

Выводы

1. Производственные испытания на Красногорском свиномкомплексе показали, что использование мокрого электрофильтра для очистки рециркуляционного воздуха приводит к значительному улучшению состояния воздушной среды помещений для содержания поросят-отъемышей (концентрация пыли в воздушной среде снизилась на 35 %, микроорганизмов – на 13 %) и к повышению технико-экономических показателей хозяйства (падеж уменьшился на 52 %, среднесуточный прирост массы вырос на 16,4 %).

2. Производственные испытания на свиномкомплексе ООО «Совхоз Каштакский» показали высокую эффективность очистки рециркуляционного воздуха с помощью мокрого электрофильтра от пыли (95,4 %), микроорганизмов (70 %) и аммиака (83,8 %).

Литература

1. Возмилов А.Г. Электроочистка и электрообеззараживание воздуха в промышленном животноводстве и птицеводстве: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.02 / ЧИМЭСХ. – Челябинск, 1993. – 337 с.
2. Возмилов А.Г., Андреев Л.Н. Мокрый электрофильтр // Проблемы инновационного и конкурентоспособного развития агроинженерной науки на современном этапе: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. – Алматы, 2008. – Т. 2.
3. Овсянников А.И. Основы опытного дела в животноводстве. – М.: Колос, 1976. – 304 с.
4. Зоогигиенические нормативы для животноводческих объектов: справ. / Г.К. Волков, В.М. Репин, В.И. Большаков [и др.] / под ред. Г.К. Волкова. – М.: Агропромиздат, 1986. – 303 с.
5. Методика определения эффективности систем очистки воздуха от микроорганизмов / В.Н. Мишагин, Л.Н. Андреев, И.Е. Сыромятов [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. – № 5.



УДК 621.3(091)

Я.А. Кунгс, О.А. Ковалева, В.В. Кибардин

ИНДУКЦИОННЫЕ ЛАМПЫ

В статье рассмотрены вопросы энергообеспечения сельскохозяйственного производства. В частности, речь идет о конструкции и области применения индукционных ламп, которые обладают на сегодняшний день наилучшими технико-экономическими показателями.

Ключевые слова: индукционная лампа, электромагнитное поле, магнитное поле, индукционная катушка, магнитное кольцо (магнитопровод), электрическая катушка, коэффициент мощности.

Ya.A. Kungs, O.A. Kovaleva, V.V. Kibardin

INDUCTION LAMPS

The issues of the agricultural production energy supply are considered in the article. The design and application of the induction lamps that have the best technical and economic indices nowadays is discussed in particular.

Key words: induction lamp, electromagnetic field, magnetic field, induction coil, magnetic ring (magnetic conductor), electric coil, power coefficient.

В 2009 г. был принят Закон №261-ФЗ “Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации”. В соответствии с этим законом к 2014 г. предусматривается полная замена ламп накаливания на более современные и экономичные. К последним относятся люминесцентные лампы высокого и низкого давления, компактные люминесцентные лампы, светодиодные лампы и индукционные лампы. Все они имеют свои достоинства, недостатки и область применения. В то же время наилучшими технико-экономическими показателями обладают индукционные лампы, которые не имеют нитей накаливания и термодатодов.

Впервые безэлектродную лампу продемонстрировал Н. Тесла на Всемирной колумбийской выставке в Чикаго в 1893 г. Она была похожа на большой шар и светилась странным зеленоватым светом. Питалась она от электромагнитного поля вблизи катушки Тесла. В 1904 г. Питер Купер Хьюитт разработал индукционную лампу, в которой использовались пары ртути. Лампы имели форму сферы и сдвоенной сферы с внешним и внутренним дросселем. В 1967 г. Джон Мелвин Андерсон создал первый надежный прототип индукционной лампы, а в 1994 г. его компактная лампа GENURA (впервые ВЧ-генератор был расположен в цоколе лампы) вышла на рынок. Первые серийные образцы индукционных люминесцентных ламп (ИЛЛ) были выпущены в 1991–1992 гг. Лидерами в производстве ИЛЛ стали иностранные фирмы PHILIPS Lighting, GE Lighting, OSRAM [1–4].

Российские ученые также занимались практической разработкой таких ламп [1–4]. Например, в 60-х годах прошлого века в СССР выпускалась ультрафиолетовая косметическая лампа «ФОТОН», источником света которой являлся шарик диаметром 2 см, а электромагнитное поле создавалось катушкой высокочастотного генератора с частотой 27, 12 МГц. Сотрудниками Института теплофизики СО РАН (г. Новосибирск) в 1997–1999 г. было получено несколько патентов на создание низкочастотных (10 кГц) индукционных ламп. Были созданы экспериментальные образцы ИЛЛ мощностью от 100 Вт до 100 кВт. Однако ввиду отсутствия финансирования исследования были прекращены. В настоящее время монополия на производство ИЛЛ принадлежит Китаю [9].

Индукционные лампы – это энергосберегающие безэлектродные лампы нового поколения, в них нет термодатодов и нитей накаливания. По этой причине они долговечнее в 6–10 раз стандартных люминесцентных ламп, ламп ДРЛ и натриевых ламп ДНаТ. Отличаются малым нагревом источника света и при одинаковой мощности имеют более низкий вес по сравнению со светодиодными матрицами (рис. 1) [5, 6].

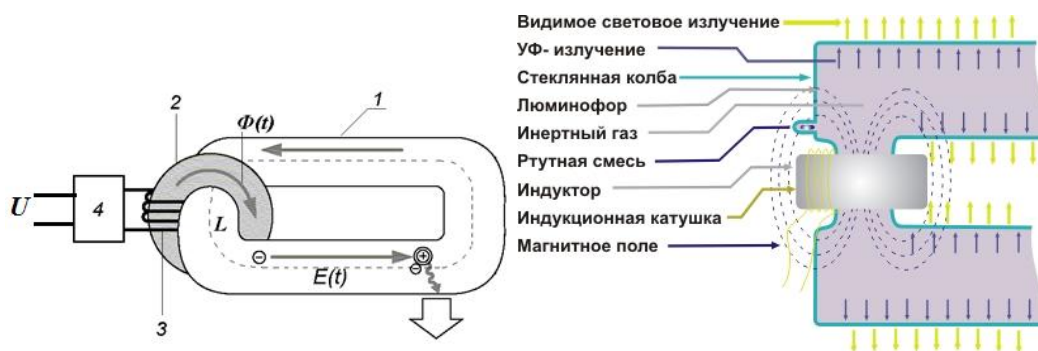


Рис. 1. Индукционная лампа: 1 – газоразрядная трубка, внутренняя поверхность которой покрыта люминофором; 2 – магнитное кольцо; 3 – индукционная катушка; 4 – электронный балласт (генератора высокочастотного тока)

Электронный балласт подключается к сети синусоидального напряжения 120/220/380 В (или к источнику постоянного напряжения 12 или 24 В). Система управления балластом преобразует переменный ток частотой 50 Гц в переменный ток высокой частоты (190–250 кГц или 2,65 МГц) и может изменять частоту и силу тока через катушку индуктора для обеспечения стабильной работы лампы. Внутри трубки находятся капельки амальгамы ртути, внутренняя поверхность покрыта люминофором и заполнена инертным газом аргоном или криптоном. Электромагнит и индукционная катушка создают высокочастотное электромагнитное поле, атомы ртути возбуждаются (газовый разряд), возникает ультрафиолетовое излучение, которое преобразуется люминофором в видимое свечение. Как и в стандартных флуоресцентных лампах, сочетание различных люминофоров в покрытии колбы дает различные цвета свечения. Наиболее общие цветовые температуры свечения ламп 3500, 4100, 5000 и 6500 °К.

Индукционные лампы можно рассматривать как однофазный трансформатор: ферромагнитный сердечник с первичной высокочастотной обмоткой и вторичной обмоткой – колба с ртутью.

Существуют два типа конструкции индукционных ламп: индукционная лампа с отдельным балластом (рис. 2) и индукционная лампа со встроенным балластом (рис. 3). По виду индукции также возможны два типа индукционных ламп: магнитное кольцо расположено вокруг трубки (внешний индуктор) (рис. 2, 3, а) или внутри её (рис. 3, б).



Прямоугольная индукционная лампа

Рис. 2. Индукционная лампа с отдельным балластом

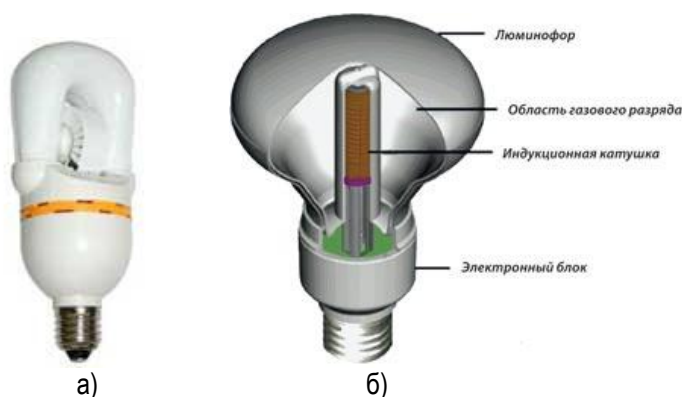


Рис. 3. Индукционная лампа со встроенным балластом

Лампы с внешним индуктором (их еще называют низкочастотными лампами, рабочая частота 190–250 кГц) имеют лучшие условия теплообмена с окружающей средой, поэтому у них более высокий КПД преобразования и длительный срок службы (90000–100000 ч по сравнению с лампами с внутренним индуктором (высокочастотные лампы, рабочая частота 2–3 МГц, индукционная катушка намотана на ферритовый сердечник, находящийся внутри колбы). В последних тепло, выделяемое катушкой, оказывается внутри полости лампы (имеют более высокую рабочую температуру) и выводится излучением через стеклянные стенки колбы и теплопередачей через цоколь. Такие лампы похожи на обычные лампы накаливания (см. рис. 3, б) и имеют срок службы 60000–75000 ч. Внутренний индуктор лампы имеет более низкий КПД преобразования.

В настоящее время индукционные лампы применяются для освещения промышленных, общественных, торговых и жилых помещений, городских улиц, пешеходных зон, а также архитектурной и художественной подсветки и в сельскохозяйственных предприятиях. Например, компания «НАНОСВЕТ» (г. Домодедово Московская обл.) предлагает индукционную лампу Vi-S мощностью 200 и 300 Вт для тепличных хозяйств. Лампа излучает свет в двух диапазонах – синем 450 нм и красном 660–680 нм, что ускоряет рост растений. При этом экономия электроэнергии достигает 35–80 %.

Промышленные испытания ИЛЛ типа LVD были проведены компанией ProСвет в 2010–2012 гг. в Москве (метрополитен), Екатеринбурге, Миассе (уличное освещение), на промышленных предприятиях (комбинат МАГНЕЗИТ, Мальцевский портландцемент, Челябинский компрессорный завод, Лебединский и Михайловский ГОК, РусАЛ – Рус-Инжиниринг и т.д.). Все испытания подтвердили высокую экономичность ИЛЛ: потребление электроэнергии снижалось в три–пять раз. При этом отмечалась стабильная работа светильников при пониженном напряжении от 150 В [7].

В таблицах 1–5 приведены сравнительные характеристики современных ламп, опубликованные в Интернете [5–7].

Таблица 1

Сравнительные характеристики современных ламп

Тип лампы	Средний срок службы	КПД устройства	Эффективность, Лм/Вт	Уменьшение светового потока к концу срока службы	Температура эксплуатации, °С	Гарантийный срок, лет	Обслуживание в процессе эксплуатации
ИЛЛ	100000	0,9	80 (160)	10 %	-40+50	5	Технологическая чистка
ЛН	1000	0,1	4-6	40-60 %	-50+70	Нет	Замена ламп
РВД	4000	0,85	20-24	40-60 %	-40+40	Нет	Замена ламп и ПРА
ЛЛ	8000	0,85	26-29	40-50	+10+40	Нет	Замена ламп и ПРА
КЛЛ	8000	0,5-0,85	18-22	15-30	-20+40	0,25	Замена ламп
НВД	2000	0,85	42-50	40-60	-20+40	Нет	Замена ламп и ПРА

Таблица 2

Данные из каталогов Cree, Philips и Osram, а также заключений независимых экспертиз ЗАО «Оптоган» и служб ЦСМ Москвы и Новосибирска (декабрь 2012 г.)

Показатель	Лампы						
	накаливания		газоразрядные				твердотельные
	Тип светильника						
	Обычные	Галогенные	Низкого давления	Высокого давления	Натриевые	Индукционные	Светодиодные
Светоотдача, лм/вт	10-15	15-30	70-85	90	100-200	80-110	80-180
Индекс цветопередачи, Ra	80	95	70-90	40-60	25	80-90	70-90
Срок службы, ч	1000	3000	6000-9000	7000	20000	100000	100000
Цветовая температура, °К	2000-2800	2300-3200	2300-4900	2300-2900	2300-2900	2700-6500	2700-6500
Рабочая температура, °С	-45/+100	-45/+100	-15/+50	-40/+40	-60/+40	-35/+50	-60/45
Время включения	Мгновенно	Мгновенно	0-30 с	7-10 мин	10 мин	0,1-3 мин	Мгновенно
Схема питания	Нет	Нет	Средняя	Средняя	Средняя	Сложная	Простая
Механическая прочность	Низкая	Высокая	Низкая	Средняя	Средняя	Низкая	Очень высокая
Экология	Безопасна	Безопасна	Ртуть	Ртуть	Ртуть	Амальг. ртути	Безопасна
Диммирование	Возможно	Возможно	Возможно	Нет	Нет	Возможно	Возможно
Горячий перезапуск	Есть	Есть	Есть	Нет	Нет	Есть	Есть
Побочные излучения	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть	Нет
Прочие недостатки	Всё сказано светотдачей и сроком службы	Чувствительность к перепадам напряжения и загрязнению, сильный нагрев	Утилизация, мерцание при снижении эмиссии, повышенная деградация при высоких температурах	Утилизация	Утилизация	Цена, утилизация, чувствительность к перепадам напряжения, температуры	Цена

Таблица 3

Сравнение современных источников света

Параметр сравнения	Светильник с индукционной лампой 80 Вт	Ламповый светильник с лампой ДРЛ-250	Ламповый светильник с лампой ДНаТ-250	Светодиодный светильник
Срок службы источника света (светоизлучающего элемента), ч	До 100 000	До 10 000	до 10 000	До 100 000
Потребление электроэнергии, Вт	75-85	До 280	До 290	До 100
Пусковой ток, А	0,25	4,5	4,5	-
Потребляемый ток, А	0,3-0,4	2,1-2,2	2,1-2,2	От 0,12
Нагрузка на электросети	Низкая	Большие пусковые токи в момент разогрева, время разогрева до 15 мин	Большие пусковые токи в момент разогрева, время разогрева до 15 мин	Низкая
Виброустойчивость	Высокая	Низкая	Низкая	Высокая
Устойчивость к перепадам напряжения, В	110-270	180-250	Не устойчив	110-270
Нагрев источника света	До 60-85 С	До 200°С	200-300°С	До 80°С
Коэффициент пульсации	0	7,3	4,9	0,1
Контрастность и цветопередача	Высокая > 80 Ra	Низкая 42 Ra	Низкая 25 Ra	Высокая > 80 Ra
Экологическая безопасность светильника	До 25 мг амальгамы	Лампа содержит до 100 мг паров ртути	Лампа содержит натриево-ртутную амальгаму и ксенон	Безопасен
Степень защиты	IP 65	IP 54	IP 54	IP 65
Вес светильника, кг	Максимальный 8	10-12 (без лампы)	10-12 (без лампы)	Максимальный 16
Время пуска источника света	Максимально 0,5 с	От 3 до 15 мин (период разогревания лампы)	От 3 до 15 мин (период разогревания лампы)	Максимально 0,5 с
Температурные режимы работы во время эксплуатации, °С	От -40 до + 50	От -40 до +40 (при низких температурах запуск систем затруднен)	От -40 до +40 (при низких температурах запуск систем затруднен)	От -63 до + 50
Экономия электроэнергии	2,5-3 раза	0	0	2,5-3 раза
СOS	0,99	0,74-0,9	0,74-0,9	0,8-0,9
Перезапуск после перепада, U	Мгновенно	После остывания лампы	После остывания лампы	Мгновенно
Цветовая температура	2500-6500 К	3800 К	2000 К	2500-6500 К
Потеря светового потока	10-15 %	30-60 % после 3 000 ч	20-40 % после 5 000 ч	25 % после 50 000 ч
Стоимость, руб.	10000	1 500	1 700	20 000

Таблица 4

Сравнение индукционных ламп и металлогалогенных

Показатель	Лампы	
	индукционные	металлогалогенные
1	2	3
Мощность	200	460
Ресурс	До 100 000 ч	До 10 000 ч*
Термокатоде и нити накала	Отсутствуют	Присутствуют
Включение/выключение	Мгновенное	До 10 мин
Перезапуск нагретой лампы	Мгновенное	Через 10 мин
Потеря светового потока	20 % после 80000 ч	На 30 % в течение полугода**

1	2	3
Пусковые токи	Отсутствуют	Огромные
Количество циклов включения выключения	Неограниченное	Ограничено
Индекс цветопередачи	(CRI): Ra>80	(CRI): Ra>90
Температура нагрева лампы	+60-85°C	+500-600°C
Вероятность взрыва лампы	Отсутствует	Высокая
Диапазон рабочих температур	-40 ~ +50°C	Ограничено
Косинус фи	0,99	0,85
Гармонические искажения	Низкие (THD<5%)	Очень высокие
Вредный эффект низкочастотных пульсаций (стробоскопический эффект)	Отсутствует	Присутствует
Свечение	Мягкое (возможно смотреть на лампу вблизи)	Резкий, выжигающий свет
Гарантия производителя	5 лет	Нет
Пусковые токи	Отсутствуют	Огромные
Количество циклов включения выключения	Неограниченное	Ограничено
Индекс цветопередачи	(CRI): Ra>80	(CRI): Ra>90
Температура нагрева лампы	+60-85°C	+500-600°C
Вероятность взрыва лампы	Отсутствует	Высокая
Диапазон рабочих температур	-40 ~ +50°C	Ограничено
Косинус фи	0,99	0,85
Гармонические искажения	Низкие (THD<5%)	Очень высокие
Вредный эффект низкочастотных пульсаций (стробоскопический эффект)	Отсутствует	Присутствует
Свечение	Мягкое (возможно смотреть на лампу вблизи)	Резкий, выжигающий свет
Гарантия производителя	5 лет	Нет

Таблица 5

Сравнение индукционных ламп с другими популярными лампами

Параметр сравнения	Светильник с индукционной лампой 80 Вт	Ламповый светильник с лампой ДРЛ-250	Светильник с лампой ДНаТ-150	Светодиодный светильник
1	2	3	4	5
Срок службы источника света, ч	До 100 000	До 10 000	До 10 000	До 100 000
Потребление электроэнергии, Вт	75-85	До 280	<До 180	До 100
Пусковой ток, А	0,25	4,5	3,0	0,6
Потребляемый ток, А	0,35-0,4	2,1-2,2	1,8-2,0	0,6
Нагрузка на электросети	Низкая	Большие пусковые токи в момент разогрева, время разогрева до 15 мин	Большие пусковые токи в момент разогрева, время разогрева до 15 мин	Низкая
Виброустойчивость	Высокая	Низкая	Низкая	Высокая
Устойчивость к перепадам напряжения, В	110-270	180-250	Не устойчив	140-270

Окончание табл. 5

1	2	3	4	5
Нагрев источника света, °С	До 80°С	До 200°С	200-300°С	До 110°С (охлаждение обязательно)
Коэффициент пульсации, %	0,4	7,3	5,9	0,7
Контрастность и цветопередача, Ra	Высокая, более 80 Ra	Низкая, 25 Ra	Низкая, 42 Ra	Высокая, более 70 Ra
Экологическая безопасность лампы	До 25 мг амальгамы (в 4 раза меньше, чем в ДРЛ)	Лампа содержит до 100 мг паров ртути	Лампа содержит натриево-ртутную амальгаму и ксенон	Безопасен
Степень защиты	IP 65	IP 54	IP 54	IP 67
Вес светильника, кг	Максимальный 6	10-12 (без лампы)	10-12 (без лампы)	Максимальный 12
Время пуска источника света	Максимально 0,2 с (70-80 %) от номинальной мощности	От 3 до 15 мин (период разогрева лампы)	От 3 до 15 мин (период разогрева лампы)	Максимально 0,5 с
Температурные режимы работы во время эксплуатации, °С	От -40 до +40°С	От -40 до +40°С (при низких температурах запуск систем затруднен)	От -40 до +40°С (при низких температурах запуск систем затруднен)	От -55 до +40°С
COS fi	0,97-0,99	0,74-0,90	0,74-0,90	0,84-0,95
Перезапуск после перепада U	Мгновенно	После остывания лампы	После остывания лампы	Мгновенно
Цветовая температура, К	2700-6500 К	3800 К	2000 К	2500-6500 К
Потеря светового потока	15 % после 60 000 ч	30-50 % после 3 000 ч	20-40 % после 5 000 ч	25 % после 50 000 ч
Экономия электроэнергии	2-4 раза	0	0	0

По сравнению с другими источниками света ИЛЛ обладают рядом достоинств [8]. Например, электронный балласт имеет управляющий микропроцессор, его КПД достигает 98 %, он обеспечивает высокий коэффициент мощности (PF более 0,95) и низкие гармонические искажения (THD < 5 %). Время включения таких ламп не более 1 мин (экономичная КЛЛ около 10 мин), они допускают изменение интенсивности света от 30 до 100 % (интеллектуальная система управления с астрономическим таймером) и мгновенную возможность перезапуска, гарантийный срок службы не менее 60000 ч, индекс цветопередачи >80, высокую стабильность светового потока (более 85 % после 100000 ч работы), отсутствие мерцающего света. Такие лампы создают более приятный и естественный свет. Они обладают высокой энергоэффективностью (при одинаковой освещенности потребляет на 30–50 % меньше электроэнергии, чем металлогалогенная лампа, на 40–60 %, чем натриевая лампа, в 10–13 раз эффективнее, чем лампа накаливания) и стойкостью к механическим воздействиям и минимальным инфракрасным и ультрафиолетовым излучением, имеют встроенную защиту от скачков напряжения и токов короткого замыкания. Температура нагрева лампы не более 60°, рабочий диапазон температур от -40 до +40°С. Стоимость ИЛЛ меньше стоимости светодиодных в 1,5–2 раза при одинаковой мощности. Лампы выпускаются мощностью 15, 20, 40, 890, 120, 150, 200, 300 и 500 Вт под патроны E14, E27 и E40. Гарантийный срок таких ламп 5 лет (у полупроводниковых два года). Экономические расчёты показывают, что срок окупаемости ИЛЛ, применяемых для освещения промышленных здания, не превышает двух лет. Таким образом, ИЛЛ являются наиболее перспективными источниками света для промышленности, сельского хозяйства и охраны окружающей среды (обеззараживание сточных вод).

Литература

1. Давиденко Ю.Н. Настольная книга домашнего электрика: люминесцентные лампы. – СПб.: Наука и техника, 2005. – 224 с.

2. Уланов И.М., Медведко В.С., Сидоренко С.А. Разработка экономичных источников света с большим экономическим ресурсом работы на основе индукционных разрядов трансформаторного типа с целью создания эффективных систем наружного и внутреннего освещения // Я электрик. – 2007. – № 6.
3. Индукционная УФ-лампа / И.М. Уланов, М.В. Исупов, А.Ю. Литвинцев [и др.] // Светотехника. – 2007. – № 5. – С. 37–40.
4. Стахович Д., Швецов С. Индукционная лампа. Альтернатива ртутным, натриевым и металлогалогенным лампам // www.electronica.nsys.by.
5. elektrik.info>Статьи>Электротехнические новинки>. Индукционная лампа.
6. koshcheev.ru>2012/03/28/induction-lamp.
7. http://prosvet36.ru.
8. Рейтер Т. Лампы для экономного освещения // Промышленно-строительное обозрение. – 2012. – № 142.
9. http://www.topband-inductionlight.com/; http://www.yml.cc; http://www.lvd.cc; http://www.adxny.com.



УДК 621.31.784

Н.И. Черкасова, Г.А. Гончаренко, О.К. Никольский

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТРАВМООПАСНЫХ СИТУАЦИЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 0,4 кВ

В статье рассматривается математическая модель электротравмы, являющаяся результатом взаимодействия элементов системы «человек – электрическая сеть – внешняя среда». Рассмотрен принцип формирования травмоопасной ситуации (электropоражение человека с летальным исходом). Дана классификация основных техногенных опасностей, возникающих в электрической сети в штатном и аварийном режимах, приведены формулы для определения напряжения прикосновения и тока, протекающего через тело человека.

Ключевые слова: электротравма, расчетная схема замещения электрической сети, напряжение прикосновения, ток через человека.

N.I. Cherkasova, G.A. Goncharenko, O.K. Nikolskiy

MATHEMATICAL MODEL OF TRAUMATIC SITUATIONS IN 0,4 kW ELECTRIC NETWORKS

The mathematical model of electrical injury that results from the interaction of the system elements "man – electrical network – environment" is considered in the article. The principle of the traumatic situation formation (man electric injury with the lethal outcome) is revealed. The classification of major anthropogenic hazards arising from the electrical network in normal and emergency modes is given, the formulas for determining the contact voltage and current flowing through the human body is revealed.

Key words: electrical injury, calculated scheme of electrical network replacement, contact voltage, current through the human body.

Травмоопасной условимся понимать такую ситуацию, возникающую при эксплуатации электроустановок, при которой человек попадает под напряжение, вследствие чего через тело начинает протекать ток опасной величины, вызывающей электropоражение.

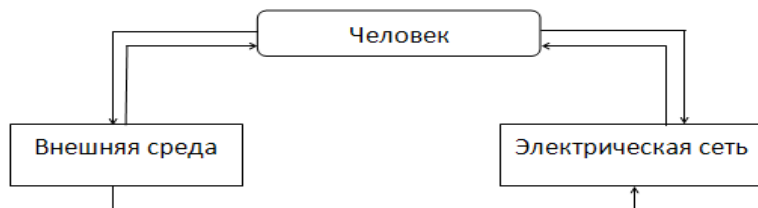


Рис.1. Причинно-следственная модель электротравмы