

# Исследование парка источников света, оценка электропотребления и потенциала экономии электроэнергии в системах освещения России

Г.Я. ВАГИН, О.Ю. МАЛАФЕЕВ, М.В. МАРТЫНЮК

Нижегородский государственный технический университет  
E-mail: omail1@mail.ru

## Аннотация

Разработана методика определения установленного парка источников света как в целом по стране, так и по всем секторам экономики России. Это позволяет оценить технологический уровень использования осветительных приборов и организовать постоянный мониторинг энергоэффективности электропотребления на освещение в различных секторах экономики России.

**Ключевые слова:** объём рынка источников света, парк источников света по секторам экономики, характеристики энергопотребления, потенциал экономии электроэнергии.

## 1. Введение

По данным [1], в России на нужды освещения ежегодно расходуется до 14% от общего объёма потребляемой в стране электроэнергии. В нормативных документах [2, 3] и в работе [4] намечены мероприятия по внедрению энергоэффективных источников света и светильников. Однако отсутствие постоянного мониторинга электропотребления на освещение не позволяет оперативно отслеживать, как выполняются эти мероприятия, и реагировать на быстро изменяющийся рынок источников света.

Целями и задачами данного исследования являются:

1) получение информации: сколько типов источников света и какие установлены на территории РФ в целом по стране и по секторам потребления;

2) оценочный расчёт объёмов электропотребления на освещение в целом по РФ и по секторам потребления;

3) оценочный расчёт снижения потребления электроэнергии на освещение и выбросов парникового газа в результате перехода на энергосберегающие источники света;

4) формирование информации по рынку ламп для оценки исполнения положений закона № 261-ФЗ [2].

Работа выполнялась по проекту ПРООН/ГЭФ/Минэнерго РФ «Преобразование рынка для продвижения энергоэффективного освещения» при участии специалистов НГТУ и ООО «Лайтинг Бизнес Консалтинг».

В основу расчётов положены: данные мониторинга системы освещения России, проведённого в 2013–2014 годах; данные Росстата и региональных энергетических компаний; отчёты ООО «Лайтинг Бизнес Консалтинг» по мониторингу рынка ламп в России в 2011–2014 годах<sup>1</sup>; данные опросных листов и результаты анкетирования администрации более 70 городов в различных регионах РФ.

Областью исследования являлись все стационарно установленные источники света в четырёх основных секторах

экономики: промышленном, общественном, жилищном и в наружном освещении.

## 2. Описание подхода

Блок-схема определения объёма рынка источников света (ИС) по секторам экономики приведена на рис. 1.

Рынок всех ИС можно разделить на  $K$  категорий ( $k = 1 \div K$ ) по типу ламп. В настоящее время это восемь типов ламп (ЛН, ГЛН, КЛЛ, СД, ЛЛ, ДНаТ, МГЛ, ДРЛ). Световую отдачу отдельного типа ламп  $\eta_k$  будем считать одинаковой, не зависящей от мощности ламп.

Всю освещаемую площадь можно разбить на  $Q$  секторов, каждый площадью  $S_q$  ( $q = 1 \div Q$ ). В данной работе это четыре сектора экономики.

Количество ИС, требующихся для освещения  $q$ -го сектора экономики, можно вычислить по выражению:

$$N_q = \frac{E_q \cdot S_q}{\eta_q} \left( \sum_{k=1}^K \omega_{q,k} \cdot \eta_k \cdot P_k \right)^{-1}, \quad (1)$$

где  $E_q$  – средняя освещённость  $q$ -го сектора, лк;  $S_q$  – площадь  $q$ -го сектора, м<sup>2</sup>;  $\eta_q$  – средний КПД осветительных приборов в  $q$ -м секторе;  $\omega_{q,k}$  – базовое соотношение между числом источников света  $k$ -го типа и общим числом ИС в  $q$ -м секторе потребления;  $\eta_k$  – средняя светоотдача ламп  $k$ -й категории, лм/Вт;  $P_k$  – средняя мощность ИС для  $k$ -й категории, Вт.

Общее количество ИС по всем секторам экономики будет определяться по выражению:

$$N_{\Sigma} = \sum_{q=1}^Q N_q = \sum_{q=1}^Q \left[ \frac{E_q \cdot S_q}{\eta_q} \left( \sum_{k=1}^K \omega_{q,k} \cdot \eta_k \cdot P_k \right)^{-1} \right]. \quad (2)$$

Объём рынка ИС можно определить по выражению:

$$V = \sum_{q=1}^Q \sum_{k=1}^K \left( \omega_{q,k} \cdot N_q \cdot \frac{t_q}{T_k} \right), \quad (3)$$

где  $T_k$  – срок службы ламп (время наработки на отказ) для каждого типа ламп (табл. 1);  $t_q$  – среднее время использования ламп для каждого сектора экономики в течение года (табл. 2).

Введём понятие интенсивности замены ламп  $k$ -го типа в  $q$ -м секторе  $C_{q,k}$ :

$$C_{q,k} = \frac{t_q}{T_k} (1 + d_k), \quad (4)$$

<sup>1</sup> Рынок ламп в России в 2011–2013 гг. Отчёт о НИР. М.: ООО «Лайтинг Бизнес Консалтинг».

Таблица 1

Средний срок службы ламп в зависимости от технологии изготовления,  $T_k$ , ч [5]

ЛН	ГЛН	ЛЛ	КЛЛ	ДРЛ	ДНаТ	МГЛ	СД
1000	2000	10000	6000	10000	12000	10000	20000

Таблица 2

Среднее годовое количество часов использования освещения для различных секторов потребления,  $t_q$ , ч/год [6]

Жилищный	Общественный	Промышленный	Уличное освещение
1200	3600	3950	3600

Таблица 3

Коэффициент преждевременного выхода ламп из строя,  $d_k$ , %

ЛН	ГЛН	ЛЛ	КЛЛ	ДРЛ	ДНаТ	МГЛ	СД
30	5	5	7,5	5	2,5	2,5	15*

\* Столь высокий коэффициент преждевременного выхода из строя обусловлен присутствием на российском рынке светодиодов низкого качества.

Таблица 4

Средний годовой удельный расход ламп в пересчёте на одну светоточку,  $C_{q,k}$ , ламп/год

Сектор	ЛН	ГЛН	ЛЛ	КЛЛ	ДРЛ	ДНаТ	МГЛ	СД
Жилищный	1,56	0,63	0,13	0,23	0,13	0,10	0,12	0,07
Общественный	4,68	1,89	0,38	0,69	0,38	0,31	0,37	0,21
Промышленный	5,14	2,07	0,41	0,76	0,41	0,34	0,40	0,23
Уличное освещение	4,68	1,89	0,38	0,69	0,38	0,31	0,37	0,21

Таблица 5

Структурное распределение ИС по секторам потребления в 2013 г.,  $\omega_{q,k}$ , %

Сектор	ЛН	ГЛН	ЛЛ	КЛЛ	ДРЛ	ДНаТ	МГЛ	СД
Жилищный	51,5	9,4	< 0,1	35,4	< 0,1	< 0,1	< 0,1	3,3
Общественный	< 0,1	1	73,5	14	< 0,1	< 0,1	< 0,1	11,1
Промышленный	25,7	0,1	32,7	11	22,7	3,7	4	< 0,1
Уличное освещение	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	40,2	48,3	6,2	4,9

где  $d_k$  – коэффициент преждевременного выхода из строя каждого типа ламп (принят на основании экспертных оценок, табл. 3), и тогда выражение (3) примет вид:

$$V = \sum_{q=1}^Q N_q \sum_{k=1}^K (C_{q,k} \cdot \omega_{q,k}). \quad (5)$$

Значения  $C_{q,k}$ , определённые по (4), приведены в табл. 4.

В табл. 5 приведено структурное распределение ИС по секторам экономики в процентах, полученное на основании энергетических обследований этих секторов.

Объём рынка по каждому типу ИС можно определить путём представления его в виде следующего уравнения в матричной форме:

$$V_{1 \times K} = N_{1 \times Q} \cdot CW_{Q \times K}, \quad (6)$$

где  $N_{1 \times Q}$  – матрица количества ИС в каждом секторе экономики;  $CW_{Q \times K}$  – матрица приведения общего количества ИС в  $q$ -м секторе к количеству израсходованных ИС  $k$ -го типа в  $q$ -м секторе.

Выражение (6) представляет собой систему линейных уравнений. Так как  $Q < K$  ( $4 < 8$ ), то система уравнений является переопределённой и может не иметь строгого решения. Для таких систем уравнений может быть при-

Объём рынка ламп в России в 2013 г.,  $V_k$ , млн шт. [7]

ЛН	ГЛН	ЛЛ	КЛЛ	ДРЛ	ДНаТ	МГЛ	СД
436,4	53	121,7	124,5	8,7	2,4	1,5	53,9

Таблица 7

Оценка распределения ИС по секторам потребления в 2013 г.,  $N_q$ , млн шт.

Жилищный	Общественный	Промышленный	Уличное освещение
547,4	458,6	66,6	9,5

Таблица 8

Средняя мощность ламп в 2013 г.,  $p_{q,k}$ , Вт

Сектор	ЛН	ГЛН	ЛЛ	КЛЛ	ДРЛ	ДНаТ	МГЛ	СД
Жилищный	60	40	23	14	140	150	81	9
Общественный	53	40	23	14	142	149	96	20
Промышленный	60	47	40	14	450	165	275	11
Уличное освещение	71	83	56	21	275	165	165	40

менён метод наименьших квадратов (МНК), позволяющий найти вектор  $N_{1 \times Q}$ , обеспечивающий минимальное среднее квадратичное отклонение между  $(N_{1 \times Q} \cdot CW_{Q \times K})$  и  $V_{1 \times K}$ , по выражению:

$$N_{1 \times Q} = V_{1 \times K} \cdot (CW_{Q \times K})^T \cdot [CW_{Q \times K} \cdot (CW_{Q \times K})^T]^{-1}, \quad (7)$$

где  $T$  – знак транспонирования.

В качестве  $V_{1 \times K}$  используются данные по объёму рынка ламп в России в 2013 г. (табл. 6) [7].

### 3. Результаты оценки количества светоточек в секторах потребления

Оценка распределения ИС  $N_{1 \times Q}$  по секторам экономики по выражению (7) и объём рынка по типам ламп  $V_{1 \times K}$ , вычисленный по выражению (6), могут иметь большие погрешности, т. к. значения  $w_{q,k}$  (табл. 5) приведены в процентах. Поэтому следует выбрать вектор  $N_{Q \times K}$  такой, чтобы он обеспечивал минимальную относительную, а не абсолютную погрешность. Для этого выражение (7) необходимо изменить на следующее:

$$N_{1 \times Q} = 1_{1 \times K} \cdot (CWW_{Q \times K})^T \cdot [CWW_{Q \times K} \cdot (CWW_{Q \times K})^T]^{-1}, \quad (8)$$

где  $1_{1 \times K}$  – единичная матрица;  $CWW_{Q \times K}$  – матрица, полученная из матрицы  $CW_{Q \times K}$  по выражению:

$$CWW_{i,j} = \frac{CW_{i,j}}{V_j}, \quad \forall i = 1 \div Q, j = 1 \div K. \quad (9)$$

Распределение количества ИС по секторам экономики, полученное на основании формулы (8), приведено в табл. 7.

### 4. Оценка энергопотребления на освещение в 2013 году

В табл. 8 приведены средние мощности ИС, полученные по данным энергоаудитов и экспертных оценок.

С использованием данных табл. 5, 7 и 8 были определены характеристики энергопотребления по секторам экономики и типам ИС (табл. 9 и 10) по выражениям:

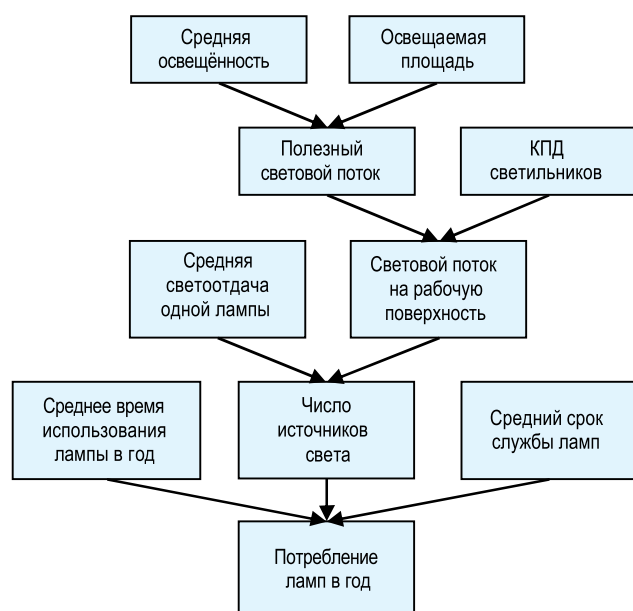


Рис. 1. Блок-схема определения объёма рынка ИС

## Общая характеристика энергопотребления по секторам потребления и технологиям освещения в 2013 г.

Тип ламп	Количество светоточек, $N_{q,k}$ , млн шт.	Среднее годовое число часов использования, $t_q$ , ч	Полная установленная мощность, $P_{q,k}$ , ГВт	Годовое потребление электроэнергии, $W_{q,k}$ , ТВт·ч
Жилищный сектор				
ЛН	282,3	1200	16,9	20,3
ГЛН	51,7	1200	2,1	2,5
ЛЛ	< 0,5	1200	< 0,01	< 0,02
КЛЛ	194,2	1200	2,7	3,3
ДРЛ	< 0,5	1200	< 0,1	< 0,1
ДНаТ	< 0,5	1200	< 0,1	< 0,1
МГЛ	< 0,5	1200	< 0,04	< 0,1
СД	17,0	1200	0,2	0,2
Всего	547,4	—	22,1	26,5
Общественный сектор				
ЛН	< 0,5	3600	< 0,02	< 0,1
ГЛН	4,7	3600	0,2	0,7
ЛЛ	334,8	3600	7,7	27,7
КЛЛ	63,6	3600	0,9	3,2
ДРЛ	< 0,5	3600	< 0,1	< 0,2
ДНаТ	< 0,5	3600	< 0,1	< 0,2
МГЛ	< 0,5	3600	< 0,04	< 0,2
СД	53,7	3600	1,1	3,9
Всего	458,6	—	10,1	36,2
Промышленный сектор				
ЛН	17,1	3950	1,0	4,1
ГЛН	0,1	3950	< 0,01	< 0,01
ЛЛ	21,8	3950	0,9	3,4
КЛЛ	7,3	3950	0,1	0,4
ДРЛ	15,1	3950	6,8	26,9
ДНаТ	2,4	3950	0,4	1,6
МГЛ	2,7	3950	0,7	2,9
СД	< 0,01	3950	< 0,01	< 0,01
Всего	66,6	—	9,9	39,3
Наружное освещение				
ЛН	0,01	3600	< 0,01	< 0,01
ГЛН	0,01	3600	< 0,01	< 0,01
ЛЛ	0,01	3600	< 0,01	< 0,01
КЛЛ	0,01	3600	< 0,01	< 0,01
ДРЛ	3,9	3600	1,1	3,8
ДНаТ	4,6	3600	0,8	2,8
МГЛ	0,6	3600	0,1	0,4
СД	0,4	3600	0,0	0,1
Всего	9,5	—	1,9	7,0
<b>Всего по стране</b>	<b>1082,2</b>	—	<b>44,0</b>	<b>109,0</b>

Общая характеристика энергопотребления по технологиям освещения в 2013 г.

Тип ламп	Количество светоточек, млн шт.	Среднее годовое число часов использования, ч	Полная установленная мощность, ГВт	Ежегодное потребление электроэнергии	
				ТВт·ч	%
ЛН	300,0	1360	18,0	24,5	22
ГЛН	56,5	1404	2,3	3,2	3
ЛЛ	357,2	3617	8,6	31,2	29
КЛЛ	265,2	1852	3,7	6,9	6
ДРЛ	20,0	3799	8,0	31,0	28
ДНаТ	8,1	3543	1,3	4,7	4
МГЛ	4,2	3509	0,9	3,4	3
СД	71,04	3026	1,2	4,1	4
<b>Всего по стране</b>	<b>1082,2</b>	—	<b>44,0</b>	<b>109,0</b>	<b>100</b>

Таблица 11

Годовое удельное энергопотребление одной светоточки, кВт·ч

Сектор	ЛН	ГЛН	ЛЛ	КЛЛ	ДРЛ	ДНаТ	МГЛ	СД
Жилищный	72,0	48,0	27,6	16,8	168,0	180,0	97,2	10,8
Общественный	190,8	144,0	82,8	50,4	511,2	536,4	345,6	72,0
Промышленный	237,0	185,6	158,0	55,3	1777,5	651,7	1086,2	43,4
Наружное освещение	255,6	298,8	201,6	75,6	990,0	594,0	594,0	144,0

$$N_{q,k} = N_q \cdot w_{q,k}, \quad (10)$$

$$P_{q,k} = N_{q,k} \cdot p_{q,k}, \quad (11)$$

$$W_{q,k} = P_{q,k} \cdot t_q, \quad (12)$$

Таким образом, потребление электроэнергии на цели освещения на территории Российской Федерации в 2013 г. оценивается в 109 ТВт·ч, что составляет порядка 12% от общего электропотребления. Основными источниками потребления являются ЛЛ (29%), ДРЛ (28%) и ЛН (22%). Используя данные табл. 2 и 8, вычислено среднее годовое удельное энергопотребление (кВт·ч) одного ИС (табл. 11).

## 5. Верификация результатов

Для оценки корректности полученных в табл. 9 результатов по количеству светоточек  $N_{q,k}$  и годового потребления электроэнергии  $W_{q,k}$  выполнен расчёт этих показателей на основании данных по потреблению электроэнергии в секторах экономики в 2013 г [8]. Для этого, зная доли потребления электроэнергии на освещение в каждом секторе экономики [6], а также среднюю мощность источников света (табл. 8) и время их использования в течение года (табл. 2), вычислены значения  $N_{q,k}$  и  $W_{q,k}$  (табл. 12).

Для наружного освещения расчёт проводился на основании данных о протяжённости освещённых улиц, проездов и набережных в России. Протяжённость составляет<sup>2</sup> 335 598 км. Расстояние между опорами уличного освещения принято равным 40 м. Средняя мощность светильников принята равной 203 Вт (средневзвешенная мощность на основании табл. 5 и 8).

Расхождение результатов табл. 9 и 12 не превышает 6 %. Это говорит о том, что предложенная модель определения количества светоточек и годового электропотребления на освещение объективна и может использоваться правительственными и неправительственными организациями для планирования и оценки перспективных возможностей освещения и прогноза развития рынка ИС.

<sup>2</sup> Источники данных:

- данные отчёта «Исследование и сбор информации для формирования базы данных проектов для тиражирования пилотного проекта по уличному освещению» ПРООН/ГЭФ ([www.undp-light.ru/results/16/file/0/235/PROPERTY\\_25/74/?download=y](http://www.undp-light.ru/results/16/file/0/235/PROPERTY_25/74/?download=y));
- данные, найденные в Сети (преимущественно сайты муниципальных городов и сайты Горсвета различных городов);
- результаты анкетирования и данные опросных листов;
- Единая межведомственная информационно-статистическая система (<http://www.fedstat.ru/>).

## Результаты оценки электропотребления по секторам экономики в 2013 г., используемые для верификации [6, 8]

Статьи расходного баланса	Годовое потребление по секторам экономики, ТВт·ч [8]	Процент потребления на освещение, % [6]	Годовое потребление на освещение, ТВт·ч	Установленная мощность систем освещения, ГВт	Количество светоточек, млн шт.
Добыча полезных ископаемых, обрабатывающие производства, производство и распределение электроэнергии, газа и воды	564,987	5,8	32,723	11,896	57,956
Сельское и лесное хозяйство	15,286	15	2,293	0,573	5,732
Строительство	12,293	2	0,246	0,049	0,492
Транспорт	90,378	2	1,811	0,392	3,92
Общественный сектор	127,148	25	31,787	8,830	401,351
Городское и сельское население	140,971	20	28,194	23,495	587,379
Наружное освещение*	—	—	6,131	1,703	8,39
Всего по стране	951,064	—	103,1856	46,9	1065,220

\* Расчёт выполнен на основании данных о протяжённости освещённых улиц, проездов и набережных в России.

## Динамика развития рынка ИС в РФ (производство и импорт) без учёта технического регулирования, млн шт. [7]

Тип ламп	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
ЛН	436,4	420,5	500,0	510,0	484,5	460,3	437,3	415,4
ГЛН	53,0	52,3	37,6	25,0	17,0	15,3	13,8	12,4
ЛЛ	121,7	88,5	80,0	64,0	38,4	28,8	21,6	16,2
КЛЛ	124,5	105,8	58,2	36,7	17,7	4,4	3,1	2,2
ДРЛ	8,7	6,1	2,5	1,5	0,5	0,3	0,2	0,1
ДНаТ	2,4	2,2	1,4	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
МГЛ	1,5	1,4	1,0	0,7	0,5	0,3	0,2	0,2
СД	53,9	123,7	99,0	122,8	167,6	209,2	240,5	264,6
<b>Итого</b>	<b>802,1</b>	<b>800,4</b>	<b>779,7</b>	<b>761,7</b>	<b>727,0</b>	<b>719,2</b>	<b>717,1</b>	<b>711,2</b>

## 6. Прогнозирование потребления электроэнергии на нужды освещения до 2020 года

Проведённое авторами исследование показывает, что намеченные в [2, 3] планы по внедрению энергоэффективных ИС до 2020 года не будут выполнены. Причин этого невыполнения много, но, по мнению авторов, одной из причин является отсутствие подзаконных актов по техническому регулированию, ускоряющих внедрение таких ИС.

В качестве подзаконных актов в Евросоюзе являются директивы и регламенты, а в России — технические регламенты. Данные документы являются обязательными как для производителей, так и для потребителей светотехнической продукции. Так, принятие в Евросоюзе трёх директив по светотехнической продукции (244/2009/ЕС, 245/2009/ЕС и 1194/2012/ЕС) позволило за период с 2008 по 2013 гг. снизить число ЛН в 2,85 раза и в 72 раза увеличить число светодиодных ламп [7].

Введённый в России с 01.01.2011 г. запрет на оборот ЛН мощностью 100 Вт и выше [2] привёл не к их сокращению, а к увеличению, что объясняется недостаточным производством отечественных КЛЛ и СД, их высокой стоимостью и низким качеством. Также с 01.01.2011 г. имеется полный запрет на закупку ЛН для государственных и муниципальных нужд. Постановлением Правительства РФ № 898 от 28.08.2015 г., которое вступит в действие с 01.07.2016 г., предусмотрен запрет на закупку для государственных и муниципальных нужд дополнительно следующей неэффективной светотехнической продукции: галофосфатных ЛЛ, ламп ДРЛ и КЛЛ, светильников для этих ламп и электромагнитных ПРА для ЛЛ.

В настоящее время идёт обсуждение комплекса мер по техническому регулированию рынка ламп в странах — участницах Евразийского экономического союза, который будет предусматривать:

- запрет оборота ЛН (с 01.01.2018 г. — мощностью 75 Вт и более, с 01.01.2019 г. — мощностью 60 Вт и более, с 01.01.2020 г. — все мощности);



Динамика развития рынка ИС в РФ (производство и импорт) с учётом технического регулирования, млн шт. [7]

Тип ламп	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
ЛН	436,4	420,5	500,0	510,0	484,5	314,9	60,0	0,0
ГЛН	53,0	52,3	37,6	25,0	17,0	14,5	7,2	3,0
ЛЛ	121,7	88,5	80,0	64,0	38,4	19,2	9,6	4,8
КЛЛ	124,5	105,8	58,2	36,7	17,7	50,4	24,1	11,2
ДРЛ	8,7	6,1	2,5	1,5	0,5	0,3	0,2	0,1
ДНаТ	2,4	2,2	1,4	1,0	0,8	0,6	0,4	0,1
МГЛ	1,5	1,4	1,0	0,7	0,5	0,3	0,2	0,1
СД	53,9	123,7	99,0	122,8	167,6	309,2	374,6	421,0
<b>Итого</b>	<b>802,1</b>	<b>800,4</b>	<b>779,7</b>	<b>761,7</b>	<b>727,0</b>	<b>709,4</b>	<b>476,3</b>	<b>440,2</b>

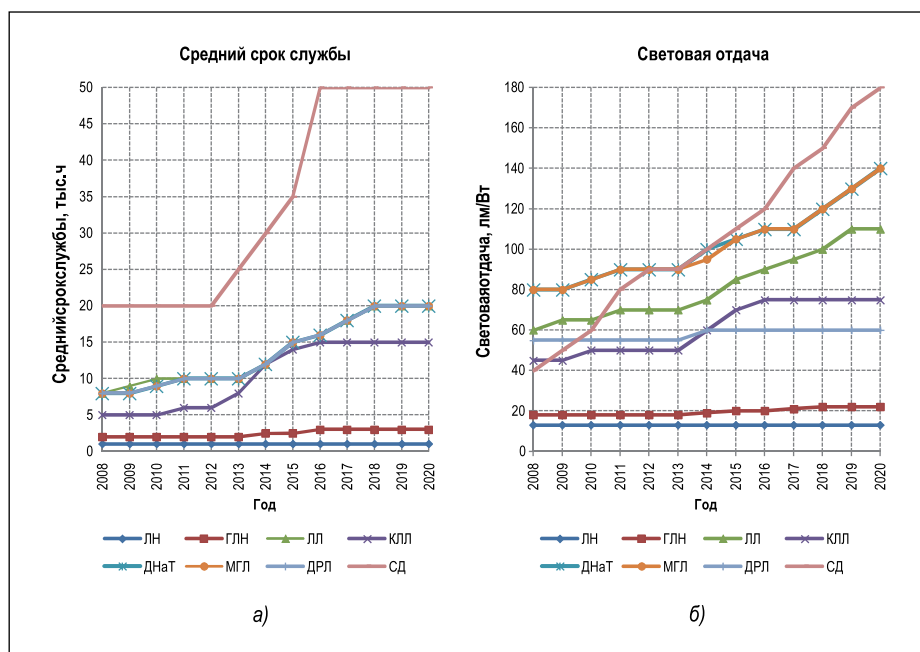


Рисунок 2 – Прогнозные данные для каждой из технологий изготовления ИС до 2020 года [9]: а – средний срок службы; б – световая отдача

• запрет оборота галофосфатных ЛЛ с 01.01.2018 г., а также ламп ДРЛ, ДНаТ и МГЛ с низкой эффективностью с 01.01.2020 г.;

• резкое сокращение ламп ГЛН.

В работе [7] приведены динамики рынков ИС в РФ до 2020 г. (табл. 13, 14) для двух сценариев развития рынков:

1) без введения технического регулирования, но с учётом действия Постановления Правительства № 898 (табл. 13);

2) с учётом введения комплекса мер по техническому регулированию в 2018 г. (табл. 14).

С использованием выражения (2)–(9), табл. 13, 14 и рис. 2 выполнена оценка динамики потребления электроэнергии на освещение в РФ до 2020 года для этих двух сценариев развития рынков (табл. 15, 16). При расчёте принималось допущение, что при замене ИС общий световой поток от всех ИС оставался для каждого

года постоянным. Замена производилась светодиодными ИС.

Согласно результатам, приведённым в табл. 15 и 16, годовая доля потребления всех источников света будет уменьшаться, за исключением светодиодов, для которых в 2017 г. прогнозируется выход на первое место по потреблению электроэнергии среди остальных источников света.

## 7. Оценка потенциала экономии электроэнергии в освещении

Так как в табл. 15 и 16 приведены оценки энергопотребления с учётом вытеснения неэффективных источников света, то данные можно использовать для оценки потенциала энергосбережения. Оценка потенциала экономии определялась по выражению:

$$\Delta W = W_{\Sigma 2013} - W_{\Sigma 2020}, \quad (13)$$

где  $W_{\Sigma 2013}$  и  $W_{\Sigma 2020}$  – суммарное потребление электроэнергии в освещении в 2013 и 2020 гг. соответственно.

Без учёта технического регулирования светотехнического рынка, потенциал экономии к 2020 г. оценивается в 54,6 ТВт·ч или 50 % от потребления на освещение в 2013 г.; с учётом технического регулирования потенциал экономии составит 75,7 ТВт·ч или 70 %.

## 8. Расчёт объёмов ассоциированных выбросов парниковых газов в секторе освещения

Расчёт объёмов ассоциированных выбросов парниковых газов в секторе освещения проведён в соответствии с методикой, приведённой в [10]. Эмиссия парниковых газов определяется умножением расхода топлива на соответствующие коэффициенты, которые зависят от вида топлива и категории источника.

Оценка динамики потребления электроэнергии на освещение в РФ без учёта технического регулирования, ТВт·ч

Тип ламп	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
ЛН	24,5	21,2	25,2	25,7	24,4	23,2	22	20,9
ГЛН	3,2	4,5	2,9	2,3	1,5	1,3	1,2	1
ЛЛ	31,2	22,8	22,7	18,3	11,7	9,3	6,3	4,7
КЛЛ	6,9	12,9	7,1	4,5	2,2	0,5	0,4	0,3
ДРЛ	30,9	26,1	13,4	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
ДНаТ	4,7	3,8	2,9	2,1	1,9	1,4	0,9	0,4
МГЛ	3,4	3,6	2,9	2,1	1,7	1	0,6	0,6
СД	4,1	7,5	14,1	24,3	26,5	27,6	26,4	26,4
<b>Итого</b>	<b>109</b>	<b>102,3</b>	<b>91,1</b>	<b>79,2</b>	<b>69,8</b>	<b>64,3</b>	<b>57,8</b>	<b>54,3</b>

Таблица 16

Оценка динамики потребления электроэнергии на освещение в РФ с учётом технического регулирования, ТВт·ч

Тип ламп	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
ЛН	24,5	21,2	25,2	25,7	24,4	15,8	3	< 0,1
ГЛН	3,2	4,5	2,9	2,3	1,5	1,2	0,6	0,3
ЛЛ	31,2	22,8	22,7	18,3	11,7	6,2	2,8	1,4
КЛЛ	6,9	12,9	7,1	4,5	2,2	6,1	2,9	1,4
ДРЛ	30,9	26,1	13,4	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
ДНаТ	4,7	3,8	2,9	2,1	1,9	1,4	0,9	0,2
МГЛ	3,4	3,6	2,9	2,1	1,7	1	0,6	0,3
СД	4,1	7,5	14,1	24,3	26,5	27,6	28,9	29,7
<b>Итого</b>	<b>109</b>	<b>102,3</b>	<b>91,1</b>	<b>79,2</b>	<b>69,8</b>	<b>59,4</b>	<b>39,8</b>	<b>33,2</b>

Расчёт средней величины коэффициента годовой эмиссии диоксида углерода (CO<sub>2</sub>) в атмосферу по России выполнялся по выражению:

$$K_{гэ} = \frac{\left( W_{ТЭС} \cdot (f_{\%, неф.} \cdot E_{неф.} + f_{\%, газ} \cdot E_{газ} + f_{\%, уг.} \cdot E_{уг.}) + W_{ГЭС} \cdot E_{ГЭС} + W_{АЭС} \cdot E_{АЭС} \right)}{W_{\Sigma}}, \quad (14)$$

где  $W_{ТЭС}$ ,  $W_{ГЭС}$ ,  $W_{АЭС}$  и  $W_{\Sigma}$  – производство электроэнергии, ТВт·ч (табл. 17);  $f_{\%, неф.}$ ,  $f_{\%, газ}$  и  $f_{\%, уг.}$  – доля производства первичных энергоресурсов, % (табл. 18);  $E_{неф.}$ ,  $E_{газ}$ ,  $E_{уг.}$ ,  $E_{ГЭС}$  и  $E_{АЭС}$  – коэффициенты годовой эмиссии диоксида углерода (CO<sub>2</sub>) в атмосферу, кг/МВт·ч (табл. 19).

В 2013 году величина коэффициента годовой эмиссии составила 264,6 кг/МВт·ч, к 2020 г. составит от 271,5 до 294,7 кг/МВт·ч.

При годовом потреблении в 2013 году электроэнергии на цели освещения, равном 109 ТВт·ч, годовая эмиссия диоксида углерода (CO<sub>2</sub>) в атмосферу, включающая энергию трансформационных и транспортных систем для преобразования первичной энергии, составила 28,8 млн тонн;

при прогнозе годового потребления в 2020 году электроэнергии на цели освещения, равном от 33,2 до 54,3 ТВт·ч, годовая эмиссия диоксида углерода (CO<sub>2</sub>) составит от 9,0 до 16,0 млн тонн. Снижение эмиссии диоксида углерода к 2020 году оценивается от 12,8 до 19,8 млн тонн, что составляет от 45 до 69 % от уровня годовой эмиссии в 2013 году.

## 9. Выводы

1. Проведена оценка установленного парка источников света как в целом по РФ, так и по всем секторам экономики. Это позволяет оценить технологический уровень использования осветительных приборов и организовать постоянный мониторинг энергоэффективности электропотребления на освещение в различных секторах экономики России, более обоснованно разрабатывать планы по внедрению энергоэффективных ИС и их выпуску.

2. Выполнена оценка динамики потребления электроэнергии на цели освещения в РФ до 2020 года без введения и с введением документов технического регулирования и определён потенциал энергосбережения, ко-



## Производство электроэнергии электростанциями [8,11]

Электростанции	Производство электроэнергии, ТВт·ч	
	2013 г.	2020 г.
Все электростанции В том числе:	1059	1344–1561
ТЭС	703	873–1039
ГЭС	183	224–240
АЭС	173	247–282

Таблица 18

## Производство первичных энергоресурсов [8,11]

Энергоресурс	Производство первичных энергоресурсов, млн т.у.т.	
	2013 г.	2020 г.
Всего В том числе:	1880	1883–2017
нефть	746	718–748
газ природный	770	919–958
уголь	237	246–311

Таблица 19

## Коэффициенты годовой эмиссии диоксида углерода в атмосферу [12]

Первичное топливо	Коэффициент годовой эмиссии диоксида углерода (CO <sub>2</sub> ) в атмосферу, кг/МВт·ч
Нефтяное топливо	330
Газ	227
Уголь	1340
Атомная энергия	16
ГЭС	7

торый составляет от 54,6 до 75,7 ТВт·ч, что соответствует от 50 до 70 % от потребления на освещение в 2013 г. соответственно.

3. Для ускорения внедрения энергоэффективных ИС в РФ необходимо скорейшее введение в действие комплекса мер по техническому регулированию рынка ИС.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Циссис Ж., Айзенберг Ю.Б., Шевченко А.С. Формирование светотехнического рынка России для повышения энергоэффективности освещения // Светотехника. – 2009. – № 6. – С. 42–48.
2. Федеральный закон от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

3. Государственная программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности на период до 2020 года.

4. Шевченко А.С. Программа продвижения энергоэффективного освещения в России // Светотехника. – 2014. – № 1–2. – С. 112–117.

5. Энергоэффективное электрическое освещение: Учеб. пособие / С.М. Гвоздев, Д.И. Панфилов, В.Д. Поляков и др.; под ред. Л.П. Варфоломеева. – М.: Издательский дом МЭИ, 2013. – 288 с.: л.

6. Экономия энергоресурсов в промышленности, бюджетных организациях, жилищно-коммунальном хозяйстве: Справочно-методическое пособие / Авт. – сост. Г.Я. Вагин, С.Ф. Сергеев. – Н. Новгород: НГТУ, 2007. – 280 с.

7. Анализ состояния и перспектив рынка светотехнической продукции в странах – участниках Евразийского экономического союза (ЕАЭС) / Программа развития Организации Объединённых Наций (ПРООН), 2015. – 78 с.

8. Российский статистический ежегодник. 2013: Стат. сб. / Росстат. – М., 2013. – 717 с.

9. Отчёт о НИР по теме: «Анализ методической и нормативной правовой базы, стимулирующей реализацию энергосберегающих проектов на основе энергосервисных контрактов и подготовка предложений по изменению либо исключению норм законодательства, препятствующих широкомасштабной реализации энергосберегающих проектов на данной основе» (окончательный). – М., 2013. – URL: <http://www.undp-light.ru/upload/iblock/3ec/3ec1633f0996ab062c9b92940e4bd364.doc> (дата обращения: 18.05.2016).

10. Пересмотренные руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов – МГЭИК, 1996. – URL:

<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/russian.html> (дата обращения: 18.05.2016).

11. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р

12. Свод правил «Энергетическая эффективность зданий – общее потребление энергии и определение энергетических характеристик» (на базе EN15603:2008). Приложение Д. – М., 2013.



**Вагин Геннадий Яковлевич**, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника»

Нижегородского государственного технического университета. Эксперт Аналитического центра при Правительстве РФ. Окончил Горьковский политехнический институт в 1965 г. Область научных интересов – энергосбережение.

Контактный телефон: 8(831)436-88-40



**Мартынюк Михаил Владимирович**, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Информатика и системы управления» Нижегородского государственного технического университета.

Окончил Нижегородский государственный технический университет в 1999 г. Область научных интересов – энергоэффективное освещение.

E-mail: m\_mart@mail.ru

Контактный телефон: 8(903)84-87-116



**Малафеев Олег Юрьевич**, ассистент кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» Нижегородского государственного технического университета.

Окончил Нижегородский государственный технический университет в 2010 г. Область научных интересов – энергоэффективное освещение.

E-mail: omail1@mail.ru

Контактный телефон: 8(910)140-85-44

## Поздравляем с юбилеем!

### Сергея Григорьевича Ашуркова

20 мая исполнилось 70 лет Сергею Григорьевичу Ашуркову, кандидату технических наук, зам. главного редактора журнала «Светотехника».

С.Г. Ашурков окончил в 1970 г. Московский энергетический институт по специальности «Светотехника и источники света», но ещё студентом-дипломником начал работать во ВНИСИ, где проработал до 2007 г. в должностях техника, инженера, старшего инженера, старшего научного сотрудника и ведущего научного сотрудника. С начала 2007 г., по приглашению главного редактора Ю.Б. Айзенберга, перешёл на работу в редакцию журнала «Светотехника».

В 1978 г. юбиляр защитил кандидатскую диссертацию во ВНИСИ (научный руководитель Г.С. Сарычев). Имеет около 100 печатных работ, включая 29 авторских свидетельств, патентов на изобретение и патент на помышленный образец. Основные работы посвящены исследованиям и разработкам в области мощных источников излучения и облучательной техники для технологических процессов (фотоотверждение ла-



ковых покрытий в мебельной промышленности, фотолитографические процессы в производстве печатных форм и плат, УФ обеззараживание различных сред и др.). Кроме того, ряд работ С.Г. Ашуркова посвящён постановке и решению задач комплексной экологизации светотехнических изделий, а также теме создания и применения осветительных приборов со светодиодами.

С.Г. Ашурков – неоднократный участник ряда всесоюзных, российских и международных конференций, и в 1999–2007 гг. представлял Россию в Отделении 6 («Фотобиология и фотохимия») Международной комиссии по освещению.

Награждён медалью «В память 850-летия Москвы», двумя серебряными медалями ВДНХ СССР, несколькими почётными знаками и грамотами.

Редакция и редколлегия журнала, коллеги и друзья поздравляют Сергея Григорьевича Ашуркова с юбилеем и желают ему здоровья и успехов в жизни