



ВОЛОГОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

# Энергоэффективность и энергосбережение в системах электроснабжения

к.т.н., доцент кафедры электроснабжения  
А.Н. Алюнов



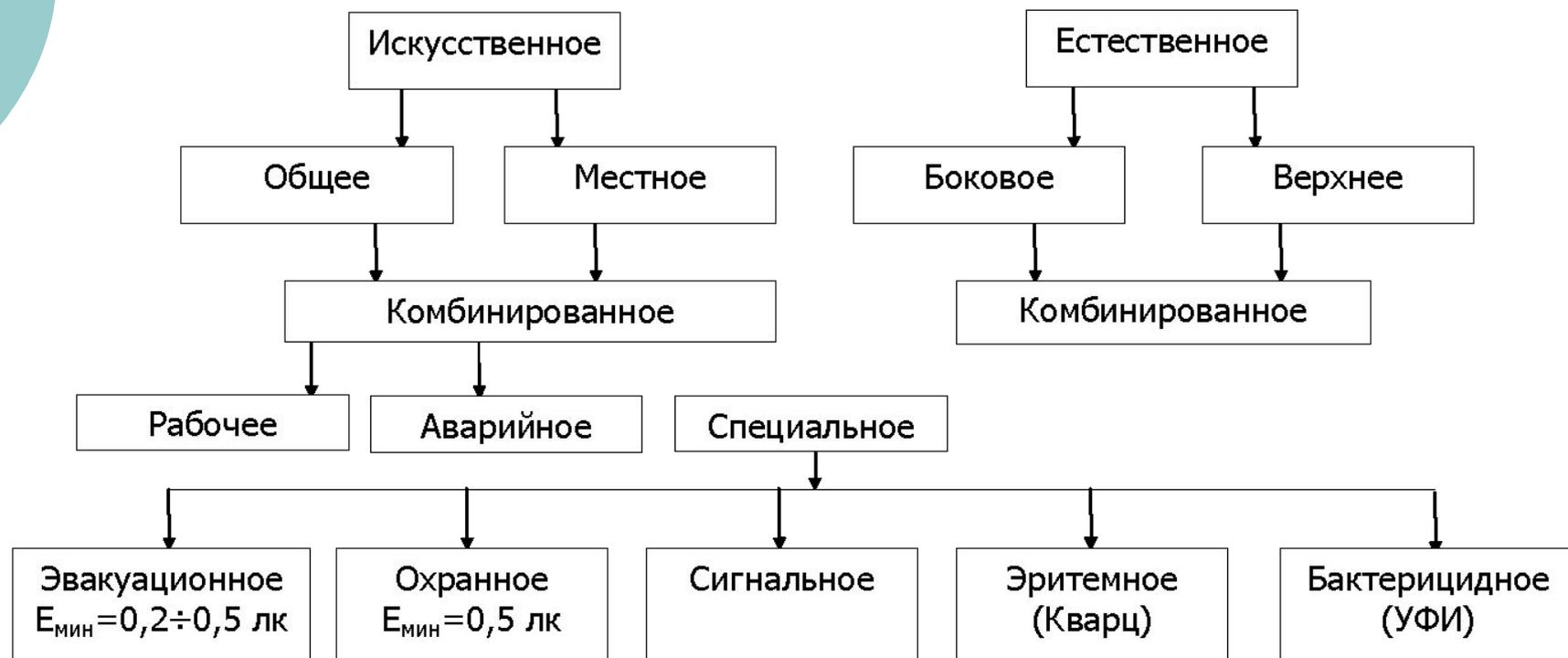
---

## Лекция 1

# **Мероприятия по энергосбережению в электрических сетях электроосвещения объектов капитального строительства**

# Экономия электроэнергии в освещении

На освещение в Российской Федерации расходуется около **13 %** всей вырабатываемой электроэнергии. Номинальная мощность осветительных установок на промышленных предприятиях составляет  $1 \div 20 \%$



# Оптимизация светотехнической части установок

---

Нормирование производственного освещения должно соответствовать СНИП-23-05-95:

СНиП 23-05-95\* Актуализированная редакция, **СП 52.13330.2011** Естественное и искусственное освещение

Документ распространяется на проектирование освещения помещений вновь строящихся и реконструируемых зданий и сооружений различного назначения, мест производства работ вне зданий, площадок промышленных и сельскохозяйственных предприятий, железнодорожных путей площадок предприятий, наружного освещения городов, поселков и сельских населенных пунктов, автотранспортных тоннелей, а также на контроль за их состоянием в процессе эксплуатации. Проектирование устройств местного освещения, поставляемых комплектно со станками, машинами и производственной мебелью, следует также осуществлять в соответствии с настоящим сводом правил.

Утвержден: Министерство регионального развития Российской Федерации, 27.12.2010

Введен с: 20.05.2011

Комментарий: ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство»

# Оптимизация светотехнической части установок

Оптимизация светотехнической части установок включает в себя следующие мероприятия:

## 1. Правильный выбор систем освещения и источников света

Таблицазряд зрительных работ	Комбинир. система освещения	Общая система освещения	Экономия эл.энергии, %
I, II а,б	Рекомендуется	Не рекомендуется	
II в,г	Рекомендуется при $F \geq 3$	Рекомендуется при $F \leq 3$	До 60
III	Рекомендуется при $F \geq 5$	Рекомендуется при $F \leq 5$	До 25
IV а,б	Рекомендуется при $F \geq 10$	Рекомендуется при $F \leq 10$	15÷20
IV в,г	Не рекомендуется	Рекомендуется	

Где  $F$  – средняя площадь,  $m^2$  на одного работающего

# Оптимизация светотехнической части установок

Тип источника света	Маркировка	Эффективность, лм/Вт	Реальная эффективность, лм/Вт	Наработка, час
Лампы накаливания	ЛН	8÷13	6÷10	1000
Галогенные лампы	КГ	16÷22	12÷20	2000
Светодиодные	7090 XR	47	<b>47</b>	<b>≥50000</b>
Компактные люминесцентные	КЛ	50÷70	<b>35÷50</b>	10000
Металлогалогенные	ДРИ	60÷100	≤40	6000÷15000
Светодиодные люминесцентные	7090 XR-E	100	<b>100</b>	<b>≥50000</b>
Люминесцентные	ЛБ	60÷100	<b>55÷70</b>	15000
Натриевые высокого давления	ДНаТ	90÷130	≤50	15000
Натриевые низкого давления	ДНаО	120÷180	<b>80÷120</b>	15000

# Оптимизация светотехнической части установок

2. Выбор экономичных схем размещения светильников;
3. Правильный выбор типов светильников по светораспределению и конструктивному исполнению;
4. Автоматическое управление искусственным освещением:
  - сокращение времени использования;
  - применение ночного наружного (уличного) освещения;
  - зонное регулирование;
  - снижение напряжения

Тип лампы	Допустимая глубина снижения	Расчет экономии
Накаливания	$0,8 U_{\text{ном}}$	$W = P_{\text{уст}} * (1 - K_u) * T_{\text{сниж}}$
Люминесцентная	$0,8 U_{\text{ном}}$	$W = P_{\text{уст}} * (1,26 - 1,26 * K_u) * T_{\text{сниж}}$
ДРЛ	$0,85 U_{\text{ном}}$	$W = P_{\text{уст}} * (2,43 - 2,43 * K_u) * T_{\text{сниж}}$
ДНаТ	$0,85 U_{\text{ном}}$	$W = P_{\text{уст}} * (3,5 - 3,5 * K_u) * T_{\text{сниж}}$

Где  $K_u = U_i / U_{\text{ном}}$

# Оптимизация светотехнической части установок

---

- 5. Увеличение отражательной способности помещений:-** окраска стен и потолков производственных помещений, технологического оборудования в светлые тона (экономия 5÷15 %);
- 6. Регулярная протирка остекления, светильников, замена изношенных светильников.**

# Индукционные лампы

---

**Индукционная лампа** – электрический источник света, принцип работы которого основан на электромагнитной индукции и газовом разряде для генерации видимого света. Используется в индукционных светильниках.

Основным отличием от существующих газоразрядных ламп является безэлектродная конструкция - отсутствие термокатодов и нитей накала, что значительно увеличивает срок службы.

## Применение

Индукционные лампы применяются для наружного и внутреннего освещения, особенно в местах, где требуется хорошее освещение с высокой светоотдачей и цветопередачей, длительным сроком службы: улицы, магистрали, туннели, промышленные и складские помещения, производственные цеха, аэропорты, стадионы, железнодорожные станции, автозаправочные станции, автостоянки, подсветка зданий, торговые помещения, супермаркеты, выставочные залы, павильоны, учебные заведения. Светотехническое оборудование на индукционных лампах позволяет обеспечить комфортное освещение помещений и территорий благодаря приближенному к солнечному спектру и отсутствию мерцаний, имея при этом высокую энергетическую эффективность.

В настоящее время индукционные лампы как источник общего освещения имеют характеристики лучше, чем традиционные источники света, такие как ртутные, натриевые, металлогалогенные лампы и даже светодиодные лампы (наборы светодиодов).

# Индукционные лампы

## Принцип работы

Индукционная лампа состоит из трёх основных частей: газоразрядной трубки, внутренняя поверхность которой покрыта люминофором, магнитного кольца или стержня (феррита) с индукционной катушкой, электронного балласта (генератора высокочастотного тока). Возможны два типа конструкции индукционных ламп по виду индукции:

Внешняя индукция: магнитное кольцо расположено вокруг трубки.

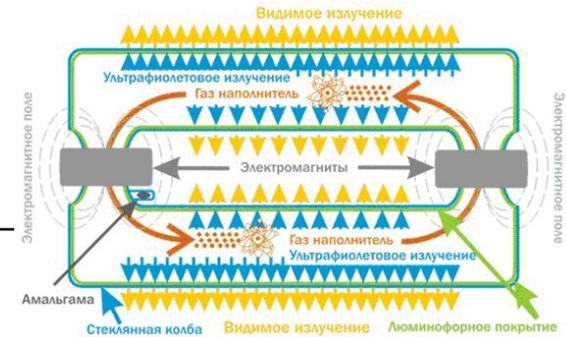
Внутренняя индукция: магнитный стержень расположен внутри колбы.

Два типа конструкции индукционных ламп по способу размещения электронного балласта:

Индукционная лампа с отдельным балластом (электронный балласт и лампа разнесены как отдельные элементы).

Индукционная лампа с встроенным балластом (электронный балласт и лампа находятся в одном корпусе).

Электронный балласт вырабатывает высокочастотный ток, протекающий по индукционной катушке на магнитном кольце или стержне. Электромагнит и индукционная катушка создают газовый разряд в высокочастотном электромагнитном поле, и под воздействием ультрафиолетового излучения разряда происходит свечение люминофора. Конструктивно и по принципу работы лампа напоминает трансформатор, где имеется первичная обмотка с высокочастотным током и вторичная обмотка, которая представляет собой газовый разряд, происходящий в стеклянной трубке.



# Индукционные лампы

---

## Характеристики

- Длительный срок службы: 60 000 – 150 000 часов (благодаря безэлектродному исполнению срок службы значительно выше, чем у традиционных источников света)
- Номинальная светоотдача: > 90 лм/Вт и при увеличении мощности лампы увеличивается световой поток. Так например лампа 300 Вт выдаёт 100 Лм/Вт
- Фотопическая эффективность (воспринимаемая глазом): 120 – 180 фемтолюмен/Вт [источник не указан 151 день]. Данный параметр часто используется специалистами для качественной оценки источника света и способности восприятия света и оттенков цветов человеческим глазом. Например, натриевая лампа высокого давления имеет номинальную светоотдачу 70-150 лм/Вт, но реально воспринимается как источник света со светоотдачей 40-70 Флм/Вт.
- Высокий уровень светового потока после длительного использования (после 60 000 часов уровень светового потока составляет свыше 70% от первоначального);
- Энергоэффективность: имеет большую эффективность по сравнению с лампами накаливания, электродными газоразрядными, электродными люминисцентными, светодиодами (кроме светодиодов ведущих производителей)
- Отсутствуют терmokатоды и нити накала
- Мгновенное включение/выключение (отсутствует время ожидания между переключениями, что является хорошим преимуществом перед ртутной лампой ДРЛ и натриевой лампой ДНаТ, для которых требуется время выхода на режим и время остывания 5-15 минут после внезапного отключения электросети)

# Индукционные лампы

---

## Характеристики

- Неограниченное количество циклов включения/выключения
- Высокий индекс цветопередачи (CRI):  $R_a > 80$   
(комфортное освещение, мягкий и естественный излучаемый свет, что благоприятно сказывается на восприятии оттенков цветов, в отличие от натриевых ламп ( $R_a > 30$ ), которым присущ желто-оранжевый оттенок света и неестественная цветопередача);
- Номинальные напряжения: 120/220/277/347В AC, 12/24В DC
- Номинальные мощности: 12 – 500 Вт
- Диапазон цветовых температур: 2700К – 6500К
- Отсутствие мерцаний: рабочая частота от 190кГц до 250кГц или единицы мегагерц в зависимости от моделей
- Низкая температура нагрева лампы: +60 °С - +85 °С
- Широкий диапазон рабочих температур: -40 °С ~ +50 °С
- Возможность диммирования (изменения интенсивности света): от 30% до 100%
- Высокий коэффициент мощности электронного балласта ( $\lambda > 0,95$ )
- Низкие гармонические искажения (THD < 5%)
- Экологичность продукта: специальная амальгама; содержание твердотельной ртути < 0,5мг, что значительно меньше, чем в обычной люминесцентной лампе

# Технико-экономическое сравнение СВЕТИЛЬНИКОВ

Оценка эффективности рассматриваемых источников света может быть выполнена на основании расчета годовых приведенных затрат, определяемых по формуле:

$$C_{\bar{A}} = N \cdot \left( \frac{k_{A1}}{100} \cdot C_1 + \frac{k_{A2}}{100} \cdot C_2 + \frac{t \cdot C_0 \cdot P}{1000} + t \cdot \frac{n \cdot C_3}{T_C} + t \cdot \frac{n \cdot C_4}{T_C} + R \right)$$

где  $C_{\bar{A}}$  – годовые приведенные затраты руб./год;

$N$  – количество светильников, шт.;

$n$  – количество ламп в одном светильнике, шт.;

$k_{A1}$  – доля амортизационных отчислений на светильник, %;

$C_1$  – стоимость светильника, руб.;

$k_{A2}$  – доля амортизационных отчислений на строительные-монтажные работы, %;

$C_2$  – стоимость монтажа светильника, руб.;

$t$  – годовое число часов использования максимума осветительной нагрузки, ч;

$C_0$  – стоимость электроэнергии, руб./кВт·ч;

$P$  – мощность светильника, Вт;

$C_3$  – стоимость лампы, руб.;

$T_C$  – срок службы лампы (светильника - для светодиодных), ч;

$C_4$  – стоимость замены лампы, руб.;

$R$  – расходы на чистку светильника в год, руб./год;

## Расчет срока окупаемости светодиодной лампы

Пожалуйста, заполните следующие поля Вашими данными:

Тип лампы

 <p>Стоимость: 7 - 20 руб. Срок службы: 1000 час.</p>	 <p>Стоимость: 500 - 3000 руб. Срок службы: до 80000 час.</p>
Лампа используемая ранее Лампа накаливания	Лампа планируемая к использованию/используемая Светодиодная лампа

Использовать стандартные коэффициенты для выбранных ламп?

Да  Нет

35 Вт	Мощность	5 Вт
40 руб.	Стоимость ламп	210 руб.
1000 час.	Срок службы	50000 час.
Время работы в сутки 4 час., в месяц 30 дн.		
Стоимость 1 кВт*ч: 3 руб.		

---

Срок окупаемости лампы, за счет экономии электроэнергии, составит: **1 год 7 месяцев 13 дней**

← Полный срок службы лампы составит: 34 года 8 месяцев 19 дней →

**40%**

(Шкала показывает процентное содержание срока окупаемости лампы к полному сроку службы)



---

# Использование возобновляемых источников энергии

# Использование ВИЭ

Страна	Доля электроэнергии, получаемой от различных источников, %			
	АЭС	ТЭС	ГЭС	ВИЭ
Финляндия	32	33,5	<b>21,4</b>	<b>13,1</b>
Люксембург	0	26,7	<b>66,6</b>	<b>6,7</b>
Австрия	0	26,9	<b>71,9</b>	<b>1,2</b>
Швеция	36,8	4	<b>54,8</b>	<b>2,6</b>
Норвегия	0	0,4	<b>99,6</b>	<b>0</b>
<b>Германия</b>	<b>30,6</b>	<b>62</b>	<b>4,8</b>	<b>2,6</b>
Италия	0	78	<b>19,2</b>	<b>2,8</b>
Португалия	0	70,6	<b>27,7</b>	<b>1,7</b>
Испания	27,9	54,6	<b>14,7</b>	<b>2,8</b>
Швейцария	37,9	2,8	<b>57,5</b>	<b>1,8</b>

Примечание. Эти данные получены Eurelectric и VDEW. Под ВИЭ понимается энергия: ветра, солнца, биомассы и отходов

## Долгосрочный прогноз развития энергетики в Германии

Тип	Вид	Производство электроэнергии в Германии, ТВт*ч / год, по годам				
		2010	2020	2030	2040	2050
электростанций	топлива	2010	2020	2030	2040	2050
АЭС	Уран	110	16	–	–	–
ТЭС	Уголь	180	150	85	42	12
	Газ	33	45	50	45	40
ТЭС	На биогазе	7	27	30	30	30
ГЭС	Вода	25	25	25	25	25
Ветровые	Ветер	45	72	80	80	85
Геотермальные	Вода	0	0	5	11	16
Фотоприемник и	Солнце	0	5	10	15	22
Импорт ВИЭ		0	5	30	54	65
Всего	ТВт*ч /год	520	495	470	452	430
В т. ч. от ВИЭ	%	37,9	57,4	71,3	80,8	87,9

# Использование энергии солнца

Стоимость производства электроэнергии  
в ценах 2008 года

Тип электростанций	Вид топлива	Инвестиции в строительство	Стоимость производства
		\$ USA / кВт	\$ USA / кВт*ч
Фотоприемники	Солнце	3000÷4000	0,25÷1,25

USD ЦБ 32,9506 руб. (24 декабря 2013 года)

$$C = 32,9506(0,25 \div 1,25) = 8,24 \div 41,2 \text{ руб/ кВт*ч}$$

# Использование энергии солнца

---

Солнечный светильник с датчиком движения



# Солнечный светильник с датчиком движения



## ОПИСАНИЕ СВЕТИЛЬНИКА

- Сдвоенный ламповый блок
  - 22 светодиода
  - Соединительный шнур 5 м позволяет позиционировать панели солнечных батарей и светильник
  - Можно использовать в закрытом помещении или на открытом воздухе .
- 
- Свет активируется датчиком движения
  - Продолжительность задержки освещения может быть установлено от 20 до 60 секунд
  - Если обнаружено движение в конце установленного времени, свет не отключается.
  - Чувствительность к движению регулируется.
  - Датчик обнаруживает движение на 125 градусов до 5 метров.
  - Работа до 150 активаций в течение 60 секунд каждая.
  - Применение: во дворах, тротуары, подъездные пути, гаражей, предприятий и сараев

# СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

---

1. Железко Ю.С., Артемьев А.В., Савченко О.В. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях: Руководство для практических расчетов, - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003.- 280 .: ил.
2. Методика ФЭК, утвержденная Постановлением ФЭК РФ 17.03.2000 № **14/10** «Об утверждении нормативов технологического расхода электрической энергии (мощности) на ее передачу (потерь), принимаемую для целей расчета и регулирования тарифов».
3. Методика расчета нормативов потерь электрической энергии в электрических сетях (утверждена приказом Минпромэнерго РФ от 03.02.2005 №**21**)
4. Методика расчета нормативных технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям в базовом периоде (утверждена приказом Минпромэнерго РФ от 04.10.2005 №**267**)
5. Методика расчета нормативных технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям в базовом периоде (утверждена приказом Минэнерго РФ от 30.12.2008 №**326**)
6. Промышленная энергетика, № 4, 2006.: Некоторые аспекты экономической работы силовых трансформаторов./ Заугольников В. Ф., канд. техн. наук, Балабин А. А., Савинков А. А., инженеры РСК ОАО "Орелэнерго"
7. Новости электротехники, №1(31), 2005: Симметрирующее устройство для трансформаторов. Средство стабилизации напряжения и снижения потерь в сетях 0,4 кВ. / Анатолий Сердешнов, к.т.н., Иван Протосовицкий, к.т.н., Юрий Леус, Петр Шумра, БАТУ, г. Минск, Беларусь.

# Список источников

---

8. Приказ Минпромэнерго РФ от 22.02.2007 № 49.: «О ПОРЯДКЕ РАСЧЕТА ЗНАЧЕНИЙ СООТНОШЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ АКТИВНОЙ И РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ ОТДЕЛЬНЫХ ЭНЕРГОПРИНИМАЮЩИХ УСТРОЙСТВ (ГРУПП ЭНЕРГОПРИНИМАЮЩИХ УСТРОЙСТВ) ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ СТОРОН В ДОГОВОРАХ ОБ ОКАЗАНИИ УСЛУГ ПО ПЕРЕДАЧЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ (ДОГОВОРАХ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ)»
9. Проект «Методические указания по расчету повышающих (понижающих) коэффициентов к тарифам на услуги по передаче электрической энергии в зависимости от соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии, применяемых для определения обязательств сторон в договорах об оказании услуг по передаче электрической энергии (договорах энергоснабжения или купли-продажи (поставки) электрической энергии) », ФСТ, 2008 г.
10. Прайс-лист на изделия для энергосбережения ООО «ЭЛПРИ», г. Чебоксары, 1.06.2007.
11. ПРАЙС ЛИСТ от 12.04.2006 г. ЗАО "МАТИК ЭЛЕКТРО" 125190 г. Москва. а/я 53. Походный проезд, дом 4, корп. 1 оф. 7 тел. (495) 223-66-79 - многоканальный, факс (495) 223-66-14, моб. (495) 740-06-90 sales@matic.ru, [www.matic.ru](http://www.matic.ru).
12. Экономия энергоресурсов в промышленных технологиях. Справочно-методическое пособие / Авторы-составители: Г.Я. Вагин, Л.В. Дудникова, Е.А. Зенютич, А.Б. Лоскутов, Е.Б. Солнцев; под ред. С.К. Сергеева; НГТУ, НИЦЭ – Новгород, 2001. -296 с.
13. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ЭНАС, 2012.- 376 с.: ил.
14. Онлайн Электрик: Интерактивные расчеты систем электроснабжения. – 2008 [Электронный ресурс]. Доступ для зарегистрированных пользователей. – URL: <http://www.online-electric.ru> (дата обращения: 24.12.2013).