

УДК 628.97

Ю. О. Васильева, канд. техн. наук,
Е. Н. Ляшенко,
А. Л. Васильев
 Харьковский национальный
 университет городского хозяйства
 им. А. Н. Бекетова
 61002, г. Харьков, ул. Революции, 12,
 Тел.: (057) 707-32-42,

ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ ДЛЯ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

В настоящее время мы являемся свидетелями и участниками научно-промышленной революции в области светотехники – массовой замены традиционных источников освещения: ламп накаливания, электролюминесцентных ламп и других – полупроводниковыми аналогами, которые отличаются высокой эффективностью, надёжностью, экономичностью, экологической безопасностью и большим сроком безотказной работы (свыше 100000 часов), что дает возможность более рационально выполнять осветительные установки электрических станций и подстанций.

Рабочее освещение является основным видом освещения и выполняется во всех помещениях электрических станций (подстанций), а также на открытых участках территории, где в темное время суток производятся работы или происходит движение транспорта и людей. Рабочее освещение должно создавать на рабочих поверхностях, в помещениях и на открытых участках территории освещенность, требуемую нормами. При наличии в помещении аварийного освещения требуемую освещенность создают совместно оба вида освещения.

Аварийное освещение предусматривается в тех помещениях, где не допускается прекращение работы персонала или должна быть обеспечена безопасная эвакуация людей при аварийном отключении рабочего освещения. На электростанциях к таким помещениям относятся: котельное и машинное отделения, топливоподача, помещения щитов управления, щитов релейных и низкого напряжения в главном корпусе, основные закрытые распределительные устройства, помещения аккумуляторной батареи и зарядных агрегатов, электролизная, компрессорная, циркуляционная насосная, противопожарная насосная, растопочная мазутонасосная, комната дежурного инженера, кабинеты директора и главного инженера, газораспределительный пункт, телефонная станция и радиоузел, кабинет врача в медпункте, специальные помещения, основные проходы и лестницы в цехах, имеющих аварийное освещение. Аварийное освещение в основных цехах электростанций должно обеспечить возможность беспрепятственной эксплуатации технологического оборудования и ориентировки в помещении в период аварийного режима работы.

Особыми помещениями АЭС являются: реакторное отделение, где располагается ядерный реактор и технологическое оборудование, связанное с работой

реактора (главные циркуляционные насосы, парогенераторы, машинки для перегрузки топливных кассет и осмотра реактора и т. д.), бассейны с водой для выдержки и перегрузки горючего;

особая водоочистка, где размещены разные насосы, баки, емкости, фильтры, дезактивационные установки и т. д.;

вентиляционный центр с сильными приточными и вытяжными вентиляционными установками, венткамеры;

помещения насосов, устройств, приводов арматуры, трубопроводов, нагнетательных газодувок;

пульты и щиты управления (блочный, запасный, дозиметрии), распределительные устройства и электросборки, размещенные внутри особых помещений;

лаборатории (радиохимическая, дозиметрического контроля, инженерно-физическая и др.), КИП различного предназначения, помещения дозиметрии;

особый санпропускник и помещения санитарно-бытового предназначения (санузлы, души, гардеробные, приема и хранения спецодежды и др.).

Освещение этих объектов осуществляется согласно нормам, изложенным в таблице 1. В главных производственных помещениях АЭС специальные условия эксплуатации связаны с особенностями работы технологического оборудования. Имеются помещения, куда доступ персонала при работе технологического оборудования запрещается (напряжение; мер, помещения реактора, основных циркуляционных насосов — ГЦН, парогенераторов и т. д.). Доступ персонала в эти помещения вероятен только при неработающем технологическом оборудовании: для осмотра, ремонта и т. п. На АЭС имеется ряд помещений, нахождение персонала в которых при рабочем режиме и допускается на недолгое время. В помещениях с нормальными критериями эксплуатации персонал может находиться постоянно.

Таблица 1.

Разряд зрительных работ и качественные показатели осветительных установок АЭС (рабочая поверхность – зоны размещения и обслуживания оборудования)

Помещение	Плоскость, в которой нормируется освещенность	Разряд и подразряд зрительных работ	Наибольшие допустимые
Зал аппаратного (реакторного) отделения	Горизонтальная – 0,8 м от пола	Va+1	40
Помещения блочного и резервного щитов управления, ЩУ общестанционных устройств, щита дозиметрии, пульта управления краном аппаратного отделения (внутренний контур основных панелей)	Требуемая	IVг+1	40

Продолжение таблицы 1.

Помещения главных циркуляционных насосов ГЦН, машины осмотра реактора, монтажный зал вентцентра	Горизонтальная – 0,8 м от пола	VГ	60
Помещения КИП и дозиметрии	Требуемая	IVГ	60
Помещения электродвигателей аварийной системы, вентиляционных камер (боксов ГЦН, парогенераторов, фильтров, компенсаторов объема и т. д.), обслуживания приводов арматуры, различных насосов, узла свежего топлива, газодувок, аварийного узла бора; помещения и камеры вытяжной и приточной вентиляции (в аппаратном отделении, вентцентра и др.); помещения сливного бака промежуточного контура ГЦН, механизмов перемещения ИК; задняя сторона панелей ЩУ (в вертикальной плоскости)	Горизонтальная – 0,8 м от пола	VI – 1	80
Помещения парогенераторов, теплообменников, транспортных коридоров и коридоров обслуживания в аппаратном отделении и вентцентре, омпенсаторов объема	Горизонтальная – 0,8 м от пола	VIIIБ	–
Помещения ионообменных и других фильтров, отработанного топлива, баков, коллекторов, камеры сдувок в аппаратном отделении	Горизонтальная – 0,8 м от пола	VIIIБ	–

В ряде помещений АЭС при обыкновенном режиме работы температура воздуха обычная, но в аварийном режиме может резко возрасти, а в отдельных вариантах повышается и давление воздуха. Есть помещения, где и при обычном режиме температура воздуха повышенная. Отдельные объекты и помещения АЭС могут быть загрязнены радиоактивными субстанциями, и для дезактивации эти помещения и имеющееся в их оборудование обмывают либо обтирают жаркой водой или особыми составами. В этих вариантах подвергают дезактивации и элементы осветительной сети. Потому предъявляются особенные завышенные требования к проводке и конструкции осветительных устройств. Проводка в ряде особых помещений АЭС производится проводом ПРТО в железных трубах либо особым кабелем, а в помещениях с высочайшей температурой воздуха – нагревостойкими проводами. Осветительные приборы используют особые, герметичные с нагревостойкими рассеивателями, допускающие обмыв их жаркой водой либо особыми составами. При выборе типа осветительного устройства учитывают также и остальные условия эксплуатации и среды в каждом определенном помещении АЭС.

Возможность применения светодиодов на АЭС

Выбор источников света и соответственно уровня освещенности для особых помещений АЭС делается с учетом протекающего в данном помещении технологического процесса и требований, предъявляемых к зрительной работе персонала, также наличия осветительных устройств, подходящих для критерий эксплуатации и среды этого помещения. В связи с массовым внедрением светодиодов, нами была рассмотрена возможность модернизации систем освещения световыми приборами на базе светодиодов. В ходе светотехнического проектирования были применены световые приборы на основе светодиодов, практически, во всех помещениях АЭС. Исключение составили зоны с повышенным уровнем радиации и верхним пределом температуры эксплуатации выше 60°C. Рассмотрим подробнее причины этих исключений.

Основной недостаток полупроводниковых источников света – плохая устойчивость к воздействию радиации.

Воздействие различных радиационных факторов в большей или меньшей степени влияет на подвижность неосновных носителей заряда, изменение периода решетки слоев гетероструктур, но основным нежелательным радиационным эффектом является снижение светоотдачи СД, обусловленное радиационным повреждением активного слоя гетероструктуры.

Основные сведения о радиации. Характеристики светодиода под воздействием радиации ухудшаются. Степень такого ухудшения зависит от типа излучения, уровня и длительности воздействия. Существует два основных типа радиации: это потоки элементарных частиц и потоки фотонов. Элементарные частицы (нейтроны, протоны и электроны) имеют массу, энергию и иногда заряд. Фотоны (гамма- и рентгеновские) представляют сгустки электромагнитной энергии, не имеющие массы и заряда. В случае элементарных частиц мерой радиации является интегральный поток, или флюенс (число частиц на единицу площади), а в случае потока фотонов – суммарная доза излучения и мощность дозы излучения. Один рад – это поглощенная доза излучения, приводящая к высвобождению 100 эрг энергии на один грамм поглощающего материала, в данном случае кремния (Si). Как правило, в радиационной среде присутствуют и элементарные частицы, и фотоны.

Ущерб от воздействия радиации: смещение атомов и ионизация. Способность радиации проникать в материю и вызывать повреждения зависит от массы, энергии и заряда соответствующих частиц. Нейтроны и протоны имеют большую массу, чем электроны, и поэтому наносят больший ущерб. Облучение происходит в широком спектре, но значимый ущерб наносят элементарные частицы и фотоны с энергией 0,1 МэВ и выше. Заряженные частицы (протоны, электроны) имеют гораздо меньшую глубину проникновения, чем нейтроны и гамма-лучи той же энергии. Нейтронное излучение ответственно в основном за необратимое смещение атомов в полупроводниках, а ионизация обусловлена главным образом гамма-излучением. Нейтроны высоких энергий, ударяясь об атомы, смещают их из естественного положения в кристаллической решетке, что приводит к появлению вакансий и междоузельных атомов. Эти дефекты эквивалентны наличию примесей в полупроводниках; у них имеются энергетические уровни в запрещенной зоне, которые могут играть роль рекомбинационных центров [4]. Соответственно, время жизни носителей заряда сокращается и эффективное удельное сопротивление материала

возрастает. В совокупности эти эффекты вызывают необратимое ухудшение характеристик устройства. Воздействие на оптрон нейтронного излучения с интегральным потоком свыше 10^{12} нейтронов/см² приводит к снижению яркости светодиода, коэффициента пропускания оптического канала, КПД фотодиода и коэффициента усиления транзистора [6]. Гамма-лучи высоких энергий сообщают энергию электронам и дыркам в кристаллической решетке, возбуждая их до неравновесных (ионизированных) состояний. Под действием излучения в обедненных областях обратно-смещенных р-п-переходов возникают броски фототока. Эти броски зависят от мощности дозы излучения и могут приводить к ошибочному переключению выхода с высокого уровня («выключено») на низкий («включено»). При мощности дозы свыше 109 рад вырабатываются фототоки в диапазоне 1–1000 мА, которые могут вызывать эффект защелкивания и выгорание устройства. При любых мощностях дозы накопленная суммарная доза излучения приводит к заметному (но не необратимому) ухудшению характеристик. При величине суммарной дозы излучения порядка 10⁴ рад (Si) характеристики оптрона могут ухудшиться за счет роста токов утечки.

Светодиоды активно используются в энергетике. Конструкция светодиодов состоит из нескольких слоев, которые выполняют определенные функции. Одна из задач – понять, какие из слоев наиболее подвержены радиации и сделать их более стойкими.

Освещение особых помещений АЭС

При наличии в помещении щита управления оповестительных устройств и телевизионных экранов нужно предугадать такое управление отдельными частями осветительной установки, с тем чтоб можно было в зонах размещения упомянутого оборудования регулировать уровень освещенности.

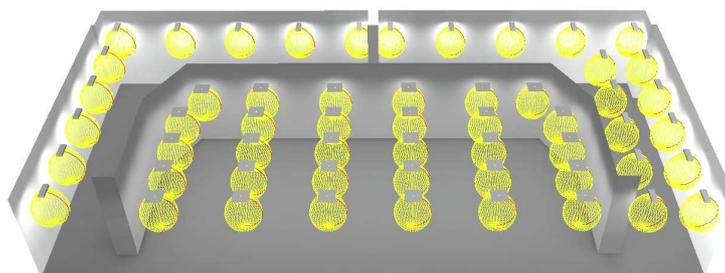


Рис. 1 – Осветительная установка помещения щита управления

Помещение атомного реактора имеет обычно цилиндрическую или сферическую форму. При всем этом может появляться необходимость установки осветительных приборов (в связи с невыполнимостью размещения их под перекрытием строения) по периметру помещения с направлением светового излучения к центру помещения. В ряде всевозможных случаев употребляют конструкции и площадки оборудования (к примеру, парогенераторов) для подвески осветительных приборов. В нижней части реакторного отделения, где имеются низкие помещения, загроможденные оборудованием, используют навесные, потолочные либо стенные осветительные приборы зависимо от местных критерий.



Рис. 2 – Освещение помещения атомного реактора светильниками ДКСТ 20000

В герметизированных помещениях ядерных реакторов обслуживающий персонал бывает изредка, и осветительная установка на время отсутствия персонала отключается. В течение года ее употребляют примерно только 1 мес. Осветительной сетью помещений ядерных реакторов управляют при помощи контакторов. Предусмотрена установка сигнальных ламп, указывающих, включена либо отключена осветительная установка. Особенное внимание уделяется свету помещения щита управления. Чтоб обеспечить наилучшие условия для различения показаний оповестительных устройств и наблюдения за экранами телевизоров в районе их размещения, уровень освещенности принимают пониженным. Принимаются меры по устранению бликов на стеклах измерительных устройств.

В помещениях ядерных реакторов и в их вспомогательных помещениях имеются бассейны с водой большей площади, служащие экранами для защиты персонала от радиации во время перегрузки горючего.

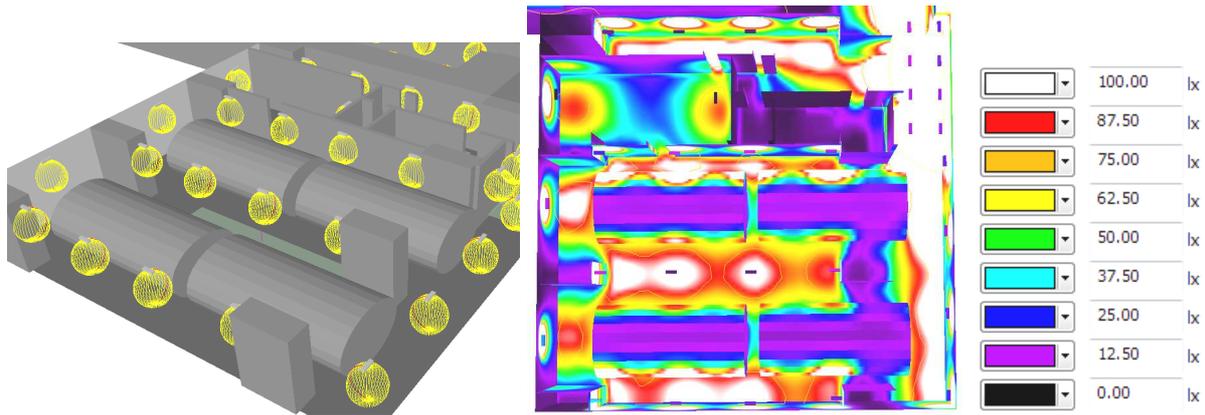


Рис. 3 – ОУ помещения баков душевых вод

Имеются два метода обслуживания топливных кассет в бассейнах: когда они видны крановщику, подающему горючее, и когда они видны только на дистанционном телевизионном экране. Система освещения в этих вариантах различна.

В первом случае употребляется подводное освещение бассейна прожекторами с обыкновенными либо галогенными лампами накаливания. Прожекторы располагают по периметру бассейна, и их световое излучение направляется к днищу бассейна.

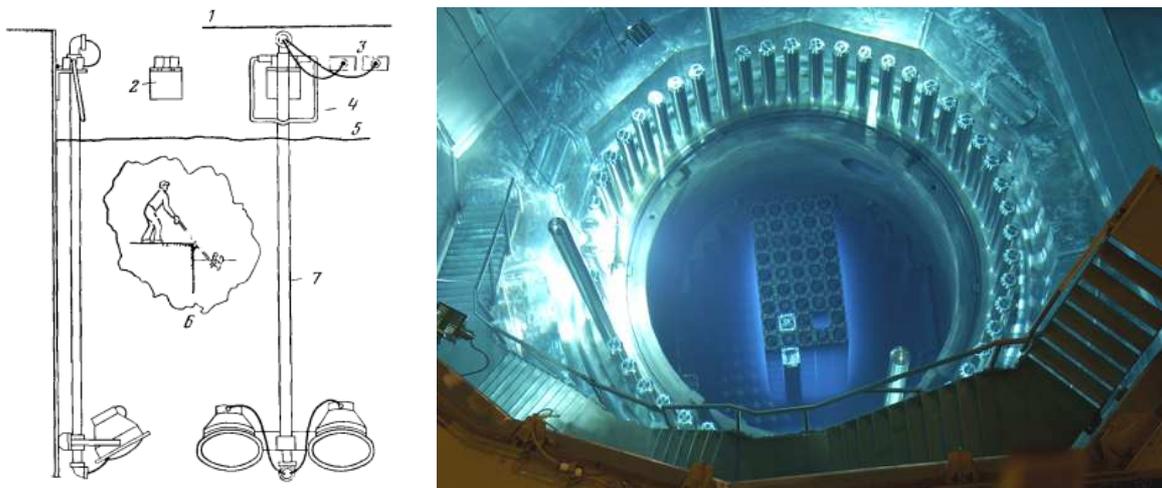


Рис. 4 – Система подводного освещения бассейна выдержки топливных кассет прожекторами с галогенными лампами накаливания 1000 Вт:

1 – рабочая площадка; 2 – кронштейн подвески (вид спереди); 7 – штепсельные розетки с блокировкой; 4 – подъемная рукоятка; 5 – уровень воды в бассейне; 6 – подъем прожекторов для смены ламп; 7 – штанга длиной 1,5 м.

На АЭС обеспечена надежная бесперебойная работа системы освещения. Не считая сетей обычного освещения предугадываются также сети аварийного освещения, имеющие надежные независимые источники питания.

Программная реализация проекта

Даже такой сложный объект возможно рассчитать средствами программы DIALux.

Прежде всего необходим план помещения на нулевой отметке. Мы его используем как подложку для возведения стен и колонн нашего помещения. После расположения основного оборудования на первой отметке, с помощью инструмента «Экструдер» создаем контуры площадки второго уровня. Инструмент Экструдер позволяет создавать плоскости любой конфигурации. Для этого нужно нажать правой кнопкой мыши на прямой линии и выбрать добавить точку. Так расставив точки по углам площадки мы получаем необходимую форму. Остается только задать толщину площадки и поднять ее на отметку, на которой она расположена. После создания площадок на всех уровнях переходим к основному технологическому оборудованию и трубопроводам. Расставляем светильники и прожектора по площадкам. При этом учитываем, что светильники с одной площадки могут освещать другую, и учитываем затенения от технологии и колонн. Так уровень за уровнем мы создаем освещение объекта. Когда все световые приборы расставлены, производим стандартный расчет. Рекомендуем включить «Отображение фиктивных цветов» и отрегулировать вашу нормируемую освещенность.

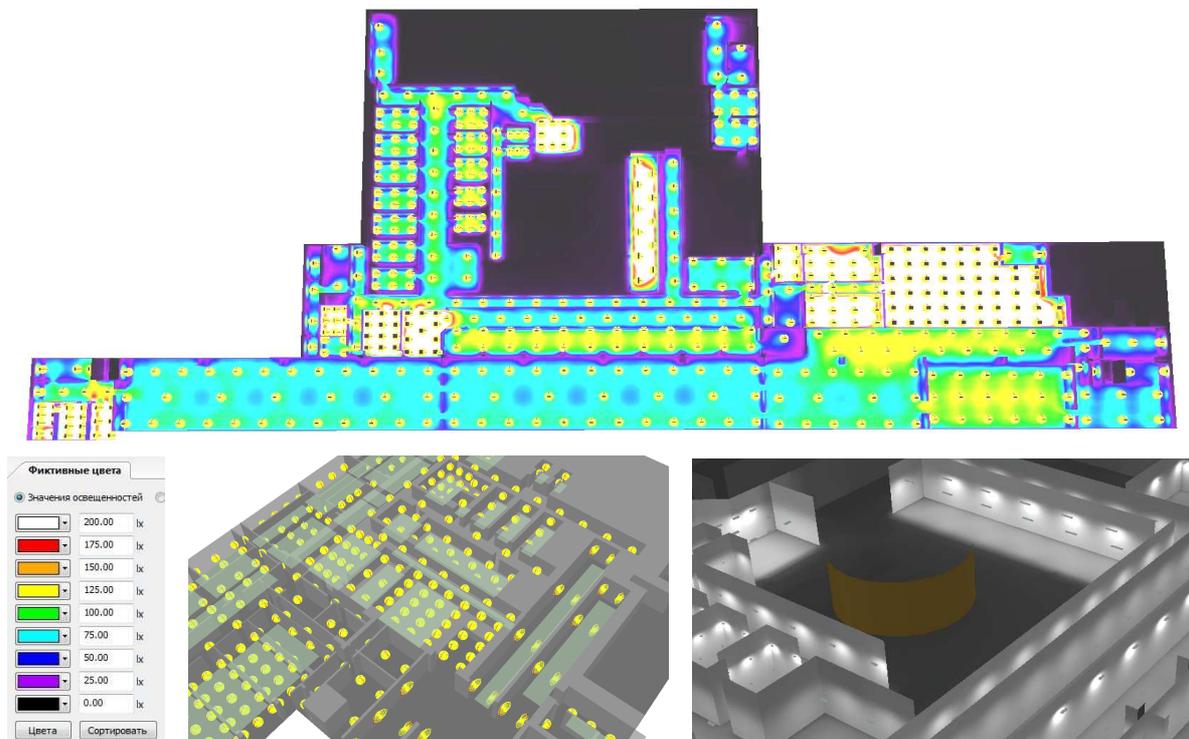


Рис. 5 – Фрагмент решения освещения главного корпуса АЭС.

Литература

1. Алфёров, Ж.И. История и будущее полупроводниковых гетероструктур / Ж.И. Алфёров // Физика и техника полупроводников. – 1988. – Т. 32, № 1. – С. 3-18.
2. Алфёров, Ж.И. Генерация лазерного излучения в субмонослойных структурах CdSe в матрице ZnSe без внешнего оптического ограничения / Ж.И. Алфёров, И.Л. Крестников, Н.Н. Леденцов, М.В. Максимов, А.В. Сахаров, С.В. Иванов, С.В. Сорокин, Л.Н. Тенишев, П.С. Копьев // Письма в «Журнал технической физики». – 1997. – Т. 23, № 1. – С. 23-25.

3. Hodapp, M.W. High brightness light emitting diodes /M.W. Hodapp. – New York: NY Academic press, 1997. –P. 87-92.
4. Craford, G. Visible light emitting diodes: past, present and very bright future / George Craford // MRS bulletin. –2000. – N 1. – P. 113-118.
5. Волков В. Мощные полупроводниковые источники излучения / В. Волков, А. Закгейм, Г. Иткинсон, М. Мизеров, Б. Пушный // Электроника: наука, технология, бизнес. – 1999. – № 3. – С. 16-21.
6. Коган, Л.М. Светодиоды нового поколения для светосигнальных и осветительных приборов / Л.М. Коган //серия «Новости светотехники». – Вып. 7-8 (34-35) –М.: Дом Света, 2001. – 47 с.
7. Коган, Л.М. Светодиодные осветительные приборы /Л.М. Коган // Светотехника. – 2002. – № 5. – С. 16-20.
8. Schlotter, P. Fabrication and characterization of GaN/InGaNVAlGaN double heterostructure LEDs and their application in luminescence conversion LEDs /P. Schlotter, J. Baur, C. Rielscher, M. Kunzer, H. Obloh, R. Schmidt and J. Schneider // Materials Sci. Eng. – 1999.– B59. – P. 390.

ДОСВІД ПРОЕКТУВАННЯ СВІТЛОДІОДНИХ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ ДЛЯ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Ю. О. Васильєва, О. М. Ляшенко, А. Л. Васильєв

У статті розглядаються особливості проектування освітлення атомних електростанцій і можливість модернізації цих систем світловими приладами на базі світлодіодів. Наводиться аналіз стійкості світлодіодів до дії радіації.

EXPERIENCE OF PLANNING OF LED LIGHTING SYSTEMS FOR NUCLEAR POWER PLANTS

U. O. Vasilyeva, O. M. Lyashenko, A. L. Vasilyev

In the article the features of planning of illumination of atomic power plants, and upgradability by the light devices of these systems, are examined on the base of light-emitting diodes. An analysis over of stability of light-emitting diodes is brought to influence of radiation.