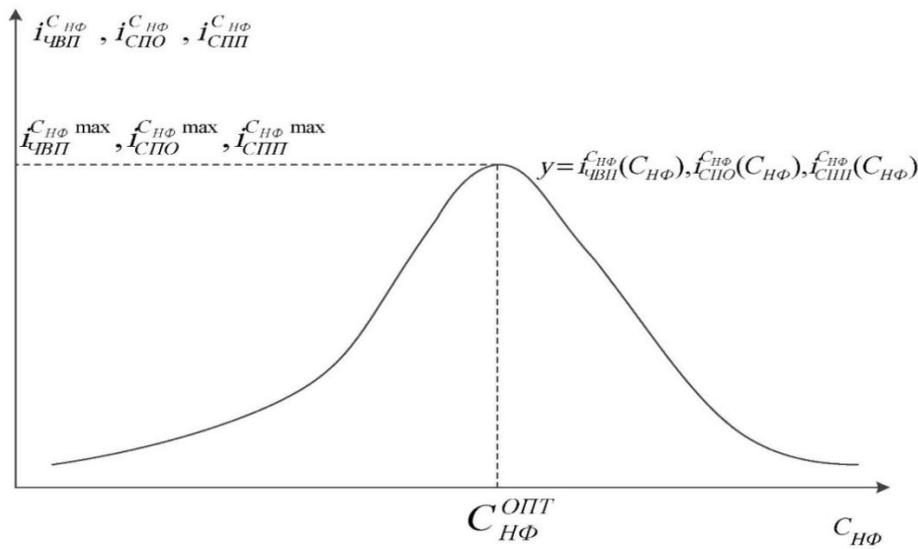


Рис. 1. Функциональная зависимость между удельными индексами и расходами на повышение надежности функционирования.

Таким образом, индексы надежности работы распределительных сетевых компаний должны быть меньше или равны средним значениям данных показателей по Межрегиональной Распределительной Сетевой Компании. Это ограничение исключает случаи достижения максимальных величин удельных индексов при больших значениях $I_{ЧВП}^{РСК}$, $I_{СПО}^{РСК}$, $I_{СПП}^{РСК}$ и низкой величине $C_{НФ}$, что неприемлемо с точки зрения приоритета необходимости обеспечения надежной и бесперебойной работы энергосистем.

Таким образом, следующим этапом реализации рассматриваемого метода оптимизации затрат на повышение надежности функционирования будет отбор удельных показателей надежности функционирования, приведенных в Таблице 8, соответствующих вышеприведенным неравенствам (14).

Прошедшие отбор значения удельных индексов частоты возникновения перебоев, средней продолжительности перебоев и средней продолжительности отключений приведены в таблице 9.

Опираясь на данные из таблиц 9 и 4, можно построить графики зависимости удельных показателей надежности работы от расходов на повышение надежности функционирования, в соответствии с Рис. 1.

В то же время поиск критериев оптимизации затрат на повышение надежности функционирования с использованием графического инструментария должен учитывать различия в количестве обслуживаемых потребителей, суммарной длине обслуживаемых сетей и общей обслуживаемой площадью между различными РСК, входящими в МРСК «Центра и Приволжья», которые обуславливают релевантные сдвиги в общей потребности финансирования мероприятий по повышению надежности функционирования.

Следовательно, для обеспечения объективности исследования, необходимо выделить релевантные диапазоны затрат на повышение надежности функционирования, в рамках которых в дальнейшем осуществлять поиск критериев оптимизации.

В данном случае целесообразно выделить три релевантных диапазона:

- 1) до 1 млрд. рублей (для малых РСК);
- 2) от 1 млрд. рублей до 2 млрд. рублей (для Средних РСК);
- 3) более 2 млрд. рублей (для Крупных РСК).

Критерии отнесения РСК к определенной категории были приведены в более ранних работах авторов.

Для первого релевантного диапазона графики зависимости удельных показателей надежности функционирования от затрат на повышение надежности функционирования выглядят следующим образом (Рис. 2,3,4).

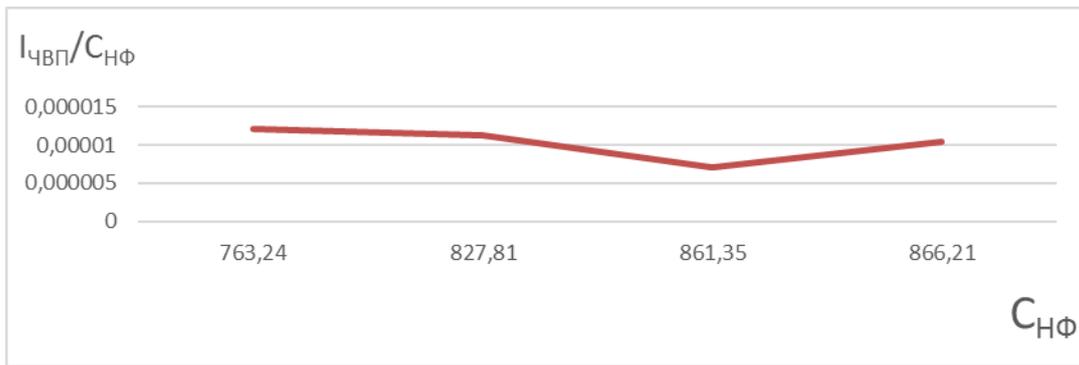


Рис.2. Зависимость $i_{ЧВП}^{C_{НФ}}$ от $C_{НФ}$ для релевантного диапазона до 1 млрд. рублей.



Рис.3. Зависимость $i_{СПП}^{C_{НФ}}$ от $C_{НФ}$ для релевантного диапазона до 1 млрд. рублей.

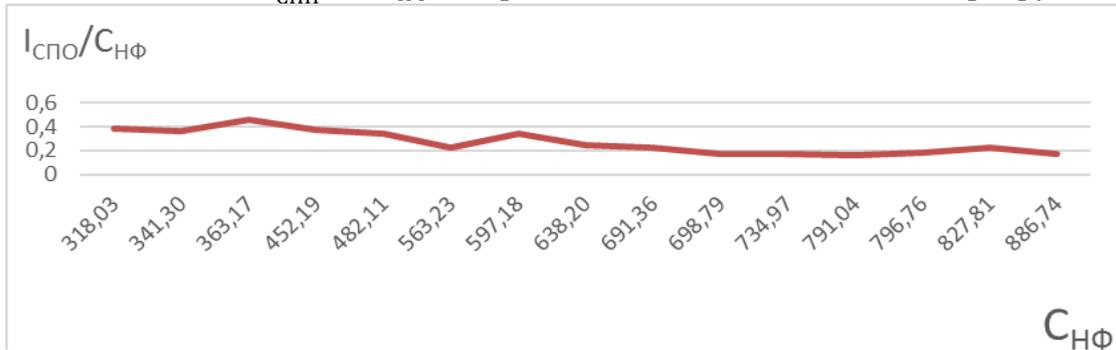


Рис.4. Зависимость $i_{СПО}^{C_{НФ}}$ от $C_{НФ}$ для релевантного диапазона до 1 млрд. рублей.

Таким образом, для релевантного диапазона до 1 млрд. рублей в качестве критерия оптимизации расходов на повышение надежности функционирования выбираем диапазон от 314, млн. рублей до 763,24 млн. р. Поскольку именно в

данных точках (включая также промежуточное значение в 363,17 млн. рублей) удельные показатели надежности функционирования достигают своего максимума.

Таблица 9

Отобранные значения удельных показателей надежности функционирования РСК, входящих в МРСК «Центра и Приволжья»

РСК/год	ИЧП/СнФ						ИСП/СнФ						ИСПО/СнФ					
	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2016	2015	2014	2013	2012	2011
Нижевоэнерго	3,7 Е-06	5,2 Е-06	2,1 Е-06	2,0 Е-06	2,1 Е-06	-	-	-	-	4,1 Е-04	3,1 Е-04	-	-	-	-	-	-	3,7 Е-02
Владимирэнерго	6,6 Е-06	1,1 Е-05	7,8 Е-06	5,3 Е-06	9,7 Е-06	-	1,2 Е-03	2,1 Е-03	1,5 Е-03	1,7 Е-03	8,1 Е-04	-	-	2,3 Е-01	-	-	-	7,3 Е-02
Ивэнерго	-	-	-	-	-	7,1 Е-06	-	-	-	-	-	-	-	2,5 Е-01	3,7 Е-01	4,5 Е-01	3,5 Е-01	1,8 Е-01
Калугаэнерго	5,0 Е-06	6,5 Е-06	-	-	-	1,6 Е-06	8,8 Е-04	9,0 Е-04	6,3 Е-04	5,7 Е-04	5,0 Е-04	-	2,5 Е-01	9,0 Е-02	5,1 Е-02	3,4 Е-02	2,6 Е-02	-
Кировэнерго	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0 Е-01	2,2 Е-01	1,6 Е-01	9,6 Е-02	1,0 Е-01	1,6 Е-01
Мариэнерго	-	-	-	-	-	-	1,1 Е-03	1,2 Е-03	6,1 Е-03	2,9 Е-03	6,7 Е-03	3,7 Е-03	8,1 Е-02	7,8 Е-02	3,8 Е-01	1,7 Е-01	3,6 Е-01	3,4 Е-01
Рязаньэнерго	1,0 Е-05	1,2 Е-05	7,1 Е-06	8,4 Е-06	8,5 Е-06	-	2,1 Е-03	2,4 Е-03	1,4 Е-03	1,7 Е-03	1,9 Е-03	1,2 Е-03	-	-	-	-	-	1,5 Е-01
Тулэнерго	4,9 Е-06	6,2 Е-06	4,5 Е-06	3,7 Е-06	3,2 Е-06	6,5 Е-07	-	-	-	1,0 Е-03	-	-	-	-	-	-	-	-
Удмуртэнерго	-	-	-	-	-	4,6 Е-06	-	-	-	-	-	-	1,8 Е-01	2,3 Е-01	1,5 Е-01	9,7 Е-02	-	-

Для второго релевантного диапазона на графики зависимости удельных показателей надежности функционирования

от расходов на повышение надежности функционирования выглядят следующим образом (Рис. 5,6,7).

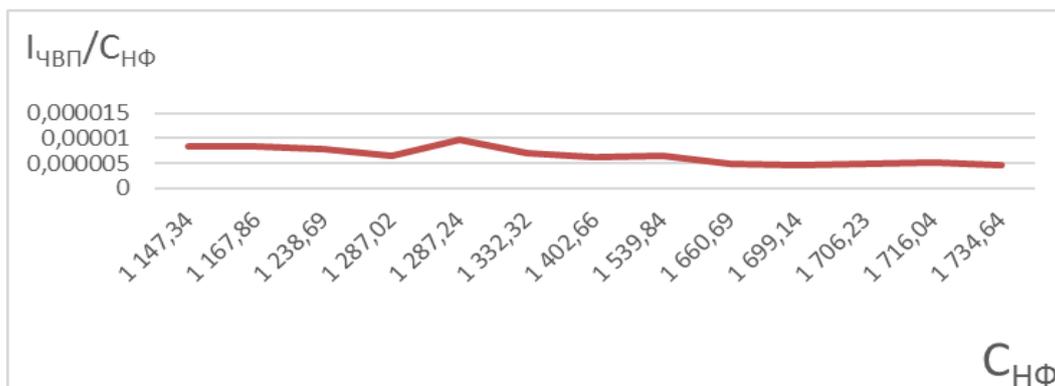


Рис. 5. Зависимость $i_{\text{ЧВП}}^{C_{\text{НФ}}}$ от $C_{\text{НФ}}$ для релевантного диапазона от 1 до 2 млрд. рублей

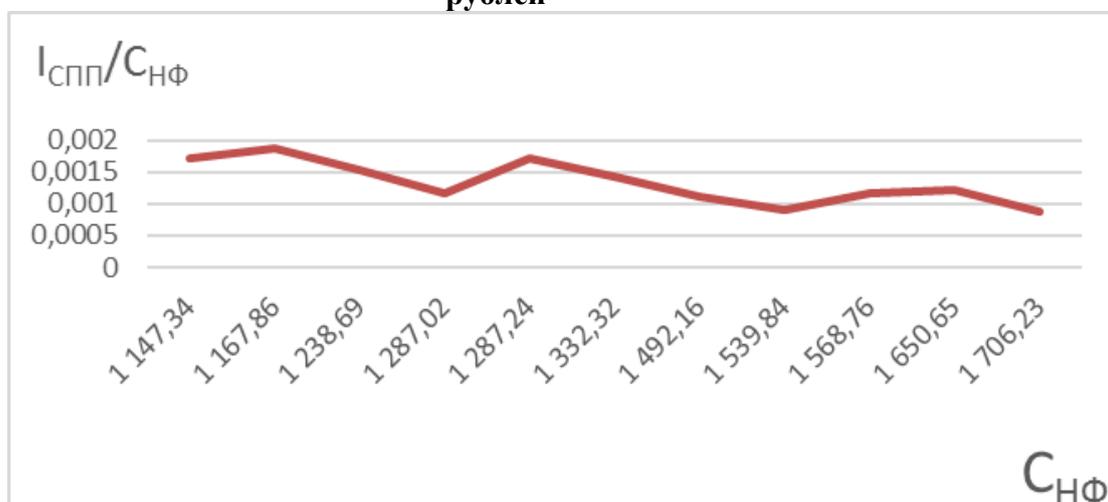


Рис.6. Зависимость $i_{\text{СПП}}^{C_{\text{НФ}}}$ от $C_{\text{НФ}}$ для релевантного диапазона от 1 до 2 млрд. рублей.

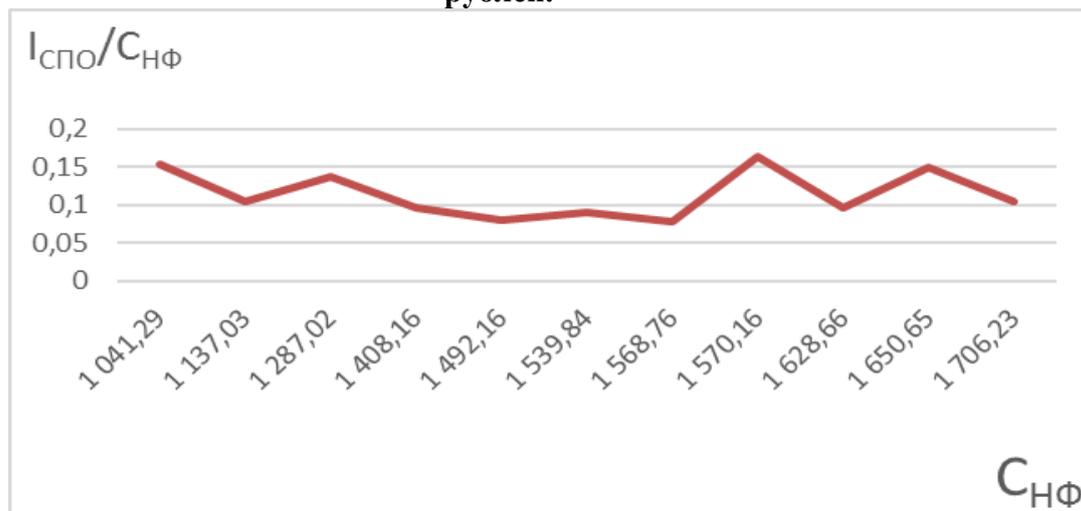


Рис.7. Зависимость $i_{\text{СПО}}^{C_{\text{НФ}}}$ от $C_{\text{НФ}}$ для релевантного диапазона от 1 до 2 млрд. рублей.

Таким образом, для релевантного диапазона от 1 до 2 млрд. рублей в качестве критерия оптимизации расходов на повышение надежности функционирования выбираем диапазон от 1167,86 млн. рублей до 1570,16 млн. р. Поскольку именно в данных точках (включая также промежуточное значение в 1287,24 млн. рублей) удельные показатели надежности

функционирования достигают своего максимума.

Для третьего релевантного диапазона на графики зависимости удельных показателей надежности функционирования от расходов на повышение надежности функционирования выглядят следующим образом (рис. 8,9,10):

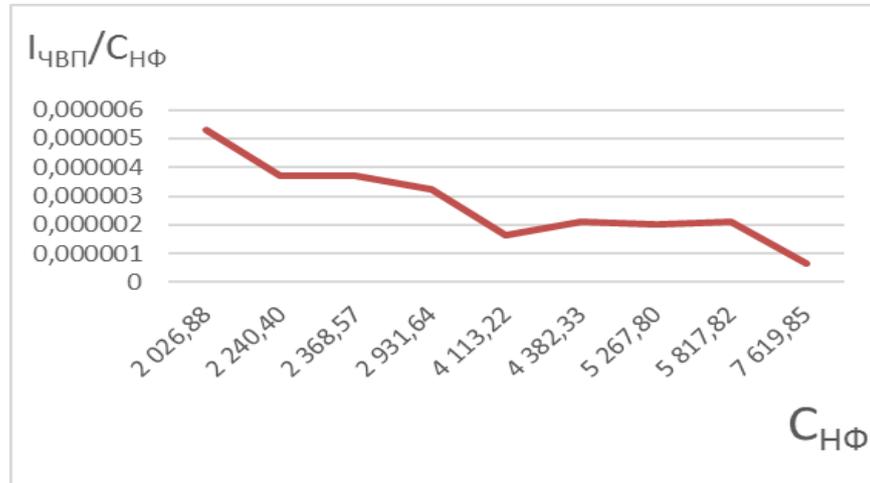


Рис. 8. Зависимость $i_{ЧВП}^{C_{НФ}}$ от $C_{НФ}$ для релевантного диапазона от 2 млрд. рублей



Рис.9. Зависимость $i_{СПП}^{C_{НФ}}$ от $C_{НФ}$ для релевантного диапазона от 2 млрд. рублей.

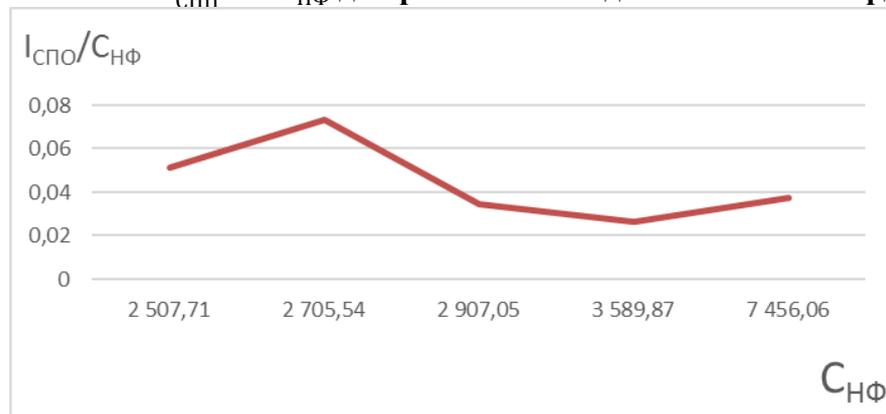


Рис.10. Зависимость $i_{СПО}^{C_{НФ}}$ от $C_{НФ}$ для релевантного диапазона от 2 млрд. рублей.

Таким образом, для релевантного диапазона от 2 млрд. рублей в качестве критерия оптимизации расходов на повышение надежности функционирования выбираем диапазон от 2026,88 млн. рублей до 2705,54 млн. р. Поскольку именно в данных точках (включая также проме-

жуточное значение в 2240, 4 млн. рублей) удельные показатели надежности функционирования достигают своего максимума.

Обобщим результаты проведенного исследования в таблице 10:

Таблица 10

Критерии оптимизации затрат на повышение надежности функционирования

Релевантный диапазон $C_{НФ}$	до 1 млрд. р.	от 1 до 2 млрд. р.	от 2 млрд. р.
Критерии оптимизации $C_{НФ}$ (оптимальная величина $C_{НФ}$)	от 314, млн. рублей до 763,24 млн. р.	от 1167,86 млн. рублей до 1570,16 млн. р.	от 2026,88 млн. рублей до 2705,54 млн. р.

Полученные критерии оптимизации расходов на повышение надежности функционирования РСК, входящих в МРСК «Центра и Приволжья», можно рекомендовать в качестве плановой величины инвестиционной компоненты долгосрочного тарифа на передачу электрической энергии на период с 2018 по 2023 годы.

В дальнейшем предполагается связать методологию, используемую для определения критериев оптимизации расходов на повышение надежности функционирования распределительных сетевых компаний с методологией расчета долгосрочных тарифов на передачу электрической энергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воропай Н. И. Надежность систем электроснабжения: учебное пособие для вузов. — Новосибирск: Наука, 2015. — 208 с.;
2. Егоров В.Н. Основы экономической теории надежности производственных систем / В.Н. Егоров, Д.И. Коровин. — М.: Наука, 2006. — 526 с.
3. Методика управления затратами на повышение надежности функционирования межрегиональных распределительных сетевых // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение 2012. - № 1 (29). — С. 49-54.
4. В.В. Великороссов, В.И. Колибаба, А.А. Овсянников Анализ надежности функционирования распределительных сетевых компаний, входящих в МРСК «Центра и Приволжья» за 2011-2016 годы // Развитие интеграционных процессов в экономике России: монография/ кол. авторов; под ред. Д.К. Балахановой, В.В. Великороссова, М.И. Максимова, С.А. Филина. — Москва: РУСАЙНС, 2018. — с. 82-102

Рукопись поступила в редакцию 07.01.2019г.

STANDARDS FOR OPTIMIZATION OF RELIABILITY FUNCTION COSTS IN SWITCH POWER NETWORK COMPANIES

A.A. OVSYANNIKOV, V.I. KOLIBABA

Ivanovo State Power University

Offering in article optimization method of reliability functioning costs in switch power network companies included in INTERREGIONAL SWITCH POWER NETWORK COMPANY «ZHENTRA AND PRIVOLGIA» allow to determine standards for making a decision in reliability functioning actions financing. In the article, there was calculated and analyzed reliability functioning costs in switch power network companies, indicators reliability functioning power network companies, qualitative indicators reliability functioning power network companies In the searching there was analyzed graphs of functional dependence between qualitative indicators reliability functioning and reliability functioning costs in switch power network companies, was determined optimal reliability functioning costs in switch power network companies for different cost's relevant diapason. Findings of optimization criteria for reliability functioning costs were recommended as planned value of investment part in transmission of electrical energy tariff for 2018-2023 years.

Key words: reliability functioning, switch power network companies, reliability functioning indexes, standards for cost optimization, investment planning.

References

1. Voropaj N. I. Nadezhnost' sistem ehlektrosnabzheniya: uchebnoe posobie dlya vuzov. —Novosibirsk: Nauka, 2015. — 208 s.;
2. Egorov V.N. Osnovy ehkonomicheskoy teorii nadezhnosti proizvodstvennyh sistem / V.N. Egorov, D.I. Ko-rovin. – M.: Nauka, 2006. – 526 s.
3. Metodika upravleniya zatratami na povyshenie nadezhnosti funkcionirovaniya mezhregional'nyh raspredelitel'nyh setevykh // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. Regional'noe prilozhenie. Izdatel'stvo: IGHTU (Ivanovo) – 2012. - № 1 (29). – S. 49-54.
4. V.V. Velikorossov, V.I. Kolibaba, A.A. Ovsyannikov Analiz nadezhnosti funkcionirovaniya raspredelitel'nyh setevykh kompanij, vkhodyashchih v MRSK «Centra i Privolzh'ya» za 2011-2016 gody //Razvitie integracionnykh processov v ehkonomie Rossii: monografiya/ kol. avtorov; pod red. D.K. Balahanovoj, V.V. Velikorossova, M.I. Maksimova, S.A. Filina. – Moskva: RUSAJNS,2018. –s. 82-102.