

УДК 537.528:622.236

Т.Д. ДЕНИСЮК, А.Н. РАЧКОВ

**ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РАЗРУШЕНИЯ**

Запропоновані шляхи розширення можливостей електророзрядного руйнування неметалевих матеріалів. Наведені відомості, які підтверджують підвищення ефективності руйнування міцних неметалевих матеріалів природного та штучного походження при використанні технології високовольтного електрохімічного вибуху з керованим виділенням енергії. Створена технологія та обладнання для її здійснення може бути задіяна для руйнування бетонних фундаментів, залізобетонних споруд, валунів, міцних ґрунтів та ін. в промисловому, дорожньому, житловому, гідротехнічному будівництві та ін.

**Ключові слова:** руйнування, міцні неметалеві матеріали, електророзрядна технологія, екзотермічні суміші, високовольтний електрохімічний вибух.

Предложены пути расширения возможностей электроразрядного разрушения неметаллических материалов. Приведены данные, подтверждающие повышение эффективности разрушения прочных неметаллических материалов природного и искусственного происхождения при применении технологии высоковольтного электрохимического взрыва с управляемым выделением энергии. Разработанная технология и оборудование для ее осуществления могут быть использованы для разрушения бетонных фундаментов, железобетонных изделий, валунов, прочных грунтов и др. в промышленном, дорожном, жилищном, гидротехническом строительстве и др.

**Ключевые слова:** разрушение, прочные неметаллические материалы, электроразрядная технология, экзотермические смеси, высоковольтный электрохимический взрыв.

The ways of empowering an electric failure of non-metallic materials. The data confirming the efficiency of destruction of strong non-metallic materials of natural and artificial origin in the application of high voltage electrochemical technology explosion with a controlled release of energy. The developed technology and equipment for its implementation can be used for the destruction of concrete foundations, concrete products, boulders, and other solid soil. Industrial, road, housing, hydraulic engineering, and others.

**Keywords:** destruction, durable non-metallic materials, electric discharge technology, exothermic mixture, a high electrochemical explosion.

**Введение.** В поисках высокопроизводительных и малоэнергозатратных технологий разрушения прочных неметаллических материалов разработано немало методов и способов. Одним из самых энергоэффективных способов разрушения является взрыв, т.е. взрывное преобразование энергии и высокая эффективность ее воздействия. Однако такой метод не везде можно применять, например, вблизи сооружений, действующих предприятий, в местах прокладки кабелей, линий электро- и теплопередач, магистральных трубопроводов, в курортных зонах и зонах повышенной оползневой опасности. Минимально допустимая величина безопасного расстояния, например, при взрыве 4 кг взрывчатого вещества (ВВ), должна быть не менее 100 м [1].

Взрывное преобразование наблюдается и при высоковольтном электроразряде в жидкости, использование которого имеет преимущества сравнительно с взрывом [2].

При взрыве величина выделившейся энергии зависит от величины заряда ВВ, а при высоковольтном электроразряде – от объема накопителей, которые имеют низкую энергоемкость соответствующую 0,1 Дж/см<sup>3</sup> [3]. Для достижения при высоковольтном электроразряде высокой энергоемкости требуются большие габариты набора конденсаторных батарей, что значительно снижает надежность и мобильность оборудования.

Преимущество же высоковольтного электроразряда в жидкости состоит в присущем этому процессу

гибком, динамичном, программном управлении характеристиками путем параметрического изменения элементов разрядной цепи или использование многоконтурных генераторов импульсных токов (ГИТ) [4].

Кроме этого процесс разрушения с использованием высоковольтного электроразряда в жидкости не вызывает сейсмических возмущений, исключает разлет осколков, не выделяет в атмосферу вредных веществ, создает возможности производства направленного откола фрагментов и может использоваться для реконструкции действующих объектов или вблизи жилых помещений и геотехнических сооружений [5].

Механизм импульсного электроразрядного воздействия на разрушаемый объект характеризуется высоким давлением волн сжатия, генерируемых электроразрядом. Давление волн сжатия зависит от параметров генератора импульсов тока и на основании эмпирической зависимости [6] выражается формулой:

$$P = \frac{U^{5/4} \cdot C^{1/4}}{R^{1/2} \cdot L^{3/8} \cdot l^{5/8}}, \quad (1)$$

где  $U$  – напряжение, кВ;  $C$  – емкость разрядного контура, мкФ;  $R$  – расстояние до разрушаемого объекта, м;  $L$  – индуктивность разрядного контура, мкГн;  $l$  – длина разрядного промежутка, м.

Максимальный эффект разрушения, исходя из соотношения (1), достигается при максимальном давлении в импульсе волн сжатия, т.е. при максимальных значениях напряжения и емкости разрядного контура и минимальных значениях индуктивности. Увеличение запасенной энергии разряда за счет значительного

повышения напряжения ведет к дополнительным трудностям по обеспечению управляемости процессом, техники безопасности и надежности работы оборудования, а при увеличении емкости растут габариты оборудования, снижается его мобильность [7]. Таким образом, эффективность электроразрядного разрушения неметаллических материалов может быть повышена за счет создания условий в разрядном промежутке, обеспечивающих максимальное выделение энергии в разрядном контуре.

**Цель работы** – исследование повышения эффективности электроразрядного разрушения прочных неметаллических материалов за счет использования комбинированного способа увеличения энергии.

**Основная часть.** При использовании электроразрядов для разрушения крупногабаритных объектов как, например, бетонных фундаментов, железобетонных изделий, валунов, прочных морских донных грунтов и др. требуются энергии разряда на порядок выше, чем при дроблении и измельчении материалов, и ее потери становятся еще значительнее. Поэтому для создания экономичных и конкурентоспособных технологий электроразрядного разрушения неметаллических материалов необходима разработка новых технологических принципов такой обработки. В основу разработки техпроцесса электроразрядного разрушения положены принципы управляемого электровзрыва с различными комбинированными энергоисточниками, в т.ч. экзотермическими смесями (ЭС). Такой комбинированный способ увеличения энергии назван высоковольтным электрохимическим взрывом (ВЭХВ) [8].

ВЭХВ – это комплекс физико-химических явлений, протекающих при наличии в зоне разрядного канала веществ или составов, способных к экзотермическим химическим превращениям в условиях развиваемых в канале высоких температур и давлений. Высвобождающаяся в результате таких превращений энергия суммируется с электрической, поступающей из емкостного накопителя ГИТ, в результате чего общее количество энергии существенно возрастает без увеличения массогабаритных размеров оборудования. Это дает возможность решить задачу проведения работ по разрушению неметаллических материалов, разработка которых электроразрядным способом малоэффективна и энергозатратна, за счет электровзрывного способа, при котором практически отсутствует выброс материала, а энергия разрушения дозируется массой ЭС, не относящимися к ВВ. Горение ЭС может происходить только при высоких температурах и давлении, которые генерируются высоковольтными электроразрядами.

В процессе лабораторных и промышленных исследований разрушения неметаллических материалов (например, высокопрочных грунтов) электроразрядом установлен радиус разрушения, связанный с энергией накопителя, глубиной рыхления и прочностью материала следующей зависимостью [9]:

$$R_p = \sqrt{B_3 \cdot \frac{W}{\sigma_{сж} \cdot h_{шт}}}, \quad (2)$$

где  $R_p$  – радиус разрушения, м;  $W$  – запасаемая энергия, Дж;  $\sigma_{сж}$  – прочность материала на сжатие, Па;  $h_{шт}$  – глубина шпура, м;  $B_3$  – коэффициент эффективности электроразряда, определен экспериментально, для закрытых объемов равен 8,0.

Для электроразрядов с использованием инициируемых ЭС установлена величина суммарной энергии, зависящая от массы ЭС и удельных затрат электрической энергии, необходимых для полного сгорания ЭС [10]:

$$W_{ВЭХВ} = G \cdot w_\tau \left( 1 + \frac{\mu}{w_\tau} \right), \quad (3)$$

где  $W_{ВЭХВ}$  – суммарная энергии при ВЭХВ, Дж;  $G$  – масса ЭС, кг;  $w_\tau$  – удельная энергия, выделившаяся в канале разряда, приходящаяся на единицу массы ЭС  $\left( w_\tau = \frac{W}{G} \right)$ , Дж/кг;  $\mu$  – удельная электрическая эффективность ЭС при высоковольтном электрохимическом взрыве  $\left( \mu = \frac{\Delta W}{G} \right)$ , Дж/кг;  $\Delta W$  – энергия ВЭВ ( $\Delta W = W_{ВЭХВ} - W$ ), Дж.

Зависимость суммарной энергии ВЭХВ от массы ЭС с 60% Al и ЭС с 40% Al, полученных экспериментальным и расчетным путем, показана на рис. 1.

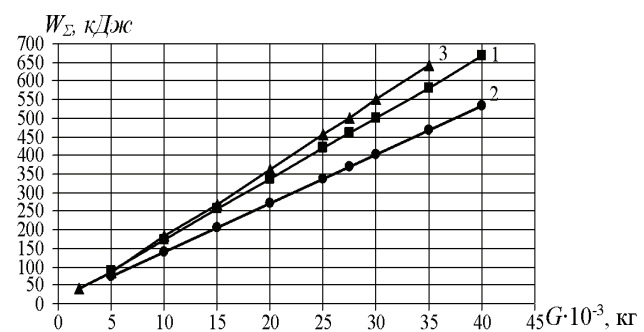


Рисунок 1 – Зависимость суммарной энергии ВЭХВ от массы ЭС: 1 – ЭС с 60% Al; 2 – ЭС с 40% Al; 3 – расчетная

Увеличение суммарной энергии потенциально открывает большие возможности по разрушению высокопрочных неметаллических материалов. Результаты расчетов энергии по формуле (3) при заданных радиусах разрушения, в зависимости от прочности материала достаточно большого диапазона, представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Расчеты суммарной энергии ВЭХВ для фиксированных радиуса разрушения и прочности материала

Прочность материала на сжатие $\sigma_{сж} \cdot 10^6, \text{ Па}$	Радиус разрушения $R_p, \text{ м}$		
	0,2 м	0,25 м	0,3 м
	Суммарная энергия ВЭХВ $W_{ВЭХВ}, \text{ кДж}$		
15	30,0	58,6	101,0
20	40,0	78,0	135,0
30	60,0	117,0	202,0
40	80,0	156,0	270,0
50	100,0	195,0	337,0
60	120,0	234,0	405,0
70	140,0	273,0	472,0
80	160,0	312,0	540,0
100	200,0	391,0	675,0

Результаты численного моделирования, приведенные в табл. 1 и на рис. 1, подтверждают выдвинутую гипотезу о возможном повышении эффективности электроразрядного способа разрушения неметаллических материалов с прочностью более 20 МПа. Экспериментальная проверка эффективности использования ВЭХВ проводилась на модельных блоках прочностью 40 МПа с размерами, представленными на рис. 2.

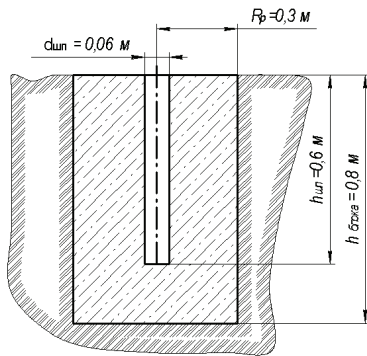


Рисунок 2 – Модельный блок

Методика проведения испытаний включает: бурение в модельных блоках шпуров небольшого диаметра, установку в шпур электродов с капсулами, заполненными ЭС, и подачу напряжения на электроды.

Для поджига ЭС была установлена запасенная энергия накопителей 6,0 кДж. Разрушение блоков начиналось при инициировании 0,005 кг ЭС и больше. Полное разрушение модельного блока (рис. 3) произошло при сгорании ЭС в пределах от 0,02 до 0,025 кг, что соответствует суммарной энергии ВЭХВ от 300 до 400 кДж [11].

На рис. 4 представлены результаты расчетов суммарной энергии ВЭХВ по формуле (3) и экспериментальные данные для  $\sigma_{сж} = 40$  МПа;  $R_p = 0,3$  м;  $h_{шт} = 0,6$  м.



Рисунок 3 – Разрушенный образец

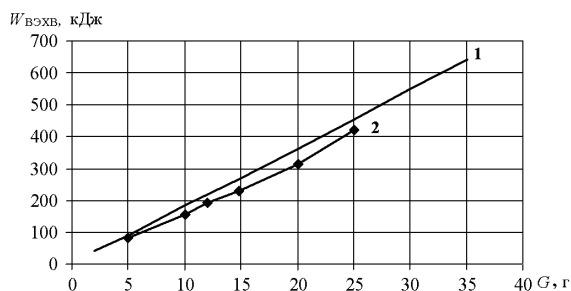


Рисунок 4 – Зависимость полной энергии ВЭХВ от массы ЭС: 1 – расчетная; 2 – эксперимент

На основе результатов экспериментальных исследований разработаны электроразрядная технология

разрушения неметаллических материалов разной прочности и структуры и опытный образец мобильного малогабаритного оборудования (рис. 5, табл. 2), использование которых обеспечит решение проблемы разупрочнения и разрушения неметаллических материалов любой прочности вблизи строений и коммуникационных устройств.



Рисунок 5 – Опытный образец установки

Таблица 2 – Основные технические характеристики оборудования [12]

Наименования параметров	Величина
Номинальная запасенная энергия, кДж, не менее	6,0
Полная мощность, кВА, не более	5
Габаритные размеры, м, не более	1,2 x 0,7 x 1,25
Длина кабеля электродной системы, м	25
Масса, кг, не более	300
Масса электродной системы, кг	21
Номинальное рабочее напряжение, В	25000
Среднее значение тока из сети, А	40
Питание установки напряжением, В	220

Кроме того, данный метод позволит получить объем разупрочнения прямых любой формы, в зависимости от схем расположения шпуров и размещения в них капсул с ЭС, значительно снизить стоимость монтажно-строительных работ и в целом капитальных вложений в промышленное, жилищное и гидротехническое строительство.

**Выводы.** Теоретически и экспериментально установлена принципиальная возможность использования высоковольтного электрохимического взрыва с целью повышения эффективности электроразрядного процесса деформирования и разделения прочных материалов.

Использование ВЭХВ позволяет значительно уменьшить габариты оборудования и повысить его мобильность, снизить затраты на его транспортирование и обслуживание по сравнению с существующими отечественными и зарубежными модификациями электроразрядного оборудования для разрушения неметаллических материалов природного и искусственного происхождения.

Процесс разрушения с использованием ВЭХВ не вызывает сейсмических возмущений, исключает разлет осколков, не выделяет в атмосферу вредных веществ, создает возможность производства направленного откола фрагментов.

Полученные результаты направлены на создание новых электроразрядных технологий и оборудования



для разрушения неметаллических материалов различной структуры и прочности, которые могут применяться:

– для разрушения прочных грунтов, в т.ч. локального разупрочнения, при проведении земляных работ в промышленном, дорожном, гидротехническом строительстве, при проведении дноуглубительных работ и др.;

– для разрушения природных и искусственных негабаритов, скальных пород высокой прочности;

– для разрушения бетонных и железобетонных конструкций и фундаментов при проведении реконструкции производственных и жилищных сооружений, строительных работ нулевого цикла и т.д. в том числе в условиях действующего производства.

#### Список литературы:

1. Кушнарев Д.М. Взрывные работы в гидромелиоративном и сельском строительстве / Д.М. Кушнарев, М.П. Беликов. – М.: Издательство литературы по строительству, 1972. – 223 с.
2. Гулый Г.А. Научные основы разрядно-импульсных технологий / Г.А. Гулый. – К.: Наукова думка, 1990. – 208 с.
3. Вовк И.Т. Тенденции развития силового высоковольтного оборудования для электрогидроимпульсных технологий / И.Т. Вовк, А.И. Вовк, Л.Н. Мирошниченко // Техническая электродинамика. – 2002. – № 2. – С. 63-65.
4. Наугольных К.А. Электрические разряды в воде / К.А. Наугольных, Н.А. Рой. – М.: Наука, 1971. – 155 с.
5. Ризун А.Р. Сейсмически безопасные расстояния при рыхлении донных грунтов высоковольтным электрохимическим взрывом / А.Р. Ризун, Ю.В. Голень, Т.Д. Денисюк // Электронная обработка материалов. – 2008. – № 3. – С. 89-91.
6. Кривицкий Е.В. Динамика электровзрыва в жидкости / Е.В. Кривицкий. – К.: Наукова думка, 1984. – 204 с.
7. Малюшевский П.П. Основы разрядно-импульсной технологии / П.П. Малюшевский. – К.: Наукова думка, 1983. – 272 с.
8. Вовченко А.И. Управляемые электровзрывные процессы преобразования энергии в конденсированных средах / А.И. Вовченко, А.А. Посохов. – К.: Наукова думка, 1992. – 168 с.
9. Ризун А.Р. Разработка и внедрение технологического процесса электроразрядного разрушения прочных донных грунтов / А.Р. Ризун, Ю.В. Голень, Т.Д. Денисюк, В.А. Поздеев // Наука та інновації. – 2007. – № 3. – С. 50-55.
10. Ризун А.Р. Иницирование электроразряда экзотермическими составами при разрушении прочных донных грунтов / А.Р. Ризун, Ю.В. Голень, Т.Д. Денисюк // Электронная обработка материалов. – 2007. – № 2. – С. 49-51.
11. Пат. України № 104678, МПК (2006.01) E21

#### Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

**Можливості підвищення ефективності електророзрядних технологій руйнування / Т.Д. Денисюк, О.М. Рачков // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – № 15 (1237). – С. 35-39. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2079-0740.**

**Возможности повышения эффективности электроразрядных технологий разрушения / Т.Д. Денисюк, А.Н. Рачков // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – № 15 (1237). – С. 35-39. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2079-0740.**

**The possibilities of increasing the efficiency of electrical discharge technologies of destruction / T.D. Denisyuk, A.N. Rashkov // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Technique and electrophysics of high voltage. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2017. – № 15 (1237). – С. 35-39. – Bibliogr.: 12. – ISSN 2079-0740.**

#### Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Денисюк Тетяна Дмитрівна** – молодший науковий співробітник Інституту імпульсних процесів і технологій Національної академії наук України, м. Миколаїв; тел. (0512) 58-71-21; e-mail: dpcd.ipt@com.ua.

C37/18. Спосіб знеміцнення міцних ґрунтів високовольтним електрохімічним вибухом / А.Р. Ризун, О.І. Вовченко, Ю.В. Голень, О.Д. Блащенко, О.М. Рачков, В.Ю. Кононов. – № a201214038; заявл. 10.12.2012; опубл. 25.02.2014. Бюл.№ 4. <http://www.uipv.org>.

12. Ризун А.Р. Технологічний процес та обладнання для електророзрядного локального знеміцнення ґрунтів різної міцності і структури // А.Р. Ризун, Ю.В. Голень, Т.Д. Денисюк // Наука та інновації. – 2014. – № 5. – С. 18-23.

#### Bibliography (transliterated):

1. Kushnarev D.M., Belikov M.P. Blasting operations in the irrigation and drainage and rural construction. Moscow: Publishing House Building, 1972. 223 p.

2. Guly G.A. Scientific basis of the discharge-pulse technology. Kyiv: Naukova Dumka, 1990. 208 p.

3. Vovk I.T., Vovk A.I., Miroshnichenko L.N. Trends in the development of high-voltage power equipment electrohydro-pulse Technology. Technical electrodynamics. 2002. No 2. PP. 63-65.

4. Naugolnykh K.A., Roy N.A. Electrical discharges in water. Moscow: Nauka, 1971. 155 p.

5. Rizun A.R., Holen Y.V., Denisyuk T.D. Seismic safety distance for loosening bottom soils high voltage electrochemical explosion. Electronic processing of materials. 2008. No 3. PP. 89-91.

6. Krivitsky E.V. Dynamics of electric explosion in a liquid. – Kyiv: Naukova Dumka, 1984. 204 p.

7. Malyshevsky P.P. Basics of Running-pulse technology. Kyiv: Naukova Dumka, 1983. 272 p.

8. Vovchenko A.I., Posohov A.A. Managed electroexplosive energy conversion processes in condensed matter. Kyiv: Naukova Dumka, 1992. 168 p.

9. Rizun A.R., Holen Y.V., Denisyuk T.D., Pozdeev V.A. Development and implementation of the process of destruction of an electric solid bottom soils. Science that innovatsii. 2007. No 3. PP. 50-55.

10. Rizun A.R., Holen Y.V., Denisyuk T.D. Initiation of electric discharge exothermic compositions in the destruction of strong bottom soils. Electronic processing of materials. 2007. No 2. PP. 49-51.

11. Pat. Ukraine № 104678, IPC (2006.01) E21 C37 / 18. The method of softening hard soils high-voltage electrochemical explosionm. Rizun A.R. Vovchenko A.I., Holen Y.V., Blaschenko O.D., Rachkov A.N., Kononov V.Y. № a201214038; appl. 10.12.2012; publ. 02/25/2014. Byul.№ 4. <http://www.uipv.org>.

12. Rizun A.R., Holen Y.V., Denisyuk T.D. The process and equipment for electrodischarge local softening soils of different strength and structure. Science and Innovation. 2014. No 5. PP. 18-23.

Поступила (received) 23.03.2017

**Денисюк Тат'яна Дмитрівна** – младший научный сотрудник Института импульсных процессов и технологий Национальной академии наук Украины, г. Николаев; тел. (0512) 58-71-21; e-mail: dpcd.iipt@com.ua.

**Denisyuk Tatiana** – Junior Researcher at the Institute of Pulse Processes and Technologies of the National Academy of Sciences of Ukraine, Nikolaev; tel. (0512) 58-71-21; e-mail: dpcd.iipt@com.ua.

**Рачков Олексій Миколайович** – молодший науковий співробітник Інституту імпульсних процесів і технологій Національної академії наук України, м. Миколаїв; тел. (0512) 58-71-21; e-mail: dpcd.iipt@com.ua.

**Rachkov Alexey Nikolaevich** – младший научный сотрудник Института импульсных процессов и технологий Национальной академии наук Украины, г. Николаев; тел. (0512) 58-71-21; e-mail: dpcd.iipt@com.ua.

**Rashkov Alexey** – Junior Researcher at the Institute of Pulse Processes and Technologies of the National Academy of Sciences of Ukraine, Nikolaev; tel. (0512) 58-71-21; e-mail: dpcd.iipt@com.ua.

УДК 551.594:62:781

**А.В. ЖУРАХІВСЬКИЙ, Т.В. БІНКЕВИЧ, І.В. ЛІЩАК**

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ НА ОЦІНКУ НАДІЙНОСТІ ГРОЗОЗАХИСТУ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕСИЛАННЯ

Розглянуто та обґрунтовано необхідність врахування метеорологічних умов при оцінці надійності грозозахисту повітряних ліній електропередачі. Проведено аналіз існуючих методик врахування метеорологічних умов із зазначенням основних недоліків та суперечностей існуючих досліджень. Наведено метод врахування метеорологічних умов із використанням поправочних коефіцієнтів, а також визначено числові характеристики метеорологічних умов та виразів для їх визначення. Проведено розрахунки числових характеристик метеорологічних умов в залежності і з зміною висоти розташування.

**Ключові слова:** лінія електропередачі, надійність грозозахисту, метеорологічні умови, випадкові фактори, ймовірність пробоя ізоляції.

Рассмотрена и обоснована необходимость учета метеорологических условий при оценке надежности грозозащиты воздушных линий электропередачи. Проведен анализ существующих методик учета метеорологических условий с указанием основных недостатков и противоречий существующих исследований. Приведен метод учета метеорологических условий с использованием поправочных коэффициентов, а также определены числовые характеристики метеорологических условий и выражений для их вычисления. Проведены расчеты числовых характеристик метеорологических условий в зависимости с изменением высоты расположения.

**Ключевые слова:** линия электропередачи, надежность грозозащиты, метеорологические условия, случайные факторы, вероятность пробоя изоляции.

In the article it was researched the necessity to take into account meteorological conditions when assessing there liability of lightning protection of overhead transmission lines that were considered and justified. The analysis of existing metrological methods was carried out, indicating the main shortcomings and contradictions of existing studies. It was proposed the method for recording meteorological conditions using correction factors, and it was determined numerical characteristics of meteorological conditions and expressions for their calculation. It was described the calculations of the numerical characteristics of meteorological conditions are carried out, depending on the change in altitude.

**Keywords:** transmission line, reliability of lightning protection, meteorological conditions, random factors, the probability of insulation breakdown.

**Вступ.** Надійність об'єктів електроенергетичних систем, в тому числі і повітряних ліній електропередачі (ЛЕП), безпосередньо залежить від кліматичних навантажень. При проектуванні ЛЕП вибір її конструкції (тип опор, марка дроту, довжина прольоту тощо), у великій мірі визначається кліматичними навантаженнями.

Від величини прийнятих розрахункових кліматичних навантажень залежить аварійність та експлуатаційна надійність ЛЕП. Неврахування кліматичних навантажень під час проектування може призводити до аварійних ситуацій на ЛЕП і, як наслідок, до перерви в електропостачанні споживачів.

В даний час нормативні кліматичні навантаження

визначаються на підставі кліматичних характеристик, отриманих за регіональними картами кліматичного районування або за даними спостережень метеостанцій [9,10].

Кліматичні навантаження пов'язані з атмосферними процесами. Тимчасова розбіжність випадків перевищення заданих кліматичних навантажень на різних ділянках ЛЕП обумовлено проходженням атмосферних процесів і утворенням зон одночасного перевищення заданого навантаження для даної території. Розміри зони залежать від характеру та масштабів атмосферних процесів і від фізико-географічних і синоптичних умов.