

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТОВ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИННОВАЦИОННОГО ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ВОЗВРАТНО-ЦЕЛЕВОГО УСИЛЕНИЯ БЮДЖЕТНОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ

Л.С. Казаринов, Т.А. Барбасова

ENERGY EFFICIENT OUTDOOR LIGHTING SYSTEM DESIGN USING AN INNOVATING REVOLVING BUDGETING MECHANISM

L.S. Kazarinov, T.A. Barbasova

Рассматривается технико-экономический механизм модернизации систем наружного освещения на основе возвратно-целевого усиления бюджетного финансирования. Исследовано влияние повышения функционального резерва светодиодных источников света на период окупаемости проектов модернизации систем освещения.

Ключевые слова: системы управления, источники света.

An innovative revolving budgeting mechanism for energy efficient outdoor lighting system implementation is considered. The implication of functional redundancy of LED-lighting sources to pay-back period of projects is investigated

Keywords: control systems, lighting source.

Введение

Актуальной проблемой развития электроэнергетических систем уличного освещения в РФ является их модернизация на основе внедрения новых высокоэффективных источников света, гибкого индивидуального управления источниками света в гибридных комплексах освещения. Решение данной проблемы тормозится высокой стоимостью светодиодных источников, аппаратуры автоматизированных систем, отсутствием методологии и технических решений построения гибких адаптивных систем автоматизированного управления сложными гибридными комплексами наружного освещения.

В работе предложен технико-экономический механизм эволюционной модернизации систем наружного освещения на основе возвратно-целевого финансирования проектов при повышении функционального резерва светодиодных источников света. Проведена оценка периодов окупаемости проектов модернизации систем уличного освещения на базе светодиодных источников света повышенной эксплуатационной надежности.

Подход к внедрению энергосберегающих проектов на основе технико-экономического механизма возвратно-целевого усиления бюджетного финансирования

Для реализации процесса модернизации системы освещения целесообразно организовать целевой фонд финансирования модернизации освещения.

Наполнение фонда целесообразно осуществлять за счет экономии денежных средств, образующейся вследствие повышения энергетической эффективности модернизируемого уличного освещения. Полученная экономия должна аккумулироваться в указанном целевом фонде. Аккумулированные средства фондов целевым образом направляются в рамках выполняемой программы на развитие работ по модернизации уличного освещения. При этом усиливается приток средств в соответствующий фонд модернизации уличного освещения.

Таким образом, можно постепенно увеличивать объемы работ по модернизации уличного освещения с перспективой реализации всех работ.

Казаринов Лев Сергеевич – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой автоматики и управления, Южно-Уральский государственный университет; kazarinov@ait.susu.ac.ru

Барбасова Татьяна Александровна – канд. техн. наук, доцент кафедры автоматики и управления, Южно-Уральский государственный университет; barbasow@mail.ru

Kazarinov Lev Sergeevich – PhD, professor, head of the Automation and control department of South Ural State University; kazarinov@ait.susu.ac.ru

Barbasova Tatiana Alexandrovna – PhD, assistant professor of the Automation and control department of South Ural State University; barbasow@mail.ru

Правовая основа создания механизма возвратного целевого финансирования следующая. На основании Федерального закона РФ от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты российской федерации» регулируются отношения по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

Согласно статьи 4 правовое регулирование в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности основывается на следующих принципах:

- 1) эффективное и рациональное использование энергетических ресурсов;
- 2) поддержка и стимулирование энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- 3) системность и комплексность проведения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности;
- 4) планирование энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- 5) использование энергетических ресурсов с учетом ресурсных, производственно-технологических, экологических и социальных условий.

На основании статьи 27 п. 1 государственная поддержка в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности может осуществляться по следующим направлениям:

- 1) содействие в осуществлении инвестиционной деятельности в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- 2) пропаганда использования энергосервисных договоров (контрактов);
- 3) содействие в разработке и использовании объектов, технологий, имеющих высокую энергетическую эффективность;
- 4) содействие в строительстве многоквартирных домов, имеющих высокий класс энергетической эффективности;
- 5) поддержка региональных, муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, предусматривающих, в частности, достижение наиболее высоких целевых показателей энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- 6) реализация программ стимулирования производства и продажи товаров, имеющих высокую энергетическую эффективность, для обеспечения их в количестве, удовлетворяющем спрос потребителей, при установлении запрета или ограничения производства и оборота аналогичных по цели использования товаров, результатом использования которых может стать непроизводительный расход энергетических ресурсов;
- 7) содействие в осуществлении образовательной деятельности в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности и информационной поддержки мероприятий по энер-

госбережению и повышению энергетической эффективности;

8) иные предусмотренные законодательством об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности направления.

На основании статьи 27 п. 3 Российская Федерация вправе осуществлять софинансирование расходных обязательств субъектов Российской Федерации, муниципальных образований в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в пределах средств, предусмотренных федеральным законом о федеральном бюджете на соответствующий финансовый год и на плановый период. Средства федерального бюджета, предусмотренные указанным федеральным законом, предоставляются бюджетам субъектов Российской Федерации в виде субсидий в порядке, установленном Правительством Российской Федерации. Такой порядок должен содержать также порядок распределения субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации, цели предоставления субсидий и критерии отбора субъектов Российской Федерации – получателей субсидий. В число критериев отбора субъектов Российской Федерации – получателей субсидий – должны быть включены показатели, отражающие эффективность региональных, муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

На основании статьи 27 п. 4 органы государственной власти, органы местного самоуправления, уполномоченные на осуществление государственного регулирования цен (тарифов), вправе устанавливать социальную норму потребления населением энергетических ресурсов, а также пониженные цены (тарифы), применяемые при расчетах за объем потребления энергетических ресурсов (услуг по их доставке), соответствующий социальной норме потребления, при условии обязательной компенсации организациям, осуществляющим поставки энергетических ресурсов, оказание услуг, соответствующей части затрат на их осуществление. Такая компенсация может обеспечиваться за счет установления для населения цен (тарифов), дифференцированных в отношении энергетических ресурсов, поставляемых населению в пределах социальной нормы потребления и сверх социальной нормы потребления.

Выбор перспективных направлений проводимых научно-технических исследований основывается на рассмотрении вариантов модернизации системы уличного освещения.

Повышение эффективности использования электрической энергии можно достичь на основе модернизации уличного освещения, которая состоит во внедрении автоматизированной системы диспетчерского управления уличным освещением с перспективой последовательного внедрения новых высокоэффективных источников света на базе светодиодов.

В силу сложившихся экономических условий объем первоначальных источников финансирования работ является ограниченным, поэтому для данного проекта предполагается усиление финансирования на основе использования существующего потенциала энергосбережения.

В основу усиления финансирования работ по модернизации системы уличного освещения целесообразно положить технико-экономический механизм **возвратного целевого финансирования**.

Общая схема возвратного целевого финансирования состоит в организации специализированной программы модернизации уличного освещения.

Целью создания распределенной автоматизированной системы диспетчерского управления (АСДУ) с гибкой итерационной структурой, с плавным регулированием яркости светильников уличного освещения является повышение энергетической эффективности, надежности и качества уличного освещения на основе централизованного автоматического и оперативно-диспетчерского управления режимами светодиодных источников света, предназначенных для освещения улиц, объектов и территорий городов и населенных пунктов, расположенных в районах с умеренно-холодным климатом.

Оценочный расчет модернизации системы уличного освещения

В целях анализа и обоснования направлений исследования необходимо производить оценочный расчет экономической эффективности модернизации системы уличного освещения, включающих внедрение АСДУ уличного освещения и замены существующих ламп на более эффективные светодиодные светильники.

Экономическая эффективность внедрения и эксплуатации АСДУ обусловлена следующими основными факторами:

- включение/отключение освещения, исходя из реального уровня естественной освещенности, учитывающее текущую протяженность светового дня и погодные факторы (коррекция режима включения на «пасмурный день» и «солнечный день»);

- экономичный режим частичного освещения во «внутренние» часы ночного времени за счет пофазного управления питанием линий освещения (отключение 1-й фазы в ночное время) либо плавного снижения мощности светового потока светодиодных уличных светильников;

- экономия на «ресурсе» осветительных ламп за счет уменьшения суммарного времени горения;

- оплата по каждому пункту учета по конкретному энергопотреблению, а не за установленную мощность;

- возможность контролировать несанкционированные подключения на основании показаний электросчетчиков, позволяющих отслеживать изменения текущей потребляемой мощности, токов и напряжений по каждой фазе;

- экономия на организационно-технических мероприятиях: предотвращение аварий, экономия на обслуживании, транспортные расходы, увеличение сроков эксплуатации оборудования (ламп, проводов) и т. д.

Для расчета необходимы параметры работы системы уличного освещения по месяцам без АСДУ и с учетом режима частичного освещения в ночное время под управлением АСДУ с учетом нормативных данных.

При этом в расчете принято, что благодаря планируемому повышению надежности разрабатываемых светодиодных светильников, а также уменьшению времени горения светильников в АСДУ их срок эксплуатации увеличивается с 10 до 12 лет, тем самым увеличивается функциональный резерв службы светодиодных источников света.

Кроме того, процесс эволюционного внедрения энергоэффективных систем уличного освещения подразумевает выделение первоначального бюджетного финансирования на частичное выполнение энергоэффективных работ. Полученную экономию денежных средств рекомендуется направлять в возвратно-целевой фонд. Дальнейшее финансирование работ происходит за счет сэкономленных средств – средств возвратно-целевого фонда.

На данном этапе первоначально определяется объем финансирования мероприятий эволюционного внедрения систем уличного освещения.

Из указанного объема финансирования определяется количество светильников, которые будут заменяться на регулируемые светодиодные источники света при учете постепенного внедрения автоматизированной системы диспетчерского управления уличным освещением.

Количество установленных светодиодных источников света (СИС) определяется по формуле

$$K_{\text{СИС}} = W_{\text{пл}} / C_{\text{СИС АСДУ}},$$

где $K_{\text{СИС}}$ – количество установленных СИС, шт.;

$W_{\text{пл}}$ – объем первоначальных инвестиций, руб.;

$C_{\text{СИС АСДУ}}$ – стоимость светодиодного источника

света, включая замену и монтаж светильника при учете удельных затрат на модернизацию диспетчерского пункта АСДУ, отнесенные к количеству устанавливаемых СИС, руб./шт.

Последующие затраты фонда равны полученной экономии за предыдущий период.

Расчет окупаемости модернизации системы уличного освещения студенческого городка ГОУ ВПО ЮУрГУ

В работе приведены расчеты модернизации системы освещения на базе внедрения автоматизированной системы диспетчерского регулирования и внедрения светодиодных источников света повышенной эксплуатационной надежности [3]. В результате проведенных работ по оптимизации све-

тодиодных источников света по максимуму функционального резерва при ограничении на весогабаритные характеристики [2] и внедрению АСДУ, срок эксплуатации светодиодных источников света увеличивается с 10 до 12 лет, тем самым увеличивается функциональный резерв службы светодиодных источников света.

Расчет окупаемости модернизации системы уличного освещения студенческого городка ГОУ ВПО ЮУрГУ проведен при следующих исходных данных:

- 1) количество существующих светильников в системе освещения, подлежащих замене на светодиодные, – 101 шт.;
- 2) тип ламп – ДнаТ, 250 Вт;
- 3) замена производится на светодиодные светильники мощностью 110 В;
- 4) количество часов работы системы освещения в год для города Челябинска – 3866 часов;
- 5) ориентировочные затраты на создание диспетчерского пункта для ГОУ ВПО ЮУрГУ – 510 тыс. руб.;
- 6) ориентировочные затраты на создание объекта управления ГОУ ВПО ЮУрГУ – 140 тыс. руб.;

7) ориентировочные затраты на внедрение автоматизированной системы диспетчерского управления – 650 тыс. руб.;

8) расчетная экономия электрической энергии за счет внедрения автоматизированной системы, полученной за счет уменьшения светового потока в ночное время, составляет 39 %.

В таблице приведены основные параметры реализации программы модернизации всей системы освещения района студенческого городка ГОУ ВПО ЮУрГУ.

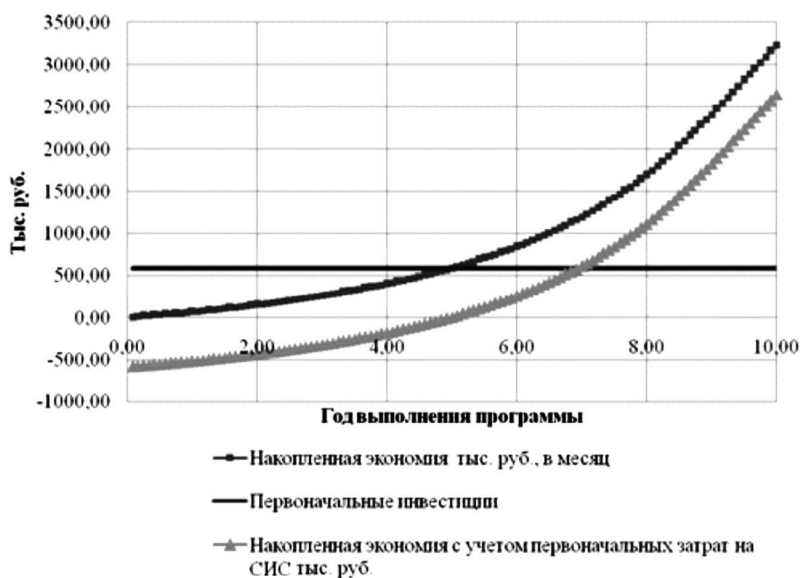
На рисунке приведены графики полученной экономии денежных средств в зависимости от года выполнения программы модернизации системы освещения. Следует отметить, расчетный срок окупаемости внедрения системы диспетчерского управления уличным освещением при установке 22 шт. светодиодных источников света составляет 9 лет 10 месяцев. Большой срок окупаемости обусловлен малым объемом внедрения регулируемых светодиодных источников света при организации автоматизированной системы диспетчерского управления освещением.

Основные параметры реализации программы модернизации системы освещения

Год	Тариф на э/энергии, руб. за 1 кВт·ч	Количество установленных СИС нарастающим итогом всего, шт.	Бюджетные затраты на СИС с АСДУ, тыс. руб.	Затраты из ФОНДА, тыс. руб.	Потребление э/энергии СИС, кВт·ч	Потребление э/энергии ДнаТ, кВт·ч	Экономия э/энергии при использовании СИС, тыс. руб.	Доп. экономия э/энергии от исп. АСДУ, тыс. руб.	Затраты на обслуживание ДнаТ, тыс. руб.	Затраты на обслуживание СИС с АСДУ, тыс. руб.	Экономия на обслуживании СИС, тыс. руб.	экономия с учетом кол-ва СИС, тыс. руб., в месяц	Накопленная экономия с учетом кол-ва СИС, тыс. руб. в месяц	Накопленная экономия с учетом затрат на СИС, тыс. руб. в месяц
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1-й	2,168	22	575	0,00	780	2126	2,92	0,66	1,74	0,29	1,45	5,03	5,03	-569,87
	2,168	22		5,03	786	2145	2,95	0,67	1,76	0,30	1,46	5,08	10,11	-564,80
	2,168	22		5,08	793	2164	2,97	0,68	1,77	0,30	1,47	5,12	15,23	-559,68
	2,168	23		5,12	800	2183	3,00	0,68	1,79	0,30	1,49	5,16	20,39	-554,51
	2,168	23		5,16	807	2202	3,02	0,69	1,80	0,31	1,50	5,21	25,60	-549,30
	2,168	23		5,21	814	2221	3,05	0,69	1,82	0,31	1,51	5,26	30,86	-544,05
	2,168	23		5,26	821	2240	3,08	0,70	1,84	0,31	1,53	5,30	36,16	-538,75
	2,168	23		5,30	829	2260	3,10	0,71	1,85	0,31	1,54	5,35	41,51	-533,40
	2,168	24		5,35	836	2280	3,13	0,71	1,87	0,32	1,55	5,40	46,90	-528,00
	2,168	24		5,40	848	2300	3,15	0,72	1,88	0,32	1,57	5,43	52,34	-522,57
	2,168	24		5,43	856	2320	3,17	0,73	1,90	0,32	1,58	5,48	57,81	-517,09
	2,168	24		5,48	863	2340	3,20	0,73	1,92	0,32	1,59	5,53	63,34	-511,57
...														

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
5-й	4,286	37		12,72	1332	3610	9,77	2,23	2,96	0,50	2,46	14,46	415,69	-159,21
	4,286	38		14,46	1351	3664	9,91	2,26	3,00	0,51	2,49	14,67	430,36	-144,54
	4,286	38		14,67	1371	3718	10,06	2,30	3,05	0,52	2,53	14,89	445,25	-129,66
	4,286	39		14,89	1392	3773	10,21	2,33	3,09	0,52	2,57	15,11	460,36	-114,55
	4,286	40		15,11	1412	3829	10,36	2,37	3,14	0,53	2,61	15,33	475,69	-99,22
	4,286	40		15,33	1433	3886	10,51	2,40	3,18	0,54	2,65	15,56	491,25	-83,66
	4,286	41		15,56	1454	3943	10,67	2,44	3,23	0,55	2,68	15,79	507,04	-67,87
	4,286	41		15,79	1476	4002	10,83	2,47	3,28	0,55	2,72	16,02	523,06	-51,85
	4,286	42		16,02	1498	4061	10,99	2,51	3,33	0,56	2,76	16,26	539,32	-35,58
	4,286	43		16,26	1520	4121	11,15	2,55	3,38	0,57	2,81	16,50	555,82	-19,08
	4,286	43		16,50	1543	4182	11,31	2,58	3,43	0,58	2,85	16,75	572,57	-2,34
	4,286	44		16,75	1565	4244	11,48	2,62	3,48	0,59	2,89	16,99	589,56	14,66
...														
12-й	8,622	101			3601	9762	53,12	10,55	8,00	1,35	6,65	70,32	4172,69	3591,10
	8,622	101			3601	9762	53,12	10,55	8,00	1,35	6,65	70,32	4243,00	3661,42
	8,622	101			3601	9762	53,12	10,55	8,00	1,35	6,65	70,32	4313,32	3731,73
	8,622	101			3601	9762	53,12	10,55	8,00	1,35	6,65	70,32	4383,63	3802,05
	8,622	101			3601	9762	53,12	10,55	8,00	1,35	6,65	70,32	4453,95	3872,36
	8,622	101			3601	9762	53,12	10,55	8,00	1,35	6,65	70,32	4524,26	3942,68
	8,622	101			3601	9762	53,12	10,55	8,00	1,35	6,65	70,32	4594,58	4013,00
	8,622	101			3601	9762	53,12	10,55	8,00	1,35	6,65	70,32	4664,90	4083,31
	8,622	101			3601	9762	53,12	10,55	8,00	1,35	6,65	70,32	4735,21	4153,63
	8,622	101			3601	9762	53,12	10,55	8,00	1,35	6,65	70,32	4805,53	4223,94
	8,622	101			3601	9762	53,12	10,55	8,00	1,35	6,65	70,32	4875,84	4294,26
	8,622	101			3601	9762	53,12	10,55	8,00	1,35	6,65	70,32	4946,16	4364,57



Зависимость финансовых показателей от продолжительности выполнения программы

При единовременной модернизации системы освещения с внедрением АСДУ и установкой 101 шт. светодиодных источников света на всю территорию студенческого городка ГОУ ВПО ЮУрГУ срок окупаемости составляет 6 лет и 5 месяцев.

Вследствие больших сроков окупаемости проектов модернизации систем освещения при внедрении АСДУ и установке светодиодных источников света и вследствие ограниченных бюджетных ресурсах предлагается рассматривать проекты с возвратно-целевым финансированием работ.

При первоначальных вложениях в размере 575 тыс. руб. и использовании механизма возвратно-целевого финансирования за расчетный период возможно произвести модернизацию всей системы освещения района студенческого городка ГОУ ВПО ЮУрГУ.

Срок окупаемости первоначальных инвестиций с учетом возвратно-целевого финансирования составит 4 года и 10 месяцев.

Заключение

В силу сложившихся экономических условий объем первоначальных источников финансирования работ является ограниченным, поэтому для проектов модернизации систем освещения на базе энергоэффективных светодиодных источников света предполагается усиление финансирования на основе использования существующего потенциала энергосбережения.

В работе предложен технико-экономический механизм эволюционной модернизации систем наружного освещения на базе внедрения автоматизированных систем управления светодиодными источниками света повышенной эксплуатационной надежности и функциональным резервированием. Функциональный резерв светодиодных источников света позволяет решить задачу компенсации процессов старения осветительных приборов (поддержание суммарного светового потока на

заданном уровне в течение всего срока службы светильника) в автоматическом режиме, что, в свою очередь, будет способствовать уменьшению затрат на проведение ремонтно-профилактического обслуживания светильников и повышению общего срока безотказной работы системы уличного освещения в целом.

Проведена оценка периода окупаемости проекта модернизации систем уличного освещения на базе светодиодных источников света повышенной эксплуатационной надежности.

Литература

1. Выбор оптимального режима работы светодиодных излучателей / В.И. Константинов, Е.В. Вставская, Т.А. Барбасова, В.О. Волков // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2010. – Вып. 11, № 2(178). – С. 46–51.
2. Проектирование светодиодных источников света по максимуму функционального резерва при ограничении на весогабаритные характеристики / Л.С. Казаринов, Е.В. Вставская, В.И. Константинов, Т.А. Барбасова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2011. – Вып. 13, № 2(219). – С. 74–81.
3. Автоматизированные системы управления энергоэффективным освещением: моногр. / Л.С. Казаринов, Д.А. Шнайдер, Т.А. Барбасова и др.; под ред. Л.С. Казаринова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ: Издатель Т. Лурье, 2011. – 208 с., ил.
4. Управление режимами работы светодиодных светильников с передачей информации по питающей сети / Е.В. Вставская, В.И. Константинов, Т.А. Барбасова, Е.В. Костарев // Физика и технические приложения волновых процессов: Материалы IX Междунар. науч.-техн. конф. 13–17 сентября 2010. – Челябинск: Челябинский государственный университет, 2010.

Поступила в редакцию 18 мая 2011 г.