

В. А. Седнев

(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: sednev70@yandex.ru)

ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ СПАСАТЕЛЬНЫХ ФОРМИРОВАНИЙ И ПОСТРАДАВШЕГО НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ПОЛЕВОМ РАЗМЕЩЕНИИ

РЕЗЮМЕ

Введение. Возрастание количества, масштабов и длительности последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с нарушением условий нормального проживания людей, требует создания пунктов полевого временного размещения пострадавшего населения и спасательных формирований. При этом в комплексе задач и мероприятий, направленных на жизнеобеспечение пострадавшего населения и спасательных формирований в полевых пунктах временного размещения важнейшую роль играет их электроэнергетическое обеспечение.

В то же время передвижные автономные источники электрической энергии для электроснабжения жизнеобеспечения людей в полевых условиях в организационно-штатной структуре спасательных формирований отсутствуют, а имеющиеся источники электрической энергии в комплексах техники, используемой в районах чрезвычайных ситуаций, не могут быть использованы для этих целей. Поэтому требуется разработка научно-методического подхода определения необходимого и достаточного количества источников электрической энергии для электроснабжения жизнеобеспечения пострадавшего населения и спасательных формирований при их размещении в полевых пунктах временного размещения.

Цель исследования. Электроэнергетическое обеспечение полевых пунктов временного размещения пострадавшего населения и спасательных формирований, обеспечение требуемой надежности электроэнергетического обеспечения, максимизация его эффективности в условиях возможных ресурсных ограничений и минимизация влияния фактора неопределенности при планировании электропотребления.

Методы исследования. Основные положения расчёта электрических нагрузок, теории систем, теории множеств, теории вероятностей и аппарата математической статистики.

Результаты исследования. Разработана методика, позволяющая: обосновать мощности источников электрической энергии для электроснабжения полевых пунктов временного размещения пострадавшего населения и спасательных формирований, рациональные варианты системы электроснабжения, номенклатуру и количество источников электрической энергии для жизнеобеспечения людей в полевых условиях; рассчитать электрическую сеть; оценить работу системы электроснабжения, основываясь на вероятности безотказной работы источника электрической энергии; обосновать состав инженерных средств для обеспечения создания системы электроснабжения.

Заключение. Обоснован научно-методический подход определения состава источников электрической энергии для электроснабжения жизнеобеспечения пострадавшего населения и спасательных формирований при их размещении в полевых пунктах временного размещения, позволяющий также разрешить противоречие между необходимостью организации электроснабжения жизнеобеспечения людей в пунктах временного размещения и отсутствием обоснованной структуры источников электрической энергии для этих целей.

Ключевые слова: пункт временного размещения, пострадавшее население, спасательное формирование, потребители, электроэнергетическое обеспечение, организация.

Для цитирования: Седнев В. А. Обоснование системы электроснабжения жизнеобеспечения спасательных формирований и пострадавшего населения при полевом размещении // Технологии техносферной безопасности. – 2021. – Вып. 2 (92). – С. 142-155. <https://doi.org/10.25257/TTS.2021.2.92.142-155>

В комплексе задач и мероприятий, направленных на обеспечение жизнедеятельности пострадавшего населения и спасательных формирований, а также объектов при их создании и полевом размещении в пунктах временного размещения важнейшую роль играет их электроэнергетическое обеспечение.

При этом первоочередными задачами электроэнергетического обеспечения являются: обеспечение электроэнергией потребителей; электроснабжение энергоёмких задач, пунктов управления, объектов для удовлетворения повседневных бытовых и хозяйственных нужд и др. Причём недостаточно трудов, посвящённых применению электроэнергии для жизнеобеспечения людей. В то же время изучение теории и практики электроснабжения выявило необходимость разграничения при решении вопросов электроснабжения пострадавшего населения и спасательных формирований в режиме повседневной деятельности (в пункте постоянной дислокации) и при размещении в полевых условиях.

Основными источниками электрической энергии для электроснабжения жизнеобеспечения людей в полевых условиях являются передвижные источники электрической энергии, однако в организационно-штатной структуре спасательных формирований они отсутствуют, а источники электрической энергии комплексов техники, используемой в районах чрезвычайных ситуаций, не могут быть использованы для этих целей.

То есть система электроснабжения жизнеобеспечения пострадавшего населения и спасательных формирований в пунктах временного размещения организуется случайным образом с использованием народнохозяйственных источников электрической энергии различного назначения.

Таким образом, имеется противоречие между необходимостью организации электроснабжения жизнеобеспечения пострадавшего населения и спасательных формирований в пунктах временного размещения и отсутствием обоснованной структуры источников электрической энергии для этих целей и теоретических основ по созданию такой системы электроснабжения.

Состав источников электрической энергии, рассчитываемый по методикам определения электрических нагрузок, требующим данных, учитывающих режимы работы и мощности каждого электроприёмника, не обеспечивает требуемую надёжность электроэнергетического обеспечения пункта временного размещения пострадавшего населения и спасательных формирований из-за отсутствия достоверных данных по его электроприёмникам.

Поэтому разработана методика, позволяющая путём применения положений расчёта электрических нагрузок, теории вероятностей и математической статистики, обосновать состав источников электрической энергии системы электроснабжения жизнеобеспечения пострадавшего населения и спасательных формирований при полевом размещении в пунктах временного размещения.

Методика включает математические выражения, позволяющие: обосновать мощности источников электрической энергии; рассчитать электрическую сеть; оценить работу системы электроснабжения, основываясь на вероятности безотказной работы источника электрической энергии; обосновать состав инженерных и других средств для обеспечения создания системы электроснабжения; обосновать рациональные варианты системы электроснабжения; планировать мероприятия технического обеспечения системы электроснабжения.

Выбор мощности источника электрической энергии для электроэнергетического жизнеобеспечения пострадавшего населения и спасательных формирований при их полевом размещении в пунктах временного размещения осуществляется по расчётной мощности объекта при соблюдении условий [1, 2]:

для бензиновых источников электрической энергии:

$$P_{\text{н.иэ}} \geq P_{\text{нагр}} \text{ при } T_{\text{нагр}} > 1 \text{ ч}, P_{\text{н.иэ}} \geq 0,9 P_{\text{нагр}} \text{ при } T_{\text{нагр}} \leq 1 \text{ ч}; \quad (1)$$

для дизельных источников электрической энергии:

$$P_{\text{н.иэ}} \geq P_{\text{нагр.макс}}; K_{\text{мин}} P_{\text{н.иэ}} \geq P_{\text{нагр.мин}}, \quad (2)$$

где $K_{\text{мин}}$ – коэффициент, зависящий от типа двигателя.

Для источников электрической энергии **системы электроснабжения (СЭС)** жизнеобеспечения пунктов временного размещения пострадавшего населения и спасательных формирований мощность изменяется в зависимости от распорядка дня, времени года и для них может быть построен суточный график нагрузки, для чего определяют мощность электроприёмников, время их работы, затем для выбранного отрезка t определяется суммарная мощность потребителей, работа которых в этот момент должна быть обеспечена, и к большему из значений прибавляются потери мощности в сети (потери в меди $P_m = 8-10 \% P_{\text{max}}$).

Зная величину P_m , можно определить переменные потери $P_t \%$ в любой момент t при мощности P_t : $P_t = P_m \% (P_t/P_{\text{max}})$; если потери выражены в kВт , то $P_t = P_m (P_t^2/P_{\text{max}}^2)$, и получаемые значения откладываются на графиках.

Для учёта несовпадения по времени потребления электрической энергии можно воспользоваться значениями коэффициента одновременности, на который нужно умножать значение установленной мощности перед суммированием (табл. 1), характеризующий отношение потребляемой максимальной мощности ко всей установленной мощности электроприёмников [3-4].

Если суммарная мощность потребителей за время их работы существенно изменяется, то следует определить среднеквадратическое значение мощности нагрузки [3, 5-6]:

$$P_{\text{срк}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n P_i^2 \Delta t_i}{\sum_{i=1}^n \Delta t_i}}; \quad (3)$$

где n – количество участков графика нагрузки, в пределах которых $P = \text{const}$;

i – номер участка;

Δt_i – продолжительность участка, в пределах которого $P_i = \text{const}$.

Таблица 1

Значение коэффициента одновременности

Объекты	Коэффициент одновременности
Помещения для размещения людей	0,6-1
Помещения при ночном освещении	0,1
Кухни, столовые	0,7-1
Наружное освещение	1

По характеру графика, величине максимальной мощности и продолжительности максимума нагрузки можно определить количество и мощность электроагрегатов [1].

Метод может быть использован для анализа работы системы электро-снабжения за прошлое время при наличии данных и планирования производства электрической энергии на предстоящий период [7-10].

Тип и мощность источника электрической энергии определяются по каждому объекту применительно к условиям его функционирования.

В соответствии с рассмотренными условиями подбирают источник электрической энергии или их группу: химический источник тока, электростанцию (бензиновую, дизельную) и др.

Одновременно может осуществляться выбор источника электрической энергии по уровню шума и звука и по уровню дыма. Выбор количества источников электрической энергии (табл. 2) осуществляется по расположению их относительно потребителей с учётом падения напряжения $\Delta U = 10 \% U_n$ и графика нагрузки [3, 5-6, 8].

Таблица 2

Выбор количества источников электрической энергии

Уровень СЭС (в соответствии с организационно-штатной структурой спасательных формирований или численностью пострадавшего населения)	1	2	3	4	5	Выше пятого уровня
Радиус объекта, м	0,5	75	200	500	от 800 до 1000	В зависимости от размещения на местности
Плечо передачи при напряжении (м): $U = 380 \text{ В}$ $U = 220 \text{ В}$	-	220	220	380	Автономное питание	
Количество источников электрической энергии	1	1	1	1	Зависит от количества объектов	

Построение электрических сетей зависит от ряда факторов, основные из которых: напряжение сети, уровни нагрузок, требования к надёжности электро-снабжения, экономичность, простота и удобство обслуживания. Различие в режимах работы потребителей приводит к целесообразности разделения проводов на отдельные специализированные сети.

Потребители в сооружении рекомендуется разделять на группы и распределение их выполнять так, чтобы значения групповой потребляемой мощности совпадали, что важно для равномерности загрузки фаз.

По конфигурации сети могут быть разомкнутыми и замкнутыми [1].

Ввиду высокой вероятности повреждения сетей в полевых условиях целесообразно устраивать замкнутые сети, при этом потери напряжения в проводах следует определять в зависимости от способа присоединения нагрузки.

Если нагрузка в конце линии, то при передаче одинаковой мощности одного напряжения на одинаковое расстояние при одинаковой потере напряжения в проводах сечение каждого провода при трехфазном токе в 2 раза меньше, чем при однофазном переменном, а общий вес проводов равен $3/4$ веса проводов при однофазном, что играет важное значение при создании системы.

Если нагрузка распределена по длине провода, то общая потеря напряжения в нём представима в виде наложения действия отдельных потребителей.

С учётом частых перемещений потребителей, для обеспечения устойчивой работы сеть должна иметь такую длину и сечение жил, чтобы ΔU не превышало 5 % U_n [3, 5-6, 8] (для осветительной нагрузки, для остальных возможно ΔU до 20 % (по техническим условиям на приборы)).

Если временные линии электропередачи планируется использовать от нескольких дней до 1-2 лет, то они будут отличаться от устройства постоянных линий и на них будут влиять местные условия, поэтому при их устройстве не может быть однозначного решения (по экономическим соображениям радиус действия сетей низкого напряжения ограничивается 0,5 км; при необходимости передавать электроэнергию на расстояние 5-10 км сеть выполняется на напряжение 3-10 кВ).

Задача построения сети многовариантна. Критерием выбора схемы является её экономичность по затратам средств на сооружение, эксплуатацию и расходу материала. Однако требования удобства эксплуатации и простоты могут превалировать над требованиями экономичности.

Таким образом, схема сети является синтезом комплекса факторов, определяющих её параметры.

Особенность сетей состоит в том, что если потребители и источники электрической энергии могут быть заданы, то в отношении их необходимо выбирать конфигурацию и производить электрический расчёт.

Выбор сечений проводов осуществляется по допустимому нагреву при длительном режиме работы [1, 3]:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{max}}}{K_n}, \quad (4)$$

где I_{max} – расчётный ток нагрузки, А;

K_n – поправочный коэффициент на температуру окружающей среды.

Выражения для определения расчётного тока нагрузки известны [1, 3, 5].

Для проверки сети по допустимому падению напряжения достаточно использовать следующие выражения:

для трехфазной сети:

$$\Delta U = \frac{LP}{\gamma SU}; \quad (5)$$

для однофазной сети:

$$\Delta U = \frac{2LP}{\gamma SU}, \quad (6)$$

где L – длина кабельной линии, м;

P – мощность, передаваемая по кабелю, Вт;

γ – удельная электропроводимость, м/Ом мм² (для меди $\gamma = 53$);

S – сечение токоведущей жилы кабеля, мм²;

U – напряжение источника, В.

При заданном ΔU значение требуемого сечения проводов из условий допустимых потерь напряжения [5] определяется по формуле:

$$S = \frac{\sum P_m l_m}{c \Delta U}, \quad (7)$$

где $P_m l_m$ – момент нагрузки, кВт м;

l_m – длина участка с равномерно распределённой нагрузкой, м;

c – коэффициент, зависящий от материала.

Сеть, рассчитанная по (7), соответствует условию наименьшего расхода проводникового материала. В целом сети потребителей характеризуются неравномерной нагрузкой даже при правильном распределении электроприёмников по фазам, что определяется случайным характером нагрузок.

Потери напряжения в такой сети неодинаковы по фазам, в связи с чем возникает необходимость в проверке режимов напряжений в каждой фазе (например, для A), которая целесообразна при длительном размещении подразделений (первая часть формулы дает потери напряжения в фазном, вторая – в нулевом проводе):

$$\Delta U_A = \frac{M_A}{2cS_A} + \frac{M_A - 0,5(M_B + M_C)}{2cS_0}; \quad (8)$$

где M_A, M_B, M_C – моменты нагрузки фаз, кВт м;

S_A – сечение провода рассматриваемой фазы, мм²;

S_0 – сечение нулевого провода, мм²;

c – коэффициент, зависящий от материала проводов и напряжения сети.

При нескольких сосредоточенных нагрузках или, если участок линии имеет равномерно распределённую по длине нагрузку, сумма моментов нагрузки заменяется моментом одной нагрузки с длиной линии, равной приведенной длине.

Если на участках линии длиной l_1, l_2, l_3 нагрузки соответственно равны P_1, P_2, P_3 , то $P_1 l_1 + P_2 l_2 + P_3 l_3 = (P_1 + P_2 + P_3) l_{\text{прив}}$, откуда:

$$l_{\text{прив}} = \frac{P_1 l_1 + P_2 l_2 + P_3 l_3}{P_1 + P_2 + P_3}. \quad (9)$$

В частности, для нагрузки, равномерно распределенной по длине линии:

$$l_{\text{прив}} = l_0 + \frac{l}{2}, \quad (10)$$

где l_0 – длина магистрального участка, м;

l – длина участка с равномерно распределённой нагрузкой, м.

При питании потребителей от двух источников электрической энергии мощность, передаваемая по линии от источников электрической энергии, определяется выражением [4]:

$$P_1 = \frac{p_1 L_1 + p_2 L_2 + p_3 L_3}{L_4}, \quad (11)$$

где L_4 – расстояние между источниками электрической энергии, м.

Определяется точка токораздела, в которой нагрузка питается от двух источников электрической энергии.

Сумма составляющих нагрузки равна $P_1 + P_2 = p_1 + p_2 + p_3$.

Одним из критериев качества электроэнергии являются отклонения напряжения на входе электроприёмников, которые изменяются в связи с изменением нагрузки в течение суток и выражаются формулой [4]:

$$V = \frac{100 (U_{\text{эп}} - U_{\text{ном}})}{U_{\text{ном}}}, \quad (12)$$

где $U_{\text{эп}}$ – напряжение на входе электроприёмника, В;

$U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение сети, В.

Допустимое отклонение напряжения для освещения [6, 8]:

- сооружений для людей $\pm 5 \%$ (до 10%);
- для электроплиток, электроводонагревателей и приборов электроотопления $\pm 10 \%$ (по техническим условиям на приборы возможно отклонение до 20%).

Удовлетворять всем требованиям одновременно невозможно, так как они противоречивы, например, требования безопасности заставляют применять высокое качество изоляции, а требование экономичности – отказываться от нее; стремление к отсутствию отклонений от величины $U_{\text{ном}}$ и экономичности эксплуатации приводят к большим сечениям проводов, а стремление к экономичности возведения сети – к малым.

Вариант оптимальный в одних условиях для других оказывается неудовлетворительным. Правильный выбор сечения проводов состоит в экономичном соотношении между их установочными и эксплуатационными расходами с учётом сроков эксплуатации системы электроснабжения.

В основу оценки работы системы электроснабжения положена вероятность безотказной работы источника электрической энергии в течение времени функционирования объекта и в заданных условиях применения:

$$P(t)_{\text{сэс}} = P(t)_{\text{изэ}} = e^{-\frac{t}{T}}. \quad (13)$$

Выбор по вероятности безотказной работы производится с целью сведения к минимуму перерывов в электроснабжении. Расчёт зависит от [1, 11-14]:

интенсивности эксплуатации источника электрической энергии;

наработки на отказ – T ;

среднего времени простоя – $T_{\text{п}}$;

среднего времени восстановления – $T_{\text{в}}$.

При известном времени выполнения задачи и времени работы источника электрической энергии $T_{\text{р}} = t$ определяется количество отказов, устанавливающее частоту обслуживаний системы электроснабжения ремонтным подразделением:

$$n_{\text{отк}} = \frac{T_{\text{р}} + T_{\text{ро}}}{T}, \quad (14)$$

где $T_{\text{ро}}$ – наработка источника электрической энергии до включения в состав подразделения.

Данные по T , $T_{\text{п}}$, $T_{\text{в}}$ берутся из статистического расчёта эксплуатационной надёжности электроагрегатов и электростанций, при этом коэффициент технической готовности источника электрической энергии ($T/(T + T_{\text{в}})$) зависит от времени восстановления, которое равно:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{орг}} + T_{\text{он}} + T_{\text{ср}} + T_{\text{то}}, \quad (15)$$

где $T_{\text{орг}}$ – время на организацию восстановления источника электрической энергии, ч:

$$T_{\text{орг}} = T_{\text{т}} + T_{\text{д}}, \quad (16)$$

где $T_{\text{т}}$ – время для обеспечения материальными средствами для ремонта – $M[T_{\text{т}}] = T_{\text{п}}$, ч;

$T_{\text{д}}$ – время для доставки запасных частей, инструментов и принадлежностей и прибытия подвижных ремонтных средств, ч;

$T_{\text{он}}$ – время отыскания неисправности, ч;

$T_{\text{ср}}$ – среднее время ремонта, ч;

$T_{\text{то}}$ – время, требуемое для технического обслуживания, ч.

Основой для планирования мероприятий технического и тылового обеспечения является требуемое значение коэффициента технической готовности, который может представлять также отношение времени работы источника электрической энергии $t_{\text{р}}$ ко времени работы и простоев $t_{\text{пр}} = T_{\text{в}}$:

$$K_{\text{ТГ}} = \frac{t_{\text{р}}}{t_{\text{р}} + t_{\text{пр}}} 100 \%. \quad (17)$$

Максимальное значение коэффициента технической готовности может быть достигнуто увеличением надежности источника электрической энергии (системы электроснабжения) или уменьшением времени простоя, что достигается продуманной организацией технического обслуживания, квалифицированным персоналом и материальным обеспечением ремонтных работ.

Например, подразделению численностью до 20-30 человек, выполняющему задачу в течение месяца, может быть выделен, исходя из его потребителей, источник электрической энергии мощностью 1 кВт.

С учётом времени работы источника электрической энергии и его наработки на отказ ремонтные органы должны произвести обслуживание системы электроснабжения на исходе второй недели, чтобы выполнить требования, предъявляемые к потребителям по надёжности питания.

Учитывая, что время восстановления источника электрической энергии влияет на эффективность электроэнергетического обеспечения людей, ему может быть выделен еще минимум один источник электрической энергии.

Учёт выявленных закономерностей при обосновании комплекса средств системы электроснабжения позволит выполнить задачи электроснабжения жизнеобеспечения людей.

Возможны случаи, когда для выполнения задач и рационального построения системы электроснабжения необходимо определить количество инженерных и других средств. При планировании потребностей в них целесообразно использовать выражение:

$$M_{\text{макс}} = \frac{K_{\text{УС}} V_{\text{н}}}{K_{\text{И}} \Pi_{\text{T}} T_{\text{н}}} e^{-\frac{T_{\text{н}}}{T_{\text{о}}}}, \quad (18)$$

где $M_{\text{макс}}$ – необходимое количество инструмента, шт.;

$V_{\text{н}}$ – подлежащий к выполнению объём работ, определяется по результатам предварительной оценки решаемых задач и выражается в единицах измерения технической производительности средства;

$K_{\text{УС}}$ – коэффициент участия средства в объёме работ, зависит от типа средства, вида задачи и способов её выполнения;

Π_{T} – производительность средства для видов работ (определяется по паспортным данным);

$T_{\text{н}}$ – нормативное время выполнения задачи, ч, задаётся при принятии решения на выполнение задачи и включает время приведения в готовность, выдвижения и развертывания в районе действия;

$T_{\text{о}}$ – наработка средства на отказ, ч;

$K_{\text{И}}$ – коэффициент использования средства в виде работ, характеризует возможную интенсивность его применения и определяется как:

$$K_{\text{И}} = \frac{T_{\text{р}}}{T_{\text{раз}} + T_{\text{р}} + T_{\text{св}} + T_{\text{п}} + T_{\text{о}}}, \quad (19)$$

где $T_{\text{р}}$, $T_{\text{раз}}$, $T_{\text{св}}$, $T_{\text{п}}$, $T_{\text{о}}$ – соответственно, время работы, развертывания, свертывания, перемещения и обслуживания, ч.

Практически любая задача требует применения нескольких типов средств, которые для вида работ образуют однородные комплекты, и для определения их необходимого количества можно использовать выражение [1]:

$$N = \frac{K_{yc} V_H}{K_{и} Z \Pi_T T_H} e^{-\frac{T_H}{T_o}}, \quad (20)$$

где Z – количество инструментов в комплекте, *шт.*

Для решения задач электроснабжения жизнеобеспечения людей могут рассматриваться различные варианты системы электроснабжения.

Выбор рациональной осуществляется на основе значений вероятности безотказной работы и коэффициента технической готовности и при выборе варианта электроснабжения в качестве показателя эффективности может рассматриваться объём выполняемых задач электроснабжения, достигаемый объектом при заданной безотказности на единицу суммарных затрат:

$$E = \frac{P}{\left(1 + \frac{K_э}{K_o}\right) \cdot \left(1 + \frac{M_э}{M_o}\right) \cdot \left(1 + \frac{T_э}{T_o}\right)}, \quad (21)$$

где P – вероятность безотказной работы системы электроснабжения;

$K_э$ – стоимость электрооборудования объекта;

K_o – стоимость объекта;

$M_э$ – масса электрооборудования, *кг*;

M_o – грузоподъемность транспортного средства источника электрической энергии, *кг*;

$T_э$ – трудозатраты на техническое обслуживание электрооборудования;

T_o – трудозатраты на обслуживание объекта.

В целях поддержания постоянной готовности спасательных подразделений в пунктах временного размещения должны [15] заблаговременно проводиться мероприятия по накоплению запасов материальных средств, создаваться дублирующие системы энерго-, тепло-, водоснабжения и приготовления пищи.

Выполнение расчёта по описанной методике позволяет обосновать комплекс электротехнических средств для электроснабжения жизнеобеспечения пунктов полевого временного размещения пострадавшего населения и спасательных формирований, наличие которого также будет способствовать обеспечению готовности спасательного подразделения к выполнению возложенных задач.

Литература

1. *Седнев В. А.* Методология оптимального управления и прогнозирования параметров электропотребления объектов // Сб. тр. 3-й междунар. конф. "Управление развитием крупномасштабных систем – MLSD'2009". М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2009. С. 250-268.
2. *Седнев В. А.* Теоретические основы обеспечения электроэнергетической безопасности войсковых формирований: монография. Академия ГПС МЧС России, 2019. 236 с.
3. *Кудрин Б.И.* Электроснабжение промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1995. 416 с.
4. *Тульчин И. К., Нудлер Г. И.* Электрические сети и электрооборудование жилых и общественных зданий. М.: Энергоатомиздат, 1990. 480 с.
5. *Артемов А. И.* Электроснабжение цеха промышленного предприятия. М.: изд-во МЭИ, 1990. 118 с.
6. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети / Под ред. *А. А. Федорова, Г. В. Сербиновского*. М.: Энергия, 1980. 576 с.
7. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Тематический блок "Национальная безопасность". В 6 т. Ч. 1. Научные основы безопасности и защищенности критически важных для национальной безопасности объектов / Под общ. ред. *Н. А. Махутова*. М.: МГОФ "Знание", 2012. 896 с.
8. Справочник энергетика строительной организации. Часть 1. Электроснабжение строительства / Под ред. *В. Г. Сенчева*. М.: Стройиздат, 1991. 646 с.
9. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Научные основы техногенной безопасности: монография / Под общ. ред. *Махутова Н. А.* М.: МГОФ "Знание", 2015. 936 с.
10. *Седнев В. А.* Методика оценки и оптимизации структуры видового состава электротехнических средств системы электроснабжения // Промышленная энергетика. 2016. № 7. С. 38-46.
11. *Седнев В. А.* Особенности обоснования требований к системам электроснабжения пунктов временного размещения пострадавшего населения. 2016. Вып. 6 (70). С. 178-188. <http://academygps.ru/ttb>
12. *Седнев В. А., Седнев А. В.* Методика оценки и обоснования видовой структуры средств инженерных подразделений // Промышленная энергетика. 2019. № 9. С. 47-55.
13. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Системные исследования чрезвычайных ситуаций / Под общ. ред. *Махутова Н. А.* М.: МГОФ "Знание", 2015. 864 с.
14. *Котляревский В. А., Ларионов В. И., Суцев С. П.* Энциклопедия безопасности: строительство, промышленность, экология: в 3 т. Т. 2: Законы поражения. Прочность и динамика сооружений. М.: изд-во АСВ, 2008. 640 с.
15. *Седнев А. В.* Особенности информационно-аналитического обеспечения принятия решений в территориальных органах управления // В книге: Гражданская оборона на страже мира и безопасности. Матер. V междунар. науч.-практ. конф., посвященной Всемирному дню гражданской обороны. В 4-х частях. Ч. III. Проблемы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. М.: Академия ГПС МЧС России, 2021. С. 283-293.

Материал поступил в редакцию 14 мая 2021 г.; принят к публикации 15 июня 2021 г.

V. A. Sednev

(Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia;
e-mail: sednev70@yandex.ru)

JUSTIFICATION OF THE POWER SUPPLY SYSTEM FOR LIFE SUPPORT OF RESCUE UNITS AND THE INJURED POPULATION DURING FIELD DEPLOYMENT

ABSTRACT

Introduction. Increasing of number, scale and duration of the consequences of emergency situations associated with the violation of the conditions of normal living of people requires the creation of temporary field accommodation points for the affected population and rescue units. At the same time, electric power supply in field temporary accommodation facilities plays a crucial role in the complex of tasks and measures aimed at providing life to the injured population and rescue units.

At the same time, there are no mobile autonomous sources of electric energy for providing life support to people in the field in the organizational and staff structure of rescue units, and the existing sources of electric energy in the complexes of equipment used in areas of emergency situations cannot be used for these purposes. Therefore, it is necessary to develop a scientific and methodological approach to determine necessary and sufficient number of sources of electric energy for the power supply of the life support of the injured population and rescue units when they are placed in field temporary accommodation points.

The purpose of the study. Electric power supply of field temporary accommodation points for the injured population and rescue units, ensuring the required reliability of electric power supply, maximizing its efficiency in the conditions of possible resource constraints and minimizing the influence of the uncertainty factor in the planning of electricity consumption.

Research methods. The main provisions of the calculation of electrical loads, system theory, set theory, probability theory and the apparatus of mathematical statistics.

The results of the study. A methodology has been developed that allows to justify the power of electric energy sources for the power supply of field temporary accommodation points for the injured population and rescue units, rational options for the power supply system, the nomenclature and number of electric energy sources for the life support of people in the field; to calculate the electric network; to evaluate the operation of the power supply system, based on the probability of failure-free operation of the source of electric energy; to justify the composition of engineering means to ensure the creation of the power supply system.

Conclusion. The scientific and methodological approach for determining the composition of electric energy sources for the power supply of life support for the injured population and rescue units when they are placed in field temporary accommodation points is justified, which also allows to resolve the contradiction between the need to organize the power supply of life support for people in temporary accommodation points and the lack of a reasonable structure of electric energy sources for these purposes.

Key words: temporary accommodation point, injured population, rescue formation, consumers, electric power supply, organization.

For citation: Sednev V. A. Justification of the power supply system for life support of rescue units and the injured population during field deployment. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti / Technology of technosphere safety*, 2021, vol. 2 (92), pp. 142-155 (in Russian). <https://doi.org/10.25257/TTS.2021.2.92.142-155>

References

1. Sednev V. A. *Metodologiya optimalnogo upravleniya i prognozirovaniya parametrov elektropotrebleniya obektov* [Methodology for optimal control and forecasting of power consumption parameters of facilities]. Sb. tr. 3-i mezhdunar. konf. "Upravlenie razvitiem krupnomasshtabnykh sistem – MLSD'2009" [Proceed. of 3th International Conference "Large-Scale Systems Development Management - MLSD'2009"]. Moscow, Institute for Management Problems. V.A. Trapeznikov RAS, 2009. pp. 250-268.
2. Sednev V. A. *Teoreticheskie osnovy obespecheniya elektroenergeticheskoi bezopasnosti voiskovykh formirovaniy: monografiya* [Theoretical foundations of ensuring electric power safety of military formations: monograph]. Moscow, Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia Publ., 2019. 236 p.
3. Kudrin B. I. *Elektrosnabzhenie promyshlennykh predpriyatii* [Power supply of industrial enterprises]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1995, 416 p.
4. Tulchin I. K., Nudler G. I. *Elektricheskie seti i elektrooborudovanie zhilykh i obshchestvennykh zdaniy* [Electrical networks and electrical equipment of residential and public buildings]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1990, 480 p.
5. Artemov A. I. *Elektrosnabzhenie tsekhov promyshlennogo predpriyatiya* [Power supply of the workshop of an industrial enterprise]. Moscow, Moscow Power Engineering Institute Publ., 1990, 118 p.
6. *Spravochnik po elektrosnabzheniyu promyshlennykh predpriyatii. Promyshlennyye elektricheskie seti* [Reference book on power supply of industrial enterprises. Industrial electrical networks]. Ed. by A. A. Fedorov, G. V. Serbinovskiy. Moscow, Energiya Publ., 1980, 576 p.
7. *Bezopasnost' Rossii. Pravovyye, sotsial'no-ekonomicheskie i nauchno-tekhnicheskie aspekty. Tematicheskiy blok "Natsional'naya bezopasnost'". V 6 t. Ch. 1. Nauchnyye osnovy bezopasnosti i zashchishchennosti kriticheski vazhnykh dlya natsional'noy bezopasnosti ob'ektov* [Security of Russia. Legal, socio-economic and scientific-technical aspects. Thematic block "National Security", in 6 vol., part. 1 "The scientific basis of safety and security critical for national security facilities"]. Ed. by Mahutov N. A., Moscow, Znanie Publ., 2012, 896 p.
8. *Spravochnik energetiki stroitel'noy organizatsii. Chast 1. Elektrosnabzhenie stroitelstva* [Handbook of power engineering of construction organizations. Part 1. Power supply of construction]. Ed. by V. G. Senchev, Moscow, Stroyizdat Publ., 1991, 646 p.
9. *Bezopasnost' Rossii. Pravovyye, sotsial'no-ekonomicheskie i nauchno-tekhnicheskie aspekty. Nauchnyye osnovy tekhnogennoy bezopasnosti* [Security of Russia. Legal, socio-economic, scientific and technical aspects. Scientific bases of technogenic safety. Scientific supervisor]. Ed. by Mahutov N. A., Moscow, Znanie Publ., 2015, 936 p.
10. Sednev V. A. *Metodika otsenki i optimizatsii struktury vidovogo sostava elektrotekhnicheskikh sredstv sistemy elektrosnabzheniya* [Methodology for assessing and optimizing the structure of the species composition of electrical equipment of the power supply system]. *Promyshlennaya energetika / Industrial power engineering*. 2016, no. 7, pp. 38-46.
11. Sednev V.A. Features of substantiation requirements to power supply system of the object of the temporary accommodation of the affected population. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti / Technology of technosphere safety*, 2016, vol. 6 (70), pp. 178-188 (in Russian). Available at: <http://academygps.ru/ttb>
12. Sednev V. A., Sednev A. V. *Metodika otsenki i obosnovaniya vidovoi struktury sredstv inzhenernykh podrazdeleniy* [Methodology for assessing and justifying the specific structure of engineering units]. *Promyshlennaya energetika / Industrial power engineering*. 2019, no. 9, pp. 47-55.
13. *Bezopasnost' Rossii. Pravovyye, sotsial'no-ekonomicheskie i nauchno-tekhnicheskie aspekty. Sistemnyye issledovaniya chrezvychaynykh situatsiy* [Security of Russia. Legal, socio-economic, scientific and technical aspects. System research of emergency situations]. Ed. by Mahutov N. A., Moscow, Znanie Publ., 2015, 864 p.

14. Kotlyarevsky V. A., Larionov V. I., Sushev S. P. *Entsiklopediya bezopasnosti: stroitel'stvo, promyshlennost', ekologiya: v 3 t. T. 2: Zakony porazheniya. Prochnost' i dinamika sooruzheniy* [Encyclopedia of Safety: Construction, Industry, Ecology, 3 vols, vol. 2, Laws of defeat. Strength and dynamics of structures]. Moscow, ACB Publ., 2008, 640 p.

15. Sednev A.V. Features of information and analytical support of decision-making in territorial government bodies. *V knige: Grazhdanskaia oborona na strazhe mira i bezopasnosti. Mater. V vezhdunar. nauch.-prakt. konf., posviashchennoi Vsemirnomu dniu grazhdanskoi oborony. V 4-kh chastakh. Ch. III. Problemy preduprezhdeniia i likvidatsii chrezvychainykh situatsii* [In the book "Civil defense on guard of peace and security", Proceed. of V International Scientific and Practical Conference dedicated to the World Civil Defense Day. In 4 parts, part III "Problems of emergency prevention and response"], Moscow, Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia Publ., 2021, pp. 283-293 (in Russian).

Received May 14, 2021; accepted June 15, 2021

Информация об авторе

СЕДНЕВ Владимир Анатольевич
д-р техн. наук, профессор, заслуженный
работник высшей школы РФ; профессор
кафедры защиты населения и территорий;
Академия Государственной противопо-
жарной службы МЧС России; Российская
Федерация, 129366, г. Москва, ул. Бориса
Галушкина, д. 4; ORCID ID: 0000-0002-
4922-430X, РИНЦ Author ID: 694103,
ResearcherID: I-9447-2016; e-mail:
sednev70@yandex.ru

Information about the author

SEDNEV Vladimir Anatol'evich
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Honored Worker of Higher Education of Rus-
sian Federation; Professor of Department
of Protection of Population and Territories;
Academy of State Fire Service
of EMERCOM of Russia; Russian Federation,
129366, Moscow, Borisa Galushkina St., 4;
ORCID ID: 0000-0002-4922-430X, RSCI
Author ID: 694103, ResearcherID: I-9447-
2016; e-mail: sednev70@yandex.ru