

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ И ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОНОМНОГО ПОЛЕВОГО ЛАГЕРЯ

Доктор техн. наук *В.А. Седнев*,
Академия государственной противопожарной службы МЧС России

Предлагаемая методика позволяет обосновывать электропотребление отдельных объектов жизнеобеспечения и всего автономного лагеря при полевом размещении людей в чрезвычайных ситуациях, а также разрешить противоречие между необходимостью организации электроснабжения жизнеобеспечения людей в автономных полевых лагерях и отсутствием обоснованных норм электропотребления объектов жизнеобеспечения.

Цель исследования – электроэнергетическое обеспечение и электроэнергетическая безопасность автономных полевых лагерей, обеспечение требуемой надежности электроэнергетического обеспечения и максимизация его эффективности в условиях возможных ресурсных ограничений.

Ключевые слова: автономный полевой лагерь, потребители электрической энергии, жизнеобеспечение, электроэнергетическое обеспечение, организация, управление.

METHODOLOGY FOR DETERMINING THE POWER AND PARAMETERS OF ELECTRICAL ENERGY FOR POWER SUPPLY AND LIFE SUPPORT OF AN AUTONOMOUS FIELD CAMP

Dr (Tech) *V.A. Sednev*
Academy of state fire service of EMERCOM of Russia

The proposed methodology allows us to justify the power consumption of individual life support facilities and the entire autonomous camp during the field placement of people in emergency situations, as well as to resolve the contradiction between the need to organize the power supply of life support for people in autonomous field camps and the lack of reasonable standards for the power consumption of life support facilities. The purpose of the study is electric power supply and electric power safety of autonomous field camps, ensuring the required reliability of electric power supply and maximizing its efficiency in conditions of possible resource constraints.

The purpose of the study is the electric power supply and electric power security of autonomous field camps, ensuring the required reliability and maximizing efficiency in conditions of possible resource constraints.

Keywords: autonomous field camp, consumers of electric energy, life support, electric power supply, organization, management.

Расчет электрических нагрузок для элементов автономного полевого лагеря и определение электропотребления для объекта в целом, обеспечивает эффективное использование элементов системы электроснабжения. Требования к системе электроснабжения, их полнота и соблюдение принципов построения схем электроснабжения отдельных объектов

позволяют осуществить выбор или разработать систему электроснабжения автономного полевого лагеря [1-4], для которой основным является определение ее видового состава [5-7] с использованием методов расчета электрических нагрузок и его оптимизация. Для решения этой задачи необходимо решить проблему определения нагрузки автономного полевого лагеря и общих объемов электропотребления.

Автономный полевой лагерь представляет [8-10] собой оборудованный в инженерном отношении пункт временной дислокации (городок), который должен обеспечивать нормальную жизнедеятельность людей, минимальный комфорт (обеспечение водой, теплом, электрической энергией) и имеет три зоны: жилую, административную, парко-хозяйственную.

При этом *система электроснабжения автономного полевого лагеря*, как правило, *представляет совокупность систем электроснабжения* его объектов и включает в себя источники электрической энергии, комплекты кабельной сети, потребители электрической энергии и элементы инфраструктуры, обеспечивающие функционирование системы электроснабжения.

Основные задачи её: электроснабжение бытовых потребителей, техники и технологического оборудования; освещение расположения сооружений различного назначения, зоны размещения техники и полевого лагеря; подзаряд аккумуляторных батарей и др. В реальных условиях часть элементов может отсутствовать или выполняться по упрощенному варианту.

Многообразие источников электрической энергии и электроприемников автономного полевого лагеря для размещения, например, пострадавшего населения или аварийно-спасательных формирований, предъявляет различные требования к параметрам и качеству электрической энергии, тогда как система электроснабжения одного вида электроэнергии не может обеспечить требования всех электроприемников [11-14].

Поэтому необходимо стремиться использовать род тока, напряжение и частоту предлагаемых к использованию источников электрической энергии, совпадающих с аналогичными характеристиками гражданских электроустановок, учитывать крупные потребители электрической энергии, электростанции и другие энергетические сооружения в районе предполагаемых действий.

Принимая во внимание возможное перемещение потребителей, например, спасательных формирований, и их переключения в сети, при проектировании системы электроснабжения жизнеобеспечения следует учитывать, что увеличение срока службы потребителей, улучшение их характеристик, повышение коэффициента полезного действия сопровождается усложнением устройств регулирования напряжения, частоты, уменьшением их надежности [15].

Сложности организации эксплуатации системы электроснабжения выдвигают требования к оптимизации количества и номенклатуры источников электрической энергии для питания потребителей [1, 7, 16, 17].

Установленная мощность потребителей электрической энергии объекта определяет мощность и тип источника электрической энергии.

Перечень потребителей зависит от характера объекта и выполняемых им задач, однако в любом случае общая численность источников электрической энергии и их мощность определяются требованиями к надежному питанию технологических, специально-технических и вспомогательных потребителей систем жизнеобеспечения людей.

Учитывая, что исследуемые потребители относятся [18-20] к III-й категории по надежности питания и включают один постоянно работающий источник электрической энергии, мощность системы электроснабжения должна быть достаточной для обеспечения электрической энергией электроприемников при возможных сочетаниях их включения.

Методика позволяет установить количество, тип, мощность и другие параметры источников электроэнергии, которые войдут в комплект для электроснабжения потребителей системы жизнеобеспечения.

Под комплектом понимается [1] один или несколько источников электрической энергии, включая штатные, транспортные средства, комплекты кабельной сети, осветительных и иных средств организации электроснабжения отдельного объекта автономного полевого лагеря или спасательного формирования.

Введение комплектов сокращает время на организацию электроснабжения, количество разнотипных источников электрической энергии, требуемых ремонтных комплектов.

Состав комплекта для *i*-го уровня системы электроснабжения - это необходимое и достаточное количество источников электрической энергии для выполнения объектом поставленных задач.

Состав комплекта различается по уровням системы электроснабжения, в зависимости от назначения объекта или спасательного формирования, и времени действия, в зависимости от продолжительности периода, в течение которого есть потребности в электроэнергии.

Комплекты источников электрической энергии составляются на основании обобщения опыта эксплуатации систем электроснабжения однотипных объектов. Отличительными свойствами их являются сравнительно большая мощность и небольшой объем обслуживания, возможность транспортировки, сжатые сроки развертывания, подготовки к работе и свертывания, возможность многократных применений.

Потребители техники обеспечиваются электрической энергией от штатных источников электрической энергии и выбор их пересмотру не подлежит. Минимально достаточная обеспеченность источниками электрической энергии, питающими таких потребителей, должна быть равна минимально достаточной обеспеченности этими объектами.

При этом обработана информация о технике с целью обоснования структуры источников электрической энергии, и установлено, что структура ее устойчива и описывается видовыми и ранговыми распределениями, отражающими действие закона информационного отбора [1, 5, 6].

Таким образом, главная задача заключается в разработке оптимальных комплектов источников электрической энергии для объектов автономного полевого лагеря, а на основании изучения работы отдельных источников электрической энергии и систем необходимо обосновать показатели, позволяющие учитывать, предвидеть, и планировать показатели системы электроснабжения автономного полевого лагеря в целом.

Методика позволяет рассмотреть вопросы формирования электрических нагрузок, которые растут за счет увеличения количества и мощности устанавливаемых электроприборов, что вызывает необходимость иметь в сети некоторые запасы с тем, чтобы сеть была в состоянии пропустить увеличивающуюся нагрузку к концу расчетного периода.

Методика должна предусматривать возможность прогнозирования электрических нагрузок, основанного на вероятностной оценке, а также учитывать потребности, например, в электрифицированном инструменте, средствах освещения, обогрева и других.

Исходными данными для расчета состава комплектов источников электрической энергии являются характеристики объекта электроснабжения, которые подразделяются на тактические (модели размещения пострадавшего населения или действий спасательных подразделений), технические (определяются характеристиками источниками электрической энергии и потребителями) и организационные (система комплектования, восстановления и ремонта) характеристики и условия размещения объекта.

Тактические включают следующие показатели: продолжительность функционирования автономного полевого лагеря, задаваемая при принятии решения на выполнение задач; расстояние между потребителями и другие.

К техническим относятся следующие характеристики:
 интенсивность эксплуатации источника электрической энергии;
 наработка на отказ источника электрической энергии;
 среднее время простоя (зависит от количества и сложности отказов);
 сведения об объекте и характеристиках электроприемников - мощность, род тока, частота, режимы работы, график электрических нагрузок, имеющий вероятностный характер и зависящий от состава электроприемников, их количества, мощности, времени суток и года, характера действий (отражает динамику изменения потребляемой мощности в течение периода t и строится по расчетной максимальной мощности потребителей).

Для источников электрической энергии малой мощности, включаемых при необходимости, и для малого количества потребителей график не строится.

Определение расчетной мощности и параметров электрической энергии

Из анализа потребителей [1, 2, 9] и требований, предъявляемых к источнику электрической энергии, следует, что для освещения и других задач электроснабжения: напряжение $U=220$ В, частота переменного тока $f=50$ Гц; для заряда аккумуляторных батарей - напряжение $U=12$ и $28,5$ В постоянного (выпрямленного) тока.

На уровнях системы электроснабжения определяющей величиной является расчетная нагрузка, которая принимается равной максимуму в наиболее загруженный участок времени суток и применяется для расчета элементов системы электроснабжения на уровнях.

Расчет электрических нагрузок включает следующие методы [1, 2]: эмпирический (коэффициента спроса); упорядоченных диаграмм (коэффициента максимума); статистический и вероятностного моделирования графиков нагрузки.

Использование методов вероятностного моделирования и статистического (основывается на измерении нагрузок линий) невозможно без обращения к режиму работы электроприемников. Поэтому допускается применение методов коэффициента спроса и упорядоченных диаграмм, который является основным методом определения электрических нагрузок по группам электроприемников напряжением $U < 1000$ В и может применяться для всей системы электроснабжения, но, так как на уровнях невозможно воспользоваться нагрузочными диаграммами из-за отсутствия достоверных результатов обработки момента включения и длительности работы источников электрической энергии и других особенностей, то он находит ограниченное применение.

Неполноту исходной информации метод преодолевает допущениями, например, электроприемники одного названия имеют одинаковые коэффициенты; коэффициент использования $K_{и}$ не зависит от количества электроприемников в группе; исключаются из расчета электроприемники, мощность которых не превышает 5% номинальной мощности группы [1, 18, 20]. Ошибки накапливаются от уровня к уровню, происходит суммирование мощностей, хотя электроприемники из разных групп.

Для определения нагрузок всего автономного полевого лагеря, учитывая количество потребителей, применим метод коэффициента спроса, удобный для расчетов в полевых условиях при отсутствии данных о количестве электроприемников в группе и их мощности. При этом значение коэффициента спроса принимается одинаковым для электроприемников одного режима, независимо от количества и мощности отдельных электроприемников, а справочные данные по коэффициенту спроса соответствуют максимальному значению: суммирование же максимальных значений, а не средних завышает нагрузку.

Таким образом, *расчет мощности системы электроснабжения жизнеобеспечения автономного полевого лагеря представляет совокупность адаптированных для него и его объектов методов расчета электрических нагрузок, и при расчете нагрузок в условиях временного размещения рекомендуется использовать коэффициенты максимума $K_{м}$, ис-*

пользования K_u и спроса K_c , при подготовке к действиям – по коэффициенту спроса, при введении действий – по максимуму нагрузок.

Расчетную электрическую мощность потребителей электрической энергии автономного лагеря с численностью до 150 человек целесообразно определять методом коэффициента максимума [1, 2]:

$$P_p = K_m * P_n = K_m * K_u * P_y, \quad (1)$$

где

$P_n = K_u P_y$ - суммарная номинальная мощность рабочих электроприемников, кВт;

K_m - коэффициент максимума мощности;

K_u - групповой коэффициент использования присоединенной мощности электроприемников за наиболее загруженный участок времени, определяющий среднее электропотребление:

$$K_u = (K_3 * K_o)_{cp}; \quad (2)$$

где: K_3 - коэффициент загрузки:

$$K_3 = \frac{P_{3.zp}}{P_{n.zp}}; \quad (3)$$

$P_{3.zp}$ - реально потребляемая мощность группы электроприемников;

$$P_{3.zp} = \sum_{i=1}^n P_{3.i}; \quad (4)$$

$P_{n.zp}$ - номинальная потребляемая мощность группы электроприемников n :

$$P_{n.zp} = \sum_{i=1}^n P_{n.i}; \quad (5)$$

где: K_o - коэффициент одновременности:

$$K_o = \frac{n_p}{n_o}; \quad (6)$$

n_p - количество работающих потребителей группы; n_o - общее количество потребителей группы.

Значение K_m зависит от группового коэффициента использования K_u и эффективного количества электроприемников группы $n_э$ [1-2]: $K_m = f(K_u n_э)$ или определяется как отношение максимальной нагрузки к средней:

$$K_m = \frac{P_{max}}{P_c}. \quad (7)$$

При количестве электроприемников $n_э \leq 3$ следует принимать $P_м = P_н$.

Определяется $n_э$ при $K_и < 0,2$ и при общем количестве электроприемников $n \leq 10$ по формуле:

$$n_э = \frac{\left(\sum_1^n P_н\right)^2}{\sum_1^n P_н^2}, \quad (8)$$

где $P_н$ - номинальная мощность отдельных электроприемников.

Для групп с равномерной нагрузкой принимается $K_м = 1,0$ при любом $n_э$.

Если общее количество электроприемников $n > 10$, то $n_э$ определяется как:

$$n_э = 2 \sum_1^n \frac{P_{ни}}{P_{н\max}}, \quad (9)$$

где

$P_{ни}$ - номинальная (установленная) мощность i -го электроприемника, кВт;

$P_{н\max}$ - номинальная мощность наибольшего электроприемника этой группы, кВт.

Расчетная нагрузка группы однородных по режиму работы электроприемников, которые имеют 3 и менее электроприемников, определяется как сумма их номинальных мощностей.

При количестве электроприемников в группе больше трех расчетная нагрузка принимается равной сумме произведений номинальных мощностей на характерные для электроприемника коэффициенты загрузки $K_з$ [1, 20]:

$$P_p = \sum K_з * P_н. \quad (10)$$

Определение нагрузок от однофазных электроприемников, независимо от величины неравномерности по фазам, создаваемой ими, производится как [19]:

$$P_{см} = K_и * P_н. \quad (11)$$

При количестве однофазных электроприемников до трех условная трехфазная номинальная мощность при включении электроприемников на фазное напряжение (например, 220 В при трехфазной системе 380/220В):

$$P_{ну} = 3P_{нмф}; \quad (12)$$

где $P_{нмф}$ - номинальная мощность максимально загруженной фазы.

Максимальная нагрузка однофазных однородных электроприемников при количестве их $n > 3$ и одинаковых K_u , включенных на фазное и линейное напряжение, определяется по формуле [19-20]:

$$P_p = 3 * K_m * K_u * P_{нмф}, \quad (13)$$

где $P_{нмф}$ - номинальная мощность наиболее загруженной фазы, кВт.

При оценке K_m для однофазных нагрузок:

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \sum P_n}{3 P_{нмак}}, \quad (14)$$

где $\sum P_n$ - сумма номинальных мощностей однофазных электроприемников.

Расчетная электрическая мощность потребителей электрической энергии автономного лагеря с численностью более 150 человек может быть определена методом коэффициента спроса [1, 2, 18] как:

$$P_{\text{расч}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{уст.}i} * K_{ci}, \quad (15)$$

где

$P_{\text{уст.}i}$ - установленная мощность i -го потребителя, кВт;

K_{ci} - коэффициент спроса i -го потребителя; n - количество потребителей.

Базовыми потребителями системы электроснабжения являются средства освещения, обогрева людей и приготовления пищи. Учитывая, что включение электроприемников носит случайный характер, рассмотрим вопросы формирования электрических нагрузок.

Расчетная вероятность включения приборов [1, 21]:

$$p = \frac{W_{\text{сум}}}{P_{\text{уст}} * T}, \quad (16)$$

где $W_{\text{сум}}$ - электрическая энергия, потребляемая за период T , кВтч; $P_{\text{уст}}$ - установленная мощность приборов, кВт; T - время включения, ч.

При включении группы электроприемников независимо друг от друга средние вероятности включения суммируются и определяются из выражения:

$$p = \frac{\sum P_{\text{уст}} * p_{ri}}{\sum P_{\text{уст}}}, \quad (17)$$

где p_{ri} - средняя вероятность включения i -го электроприемника.

Если режимы работы электроприемников зависят друг от друга, то средняя вероятность включения группы будет меньше средней вероятности включения группы независимых электроприемников и средняя нагрузка этой группы будет меньше суммы средних нагрузок отдельных электроприемников. В таких случаях определяется средневзвешенная вероятность (по мощности):

$$p_r = \frac{\sum P_{уст} * p_{ri} * K_{ci}}{P_{уст}} = \frac{P_{max}}{P_{уст}}, \quad (18)$$

где

P_{max} - максимум нагрузки группы электроприемников;
 K_{ci} - коэффициент спроса i -го электроприемника.

Формирование электрических нагрузок подчиняется [21] биномиальному закону распределения. Вероятность того, что из общего числа электроприемников n одновременно включено m , равна:

$$p_{r(m,n)} = \sum_0^m \frac{n!}{m!(n-m)!} K_c^m (1-K_c)^{n-m}. \quad (19)$$

Предполагается, что электроприемники включаются независимо друг от друга. При их количестве $n \geq 25/K_c$ можно рассчитать $p_{r(m,n)}$ на основе нормального закона распределения, к которому стремится биномиальный закон при большом n :

$$p_{r(m,n)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi n K_c (1-K_c)}} \int_0^m e^{-\frac{(m-nK_c)^2}{2nK_c(1-K_c)}} dm = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\frac{t_\alpha}{2}} e^{-\frac{t_\alpha^2}{2}} dt, \quad (20)$$

где t_α - нормированное отклонение.

Для нормального закона распределения получена формула для количества электроприемников m из n , которые могут быть включены одновременно:

$$m = nK_c + t_\alpha \sqrt{nK_c(1-K_c)}. \quad (21)$$

Электрические нагрузки помещений являются случайными и зависят от набора электроприемников.

Для электрических сетей необходимо не только правильное определение электропотребления и нагрузок, но и прогнозирование этих величин.

Максимумы потребляемой мощности определяются выражением:

$$P_{max} = K_{c1} * P_1 + K_{c2} * P_2 + K_{cn} * P_n, \quad (22)$$

где

P_1, \dots, P_n - мощности присоединенных электроприемников, кВт; $K_{c1}, \dots,$
 K_{cn} - коэффициенты спроса или вероятности включения электроприемников во время максимальной нагрузки.

Задаваясь уровнем насыщения сооружений электроприемниками, можно определить средние максимумы нагрузки на сооружение. Для оценки наибольшего расчетного максимума определяется вариация нагрузки:

$$\gamma = \frac{\sigma_p}{P_{max}} = \sqrt{\frac{1-K_c}{n * K_c}} \quad (23)$$

Учитывая, что коэффициент спроса для электроприемников помещения практически не изменяется, можно определить вариацию, среднеквадратичное отклонение и максимальную нагрузку для электрифицируемых объектов (палаток, быстровозводимых сооружений и др.).

Среднеквадратичное отклонение:

$$\sigma_p = P_{max} \gamma \quad (24)$$

Расчетная нагрузка:

$$P_{max}^* = P_{max} + 2\sigma_p \quad (25)$$

Расчетная нагрузка силовых и осветительных электроприемников:

$$P_p = K_c (P_{po} + P_{pc}), \quad (26)$$

где P_{po} (P_{pc}) - расчетная нагрузка освещения (силовых электроприемников), кВт.

Определение электрических нагрузок рассмотренными методами позволяет оценить объемы электропотребления объектов и решать задачи по электроснабжению жизнеобеспечения людей на базе рационального использования электрической энергии [22-23]. Таким образом, разработан порядок использования методов расчета электрических нагрузок, определены границы их применения, предложен механизм формирования и прогнозирования электрических нагрузок.

Построение системы электроснабжения должно осуществляться на основе данных по базовым потребителям и система электроснабжения будет включать определяемый разработчиком стандартный состав, являющийся достаточным для удовлетворения электрической энергией людей в автономных полевых лагерях.

Литература

1. Седнев В.А. Теоретические основы обеспечения электроэнергетической безопасности войсковых формирований: монография. Академия ГПС МЧС России. - 2019. 236 с.
2. Седнев В.А. Методология оптимального управления и прогнозирования параметров электропотребления объектов. В сборнике: Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2009. Труды Третьей Международной конференции. Учреждение Российской академии наук Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. - 2009. С. 250-268.

3. Седнев В.А., Чередниченко С.В. Научно-методический подход организации электроснабжения пунктов временного размещения пострадавшего населения. Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. - 2016. № 3. С. 61-75.
4. Седнев В.А., Чередниченко С.В. Обоснование структуры и состава системы электроснабжения пункта временного размещения пострадавшего населения. Экология и развитие общества. - 2017. №1 (20). С. 27-34.
5. Седнев В.А. Статическая модель оценки устойчивости номенклатуры и численности технических средств МЧС России (на примере электротехнических средств). В сборнике: Управление развитием крупномасштабных систем. Материалы второй международной конференции. Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова. Общая редакция - С.Н. Васильев, А.Д. Цвиркун. - 2008. Т.1. С. 290-294.
6. Седнев В.А. Модель динамики структуры СЭС жизнеобеспечения войск (населения, объектов). В сборнике: Управление развитием крупномасштабных систем. Материалы второй международной конференции. Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова; Общая редакция - С.Н. Васильев, А.Д. Цвиркун. - 2008. Т.1. С. 285-290.
7. Седнев В.А. Техноценологические методы построения и управления развитием многоуровневых систем. Монография. Москва. - 2019. 2-е изд., перераб. 205 с.
8. Седнев В.А. Особенности обоснования требований к системам электроснабжения пунктов временного размещения пострадавшего населения. Технологии техносферной безопасности. - 2016. № 6 (70). С. 178-188.
9. Седнев В.А. Научно-методический подход обоснования системы электроснабжения автономных полевых лагерей. Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. - 2018. № 4. С. 13-18.
10. Седнев В.А. Обоснование системы электроснабжения жизнеобеспечения спасательных формирований и пострадавшего населения при полевом размещении. Технологии техносферной безопасности. - 2021. № 2 (92). С. 142-155.
11. Смуров А.В., Седнев В.А., Седнев А.В. Мероприятия по повышению надежности электроснабжения потребителей. В сборнике: Военная безопасность России: взгляд в будущее. Материалы 4-й Международной научно-практической конференции научного отделения № 10 Российской академии ракетных и артиллерийских наук. Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана. - 2019. Т. 1. С. 294-300.
12. Седнев В.А., Чередниченко С.В., Гончаров В.Л. Требования к пунктам временного размещения пострадавшего в ЧС населения. Технологии техносферной безопасности. - 2016. № 4 (68). С. 140-148.
13. Седнев В.А., Чередниченко С.В. Организация жизнеобеспечения пунктов временного размещения населения. Экология и развитие общества. - 2016. №1 (16). С. 66-72.
14. Седнев В.А., Чередниченко С.В. Основы организации электроснабжения пункта временного размещения пострадавшего в ЧС населения. Технологии техносферной безопасности. - 2016. № 3 (67). С. 181-191.
15. Седнев В.А., Чередниченко С.В. Предложения по обеспечению надёжности электроснабжения пункта временного размещения пострадавшего в ЧС населения. Технологии техносферной безопасности. - 2016. № 4 (68). С. 149-154.
16. Седнев В.А. Методика оценки и оптимизации структуры видового состава электротехнических средств системы электроснабжения. Промышленная энергетика. - 2016. № 7. С. 38-46.
17. Седнев В.А., Седнев А.В. Методика оценки и обоснования видовой структуры средств инженерных подразделений. Промышленная энергетика. - 2019. №9. С. 47-55.
18. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат. - 1995. – 416 с.
19. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети / Под ред. А. А. Федорова и Г. В. Сербиновского. – М.: Энергия. - 1980. – 576 с.
20. Справочник энергетика строительной организации / Под ред. В.Г.Сенчева. Часть 1. Электроснабжение строительства. – М.: Стройиздат. - 1991. – 646 с.

21. Тульчин И. К., Нудлер Г. И. Электрические сети и электрооборудование жилых и общественных зданий. – М: Энергоатомиздат. - 1990. – 480 с.

22. Седнев В.А., Седнев А.В., Смуров А.В. Факторы, влияющие на электроэнергетическую безопасность субъектов Российской Федерации. Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. - 2021. №2. С.78-91.

23. Седнев В.А., Седнев А.В. Инженерно-технические мероприятия по подготовке электроэнергетических сооружений и систем к устойчивому функционированию. Промышленная энергетика. - 2019. № 10. С. 11-18.

Сведения об авторе

Седнев Владимир Анатольевич, профессор, Академия государственной противопожарной службы МЧС России. 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4, тел. (495) 617-26-83, (926) 531-29-24, sednev70@yandex.ru.