

14. Salas V., Olias E. Overview of the state of technique for PV inverters used in low voltage grid-connected PV systems: Inverters above 10kW // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2011. – V. 15. – P. 1250–1257.
15. Hassaine L., Olias E., Quintero J. Overview of power inverter topologies and control structures for grid connected photovoltaic systems // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2014. – V. 30. – P. 796–807.
16. URL: www.rp5.ru.
17. Kost C., Mayer J.N., Thomsen J. Levelized cost of electricity renewable energy technologies // Fraunhofer institute for solar energy system (FISE). – 2013. – P. 27–33.



УДК 628.971.6(571.51)

О.Н. Животов, Я.А. Кунгс

ПРОЕКТ ИННОВАЦИОННОГО СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ УЛИЦЫ ДУБРОВИНСКОГО В ГОРОДЕ КРАСНОЯРСКЕ

Показаны экономические, энергетические, технические, эстетические и экологические преимущества светодиодного освещения улицы. Даны конструкция и параметры осветительной установки улицы, рассчитанной по программе «Dialux», определены экономические показатели новой системы освещения улицы Дубровинского.

Ключевые слова: экономика, светодиоды, натриевые лампы, светильник, светоотдача, улица, конструкция, параметры, расчет, план, анализ, дорога, пешеходная зона, изолинии, показатели, расходы, капитальные затраты, эксплуатационные затраты.

O.N. Zhivotov, Ya.A. Kungs

THE PROJECT OF THE INNOVATIVE LED LIGHTING OF DUBROVINSKY STREET IN KRASNOYARSKCITY

The economic, energy, technical, aesthetic and environmental advantages of the street LED lighting are shown. The design and parameters of the street lighting installation developed by the «Dialux» program are given; the economic indicators of the new street lighting system in Dubrovinsky street are determined.

Key words: economics, LEDs, sodium lamps, lamp, light output, street, construction, parameters, calculation, plan, analysis, road, pedestrian area, isolate, indicators, costs, capital costs, operating costs.

В настоящее время в мире существует общая тенденция перехода на светодиодное освещение как наиболее экономичное и экологически безопасное.

Так, Конгресс США выделил более 1 млрд долларов на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по повышению энергетических и эксплуатационных показателей светодиодов. «Тошиба» и другие японские фирмы постоянно совершенствуют выпускаемые светотехнические установки с применением светодиодов, в том числе и фирма «Тойота» для своих автомобилей, столица Испании Мадрид полностью переходит на светодиодное освещение, также во всемирно известном музее «Лувр» полностью внедряется светодиодное освещение. [1]

Общеизвестны основные преимущества светодиодов как источников света:

1. Экономия электроэнергии из-за высокой светоотдачи, достигающей 100 люмен на ватт. В уличном освещении единственным конкурентом светодиодам являются натриевые лампы ДНаТ со светоотдачей до 130 Лм/Вт, однако лампы ДНаТ имеют световое излучение оранжево-красного цвета, состоящее из трех спектральных линий красного цвета, что нарушает нормальное цветовосприятие окружающих предметов.

2. Срок службы, достигающий 100 тыс. часов дает сокращение эксплуатационных затрат на чистку, мойку и демеркуризацию ртутьсодержащих ламп ДНаТ, ДРЛ и др.
3. Высокая механическая прочность и надежность.
4. Отсутствие времени разогрева, что обеспечивает быстрое включение светильников.
5. Возможность управления светодиодным потоком.
6. Отсутствие вредного для здоровья ультрафиолетового излучения.

Организация проектирования и строительства светодиодного освещения транспортно-напряженной улицы Дубровинского является первой попыткой нововведения в масштабах крупного города с миллионным населением. Длина ул. Дубровинского составляет 2800 метров, на ней будет установлено 207 светильников общей мощностью 2716 кВт.

В Красноярске внедрены отдельные осветительные установки со светодиодными светильниками, самое большое из них – освещение железнодорожного моста 4100 через реку Енисей.

Производством светодиодных светильников различных типов, в том числе для уличного освещения, в Красноярске занимается малое предприятие «Кисан», которое является соавтором проекта освещения улицы Дубровинского. Светильники «Кисан» будут применены для освещения улицы Дубровинского.

Исследованиями осветительных приборов и установок в Красноярске занимаются ученые Сибирского федерального и Красноярского аграрного университетов.

Конструкция и параметры осветительной установки улицы Дубровинского

Общая длина осветительной линии между конечными пунктами составляет 5300 метров. Линия выполняется на стандартных опорах СП7009/110-01д(02д) самонесущим проводом марки СИП 2 сечением жилы 35 мм². На опорах монтируются светильники двух видов: КИСАН СКУ. LSS-160-16000-SH1-IP65 – уличный светодиодный светильник для дорог классов А, В и С мощностью 160 W для освещения проезжей части и СКУ.LSS-40-4000-SH1-IP65 – уличный светодиодный светильник для дорог классов А, В, С для освещения пешеходных дорожек. Полные характеристики светильников приведены на рисунке 1

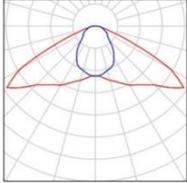
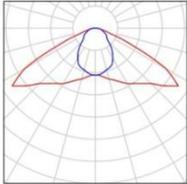
30 шт.	<p>Кисан СКУ.LSS-150-15000-SH1-IP65 Уличный светодиодный светильник для дорог классов А, В, С. № изделия: СКУ.LSS-150-15000-SH1-IP65 Световой поток (Светильник): 14095 lm Световой поток (Лампы): 15000 lm Мощность светильников: 150.0 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 39 80 97 100 94 Комплектация: 1 x По определению пользователя (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	Изображение светильников дается в фирменном каталоге.	
11 шт.	<p>Кисан СКУ.LSS-80-8000-SH1-IP65 Уличный светодиодный светильник для дорог классов А, В, С. № изделия: СКУ.LSS-80-8000-SH1-IP65 Световой поток (Светильник): 7048 lm Световой поток (Лампы): 8000 lm Мощность светильников: 80.0 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 39 80 97 100 88 Комплектация: 1 x По определению пользователя (Поправочный коэффициент 1.000).</p>	Изображение светильников дается в фирменном каталоге.	

Рис. 1. Количество и технические характеристики светильников, которые были использованы при расчете освещения автодороги и пешеходной зоны заданного участка улицы Дубровинского

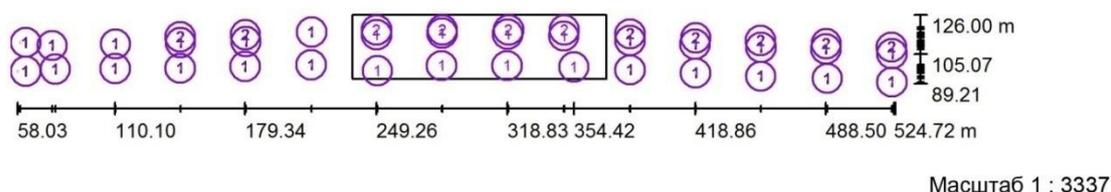
Общее число светильников мощности 160 W оставляет 156 штук, мощностью 40 W – 51 штука. Осветительная линия будет получать питание от трансформаторной подстанции, которую

планируется установить вблизи панелей ПУНО. Общая мощность, потребляемая осветительной установкой, составляет 2718 кВт.

Важнейшей частью в создании осветительной установки освещения улиц и дорог является выбор параметров размещения шага опор и мощности источника света по заданному уровню освещенности проезжей части транспорта и пешеходной зоны. В данном случае светодиодная осветительная установка, согласно ГОСТ Р55706-2013, относится к дороге класса А и должна обеспечивать освещенность не менее 20 люкс, пешеходной зоны – не менее 10 люкс.

Расчет светотехнической части выполнен на ЭВМ по программе Dialux. На рисунке 1 приведены данные и кривые светораспределения светильника, что по российской классификации относится к классу «полуширокая».

На рисунке 2 приведен план расположения каждого светильника первого и второго типа на расчетном участке.

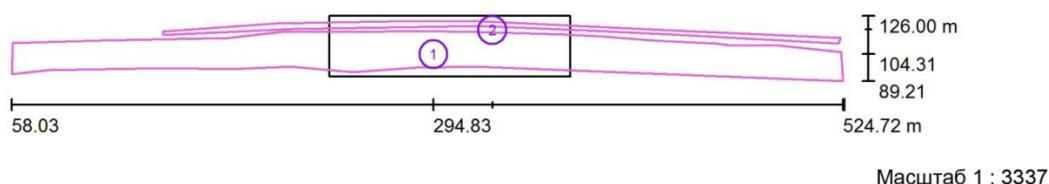


Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение
1	30	Кисан СКУ.LSS-150-15000-SH1-IP65 Уличный светодиодный светильник для дорог классов А, В, С.
2	11	Кисан СКУ.LSS-80-8000-SH1-IP65 Уличный светодиодный светильник для дорог классов А, В, С.

Рис. 2. План расположения каждого светильника 1-го и 2-го типа на заданном участке улицы Дубровинского

На рисунке 3 приведен обзор освещенности расчетных поверхностей проезжей части дороги и пешеходной зоны по отдельности, а также сведенных вместе.



Список расчетных поверхностей

№	Обозначение	Тип	Растр	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
1	Дорога	по вертикали	128 x 64	24	9.60	45	0.397	0.213
2	Пешеходная зона	по вертикали	128 x 32	18	7.31	31	0.403	0.236

Сводка результатов

Тип	Число	Средн. [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_{cp}	E_{min} / E_{max}
по вертикали	2	23	7.97	45	0.34	0.18

Рис. 3. Обзор результатов расчета освещения участка автодороги (расчетная поверхность №1) и участка пешеходной зоны (расчетная поверхность №2) по отдельности, а также сведенных вместе. E_{cp} – средний уровень освещенности

Анализ расчетов показывает, что средняя освещенность проезжей части дороги составляет $E_{ср}=24lx$ (люкс), по пешеходной зоне $E_{ср}=18lx$ (люкс). Средняя освещенность по обеим зонам составляет $E_{ср}=23lx$ (люкс).

На рисунке 4 показано отображение участка дороги в фиктивных цветах, что позволяет выявить качество освещенности, переосвещенные и недосвещенные участки дороги (при их наличии).

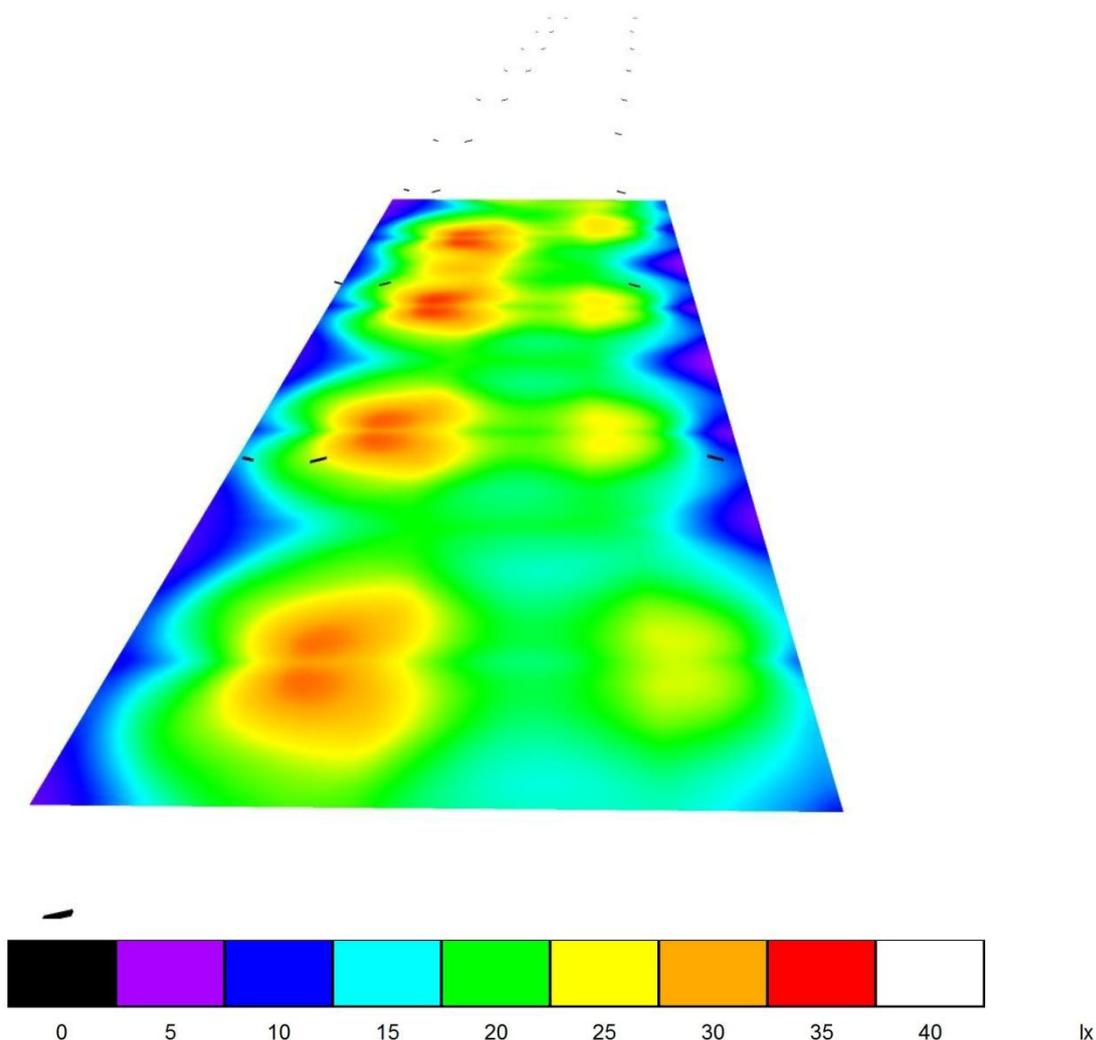


Рис. 4. Отображение освещаемого участка в фиктивных цветах позволяет оценить качество освещения и точно определить недосвеченные или переосвеченные зоны при их наличии

Для лучшей оценки освещенности дороги и пешеходной зоны компьютером выбран участок длиной 135 метров, для которого построены изолинии освещенности начиная от точки расположения светильника. Анализ изолиний показывает, что нормированная освещенность выдерживается на всем расчетном участке (рис. 5).

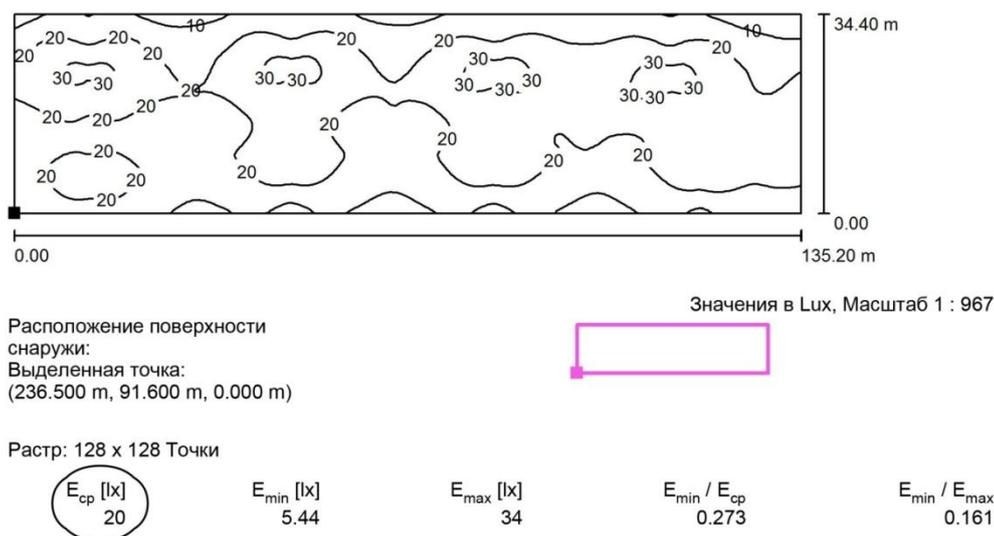


Рис. 5. Расчетная поверхность. Дорога и пешеходная зона. Изолинии (E). Участок автодороги и пешеходной зоны длиной 135 метров взят для примера, чтобы можно было более подробно увидеть распределение света и уровни освещенности в зонах непосредственно в местах установки светильников

Аналогичный анализ выполнен отдельно для проезжей части и пешеходной зоны, где средний уровень освещенности составляет $E_{cp}=23lx$ (люкс), что соответствует заданной норме (рис. 6, 7).

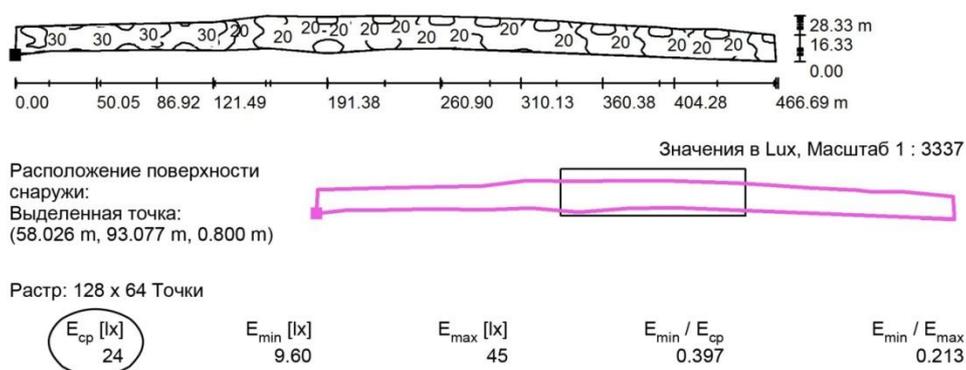


Рис. 6. Средний уровень освещенности автодороги отдельно

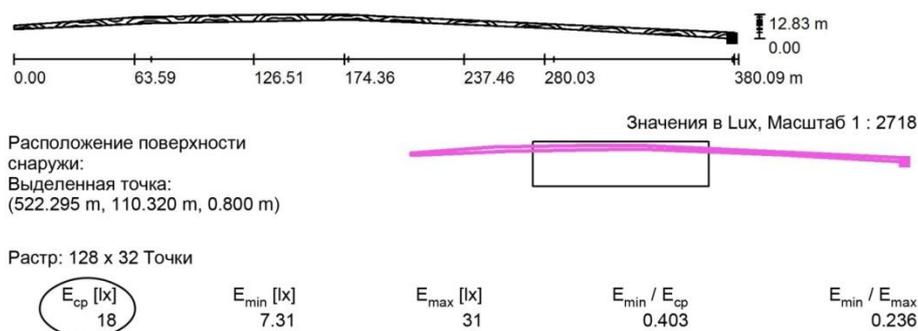


Рис. 7. Средний уровень освещенности пешеходной зоны отдельно

Светотехнический расчет показал, что установленные мощности светодиодных светильников $P_{y1}=160\text{ W}$ и $P_{y2}=40\text{ W}$ способны обеспечить заданные уровни освещенности улиц и пешеходной зоны.

Экономические показатели новой системы освещения ул. Дубровинского

Сметная стоимость, согласно локальному сметному расчету, на первый этап строительства 24725 тысяч рублей.

Разделы сметы: фундаменты под опоры, опоры, строительные работы, земляные работы, монтажные и демонтажные работы и затраты по автоперевозкам будут одинаковыми для обеих систем освещения, за исключением используемых источников света.

Стоимость светильников светодиодных СКУ 160 мощностью 160 Вт составляет 20300 руб., светильника СКУ 40 – 6600 руб.

Стоимость светильников ЖКУ с лампами ДНаТ мощностью 150 Вт составляет 5851 руб., с мощностью 70 Вт – 6137 руб.

Сопоставление стоимости светильников показывает, что оба варианта (ЖКУ и СКУ) несопоставимы по первоначальным затратам в силу их большой ценовой разницы. Однако по эксплуатационным затратам – сроку службы светодиодов 100 000 часов и сроку службы ламп ДНаТ 15 000 часов, что сокращает затраты на чистку и мойку светильников в 3-4 раза, демеркуризацию ртутных ламп, морозостойкость осветительной остановки, новое качество света, близкое к солнечному, дает значительное сокращение эксплуатационных расходов.

В нижеприведенной таблице приведены некоторые показатели двух вариантов осветительной установки (на лампах ЖКУ и СКУ).

Сравнительная таблица вариантов ул. Дубровинского

Сравнение вариантов освещения ул. Дубровинского										
Тип светильника	Мощность освещения дороги, кВт	Световой поток светильника, Лм	Индекс цветопередачи, Ra	Удельная мощность освещения 1 км дороги, кВт/км	Срок службы светильника/ лампы, час.	Стоимость 1 светильника, руб.	Капитальные затраты на устройство уличного освещения, руб.	Затраты на электроэнергию, руб/год	Эксплуатационные затраты (замена ламп), руб/год	Срок окупаемости, год.
ЖКУ 15-250/ ЖКУ 12-70	42,82	30000/ 6000	20-30	14,76	12000	7982/3561*	24724774	312586	57345	-
СКУ LSS 160/ СКУ LSS 40	27,16	16000/ 4000	80	9,36	100000	20300/ 6600	26984452	198268	0	13,16
* - в стоимости учтена стоимость лампы.										
Экономический эффект, руб/год						171663				
Увеличение капитальных затрат по сравнению с базовым вариантом, %						9,13				

На основе таблицы выполнен расчет эксплуатационных расходов. При этом использованы данные Красноярскгорсвета.

При расчете эксплуатационных расходов учтены следующие составляющие:

1. Годовое потребление электроэнергии, что для светильников с лампами ДНаТЖКУ $4282\text{ кВт}\times 39744 = 17,016$ млн кВт/ч; для светодиодных светильников СКУ $27,16\times 3974 = 0,107$ млн кВт/ч. Разность затраченной электроэнергии составит $17,06 - 0,107 = 16,909$ млн кВт/ч в год, или 4,49 млн руб. Расчеты показывают, что замена светильников ЖКУ с лампами ДНаТ на светодиодные светильники СКУ дает экономию электроэнергии 16,909 млн кВт/ч в год или, при стоимости электроэнергии 2,66 руб. на кВт/ч экономию электроэнергии 44,49 млн руб.

2. По расчетам «Красноярсгорсвета» эксплуатационные расходы на один светильник ЖКУ составляет 1518,35 руб., а на 207 светильников – 314,3 тыс. руб. То же самое на светодиодные лампы СКУ с учетом только осмотра светильника с чисткой, по данным «Горсвета», 495,52 руб., а на 270 светильников – 133,8 тыс. руб., что дает экономию эксплуатационных затрат на $495,52 - 133,8 = 361,72$ тыс. руб.

В расчете на срок службы светодиодов 100 тыс. ч или 7 лет экономия эксплуатационных расходов по уходу за светильниками будет 2,53 млн рублей. С учетом экономии электроэнергии суммарная экономия эксплуатационных издержек составит $44,9 + 2,53 = 47,02$ млн руб.

Заключение

По выполненной работе могут быть сделаны следующие выводы:

1. Мировая практика организации освещения городов показывает, что будущее источников световой энергии за светодиодами как наиболее экономичными, экологически безопасными, дающими высокое качество светового потока, близкое к солнечному свету.
2. Использование программы Dialux позволяет выбрать все параметры уличной осветительной установки с заданной точностью и контролировать распределение освещенности на заданных площадях проезжей части и пешеходной зоны.
3. Светотехнический расчет показал, что установленная мощность светодиодных светильников мощностью $P_{y1} = 160$ Вт и $P_{y2} = 40$ Вт способна обеспечить заданные уровни освещенности улицы (20 лк) и пешеходной зоны (18 лк).
4. Стоимости светильников ЖКУ и СКУ по первоначальным затратам несопоставимы в силу их большой ценовой разности.
5. Экономия эксплуатационных расходов от внедрения светодиодного освещения улицы Дубровинского, рассчитанных на срок годности этих ламп, составит 47,02 млн руб., что компенсирует первоначальные капиталовложения.

Литература

1. Юнович А.Э. Современное состояние светодиодов и тенденции развития светодиодов и светодиодного освещения // Светотехника. – 2007. – № 6. – С. 13–16.
2. URL: <http://www.svet-div.ru>.



УДК 004.91: 681.5.017 : 62-83

Р.В. Есин, Д.Д. Мищенко

ПРОБЛЕМАТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ С ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ ДЛЯ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ

Предлагается концепция системы моделирования с переменной структурой для разрешения противоречия «скорость вычислений – время». Данная проблема возникает при использовании точных моделей электродвигателей, необходимых для оптимального моделирования аварийных режимов.

Ключевые слова: *система моделирования, аварийный режим, переменная структура, электродвигатель.*

R.V. Esin, D.D. Mischenko

THE PROBLEMATICS OF THE USE OF MODELING SYSTEMS WITH VARIABLE STRUCTURE FOR EMERGENCY OPERATION

The concept of modeling system with variable structure in order to solve the problem of “calculation speed – calculation time” discrepancy is offered. This problem occurs in case of using the electric motor accurate models necessary for the optimal simulation of emergency operations.

Key words: *modeling system, emergency operation, variable structure, electric motor.*
