

М.И. Баранов, В.О. Лысенко

РАСЧЕТНЫЙ КРИТЕРИЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ХВОЙНЫХ ПОРОД К ПРЯМОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ НА НЕЕ ИМПУЛЬСНОЙ КОМПОНЕНТЫ ТОКА ЛИНЕЙНОЙ МОЛНИИ

Запропоновано критерій для розрахункової оцінки електродинамічної стійкості "живої" і "мертвої" деревини хвойних порід, що випробовує пряму дію імпульсної А-компоненти струму природної блискавки. За допомогою потужного генератора струму штучної блискавки виконана експериментальна перевірка працездатності запропонованого розрахункового критерію блискавкостійкості стосовно деревини сосни.

Предложен критерий для расчетной оценки электродинамической стойкости "живой" и "мертвой" древесины хвойных пород, испытывающей прямое воздействие импульсной А-компоненты тока естественной молнии. С помощью мощного генератора тока искусственной молнии выполнена экспериментальная проверка работоспособности предложенного расчетного критерия молниестойкости применительно к древесине сосны.

ВВЕДЕНИЕ

В [1] авторами был представлен ряд полученных результатов экспериментальных исследований электродинамической стойкости опытных образцов "живой" (растущей с соками-электролитами) и "мертвой" (срезанной и без соков-электролитов) древесины сосны к действию на нее импульсной А-компоненты тока искусственной молнии. При этом в качестве генератора больших импульсных токов (БИТ) имитированной молнии нами была применена высоковольтная испытательная электроустановка, созданная в 2007 г. на экспериментально-исследовательском полигоне НИПКИ "Молния" НТУ "ХПИ" и использующая малоиндуктивные импульсные конденсаторы типа ИК 50-3 (на номинальное напряжение ± 50 кВ и электрическую емкость 3 мкФ) с суммарной запасаемой электрической энергией до 420 кДж (генератор импульсных токов ГИТ-А) [2]. Для рационального выбора наружной изоляции объектов силовой электроэнергетики и высоковольтной импульсной техники (ВИТ), содержащих в своем составе несущие строительные деревянные элементы (траверсы, раскосы, стойки и др.) и деревянные клеенные конструкции (ДКК) [3, 4], специалистам требуется иметь расчетные критерии электродинамической стойкости указанной изоляции к прямому воздействию на нее БИТ молнии. В настоящее время подобные критериальные соотношения, напрямую связывающие между собой амплитудно-временные параметры (АВП) разрядного тока молнии, прочностные и физико-механические характеристики древесины упомянутых выше строительных элементов и ДКК, в области промышленной электроэнергетики и ВИТ отсутствуют. В этой связи научно-технические задачи прикладного характера, направленные на формулировку таких расчетных критериев, являются актуальными как для техники высоких напряжений, так и техники больших импульсных токов.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ПО ФОРМУЛИРОВКЕ РАСЧЕТНОГО КРИТЕРИЯ МОЛНИЕСТОЙКОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ХВОЙНЫХ ПОРОД

Прежде всего, остановимся на рассмотрении древесины хвойных пород, содержащей полые микротрахеиды округлой формы с тонкими целлюлозными стенками и из которой обычно изготавливаются не-

сухие изоляционные элементы опор воздушных линий электропередачи (ЛЭП) и ДКК для устройств ВИТ [3, 4]. Считаем, что при прямом ударе молнии (ПУМ) в рассматриваемую древесину ЛЭП и ВИТ ее БИТ на стадии импульсной А-компоненты тока протекает вдоль указанных трахеид древесины. При этом низкотемпературная плазма (с температурой до $25 \cdot 10^3$ К [5]) цилиндрического канала грозового искрового разряда проникает во внутренние области плотно прилегающих друг к другу своими боковыми поверхностями трахеид ствола дерева, пространственно ориентированных в вертикальных плоскостях относительно плоской горизонтальной поверхности земли. Полагаем, что при ПУМ в древесину (рис. 1) в атмосферном воздухе с давлением p_0 и температурой T_0 давление внутри полых трахеид древесины хвойных пород определяется газодинамическим давлением p_k , возникающим в плазменном канале линейной молнии, распространяющимся вдоль волоконной ткани ствола дерева с его наиболее электропроводными слоями.



Рис. 1. Внешний вид ПУМ в одиночно стоящее дерево [6]

Отметим, что согласно данным по физиологии растений такие проводящие слои в "живой" древесине обычно примыкают к внутреннему лубяному слою

кору дерева с камбием, обеспечивающим ежегодно в вегетативный период (весна-осень) размножение путем деления "живых" растительных клеток, их отложение внутрь ствола дерева и формирование в наружных областях его ствола концентрических "годовых колец" ранней древесины с активными трахеидами [6]. Из мира растений известно и то, что со временем клетки внутренних "годовых колец" древесины отмирают и их полые трахеиды из активных становятся неактивными, что приводит к их ссыханию и уменьшению в своих поперечных размерах [6, 7]. Одним из подтверждений возможной привязки токового канала молнии к наружным слоям ранней древесины служат данные, приведенные на рис. 2 при поражении ствола растущего тополя естественным грозвым разрядом.



Рис. 2. Внешний вид зоны раскалывания ствола тополя при прямом ударе в него естественной линейной молнии [6]

Принимаем, что при ПУМ в древесину хвойных пород ее механическая прочность будет определяться электродинамической стойкостью макроструктуры древесины, состоящей из множества скрепленных (склеенных) лигнином микротрахеид [6], внутренние цилиндрические объемы которых на стадии воздействия на исследуемую древесину БИТ грозвого разряда заполнены плазмой сильноточного канала линейной молнии. Под **электродинамической стойкостью древесины** к ПУМ будем понимать ее способность противостоять поражающему внешнему воздействию на нее БИТ молнии без разрушения древесины путем раскалывания ее внутренней структуры до определенного критического амплитудного значения I_{mK} тока линейной молнии [8]. Следует заметить, что временное сопротивление раскалывания σ_P древесины хвойных пород оказывается более чем на порядок меньше временных сопротивлений ее продольного сжатия σ_C и поперечного изгиба σ_{II} [6]. Поэтому в случае ПУМ древесина хвойных пород при возможных процессах своего разрушения будет первоначально подвергаться раскалыванию ее волоконной ткани, содержащей указанные микротрахеиды. В этой связи можно вполне обоснованно считать, что при ПУМ раскалывание внутренней структуры древесины является наиболее слабым с прочностной точки зре-

ния показателем (признаком) рассматриваемого нами относительно дешевого диэлектрического материала. Кроме того, считаем, что при ПУМ механическая прочность исследуемой древесины определяется максимальными значениями механических напряжений, возникающих в ее микроструктуре (микротрахеидах).

2. ОСНОВНЫЕ СООТНОШЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РАСЧЕТНОГО КРИТЕРИЯ МОЛНИЕСТОЙКОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ХВОЙНЫХ ПОРОД

В [6] было показано, что при ПУМ и прнятых нами выше условиях волоконная структура древесины оказывается в режиме плоского (двумерного) напряженного состояния и будет испытывать действие двух главных нормальных механических напряжений – меридионального напряжения σ_m (действует вдоль продольной оси округлых микротрахеид) и тангенциального напряжения σ_τ (действует вдоль периметра округлых микротрахеид). Причем, согласно [6] в стенке микротрахеиды толщиной $h_T=(R_2-R_1)$, где R_1 , R_2 – соответственно внутренних и наружный радиусы округлой микротрахеиды древесины, выполняется следующее соотношение: $\sigma_m=0,5\cdot\sigma_\tau$. В этой связи микротрахеиды древесины хвойных пород при ее поражении в атмосферном воздухе с давлением p_0 линейной молнией из-за внезапно возникающего избыточного давления (p_k-p_0) внутри своих цилиндрических полостей, обусловленного наличием там низкотемпературной плазмы сильноточного канала грозвого искрового разряда с давлением p_k , при соответствующих АВП импульсной А- компоненты тока молнии могут подвергаться, прежде всего, продольному разрыву своих тонких стенок. Такой массовый разрыв вдоль пути протекания в древесине тока молнии продольно ориентированных относительно ствола дерева (деревянного строительного элемента) микротрахеид и может приводить, по-нашему мнению, к продольному раскалыванию при ПУМ рассматриваемой древесины. Тогда, с учетом применения IV теории прочности оболочечных конструкций и стандартного коэффициента запаса прочности [9], критерий электродинамической молниестойкости древесины хвойных пород запишем в следующем аналитическом виде:

$$[\sigma_\tau^2 - \sigma_\tau\sigma_m + \sigma_m^2]^{1/2} \leq 0,7\sigma_P, \quad (1)$$

где $\sigma_m=(p_k-p_0)\cdot(R_1+R_2)/[4(R_2-R_1)]$ и $\sigma_\tau=(p_k-p_0)\cdot(R_1+R_2)/[2(R_2-R_1)]$ – соответственно величины меридионального и тангенциального напряжений в стенке толщиной (R_2-R_1) округлых микротрахеид древесины, характеризующейся временным сопротивлением раскалывания σ_P [6]; $p_0=1,013\cdot 10^5\cdot(1+T_0/273,15)$ – давление атмосферного воздуха, окружающего древесину [6].

Для амплитудного значения давления p_{km} плазмы в поперечном сечении сильноточного канала линейной молнии с учетом Z- пинч-эффекта в нем (явления поперечного стягивания токового канала разряда при ПУМ под действием собственного азимутального магнитного поля) запишем следующее известное в электрофизике и технике БИТ выражение [6, 10]:

$$p_{km}=\mu_0 I_{mA}^2 (8\pi^2 r_{0m}^2)^{-1} [2-(r/r_{0m})^2], \quad (2)$$

где I_{mA} – первая амплитуда импульсной А- компоненты аксиального тока молнии; r_{0m} – максимальное зна-

чение радиуса канала, соответствующее токовой амплитуде I_{mA} ; $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная.

Из (2) видно, что максимальное давление плазмы в разрядном токовом канале молнии пропорционально квадрату амплитуды аксиального импульсного тока I_{mA} и обратно пропорционально квадрату радиуса r_{0m} канала. Согласно (2) наибольшее давление в плазменном канале линейной молнии наблюдается на его оси (для текущего радиуса $r=0$), а наименьшее давление – на его периферии (при текущем радиусе $r=r_{0m}$). При распространении и развитии канала грозового разряда в атмосферном воздухе для нахождения вблизи поверхности земли величины r_{0m} , входящей в расчетное соотношение (2), в первом приближении может быть использована известная в физике газового разряда формула Брагинского [8, 11]:

$$r_{0m}=0,093 \cdot (I_{mA})^{1/3} \cdot (t_{mA})^{1/2}, \quad (3)$$

где t_{mA} – время, соответствующее первой амплитуде I_{mA} импульсной A - компоненты тока молнии.

Отметим, что в соответствии с (2) и (3) для нормированных требованиями Международной электротехнической комиссии (МЭК) АВП импульсной A -компоненты тока молнии (при $I_{mA}=200$ кА и $t_{mA}=10$ мкс [12]) пиковое давление p_{km} в центральной зоне плазменного канала грозового разряда в атмосферном воздухе ($r_{0m}=17,2$ мм) может достигать численного значения, равного около $43,09 \cdot 10^5$ Па (43,9 атм).

После подстановки в критериальное соотношение (1) приведенных выражений для наибольших значений величин механических напряжений σ_m и σ_r в трахеидах древесины и газодинамического давления p_{km} в плазменном канале грозового разряда расчетный критерий электродинамической молниестойкости для "живой" и "мертвой" древесины хвойных пород принимает следующий окончательный вид:

$$I_{mAK} \leq 2\pi r_{0m} [\mu_0^{-1} \cdot [1,616(R_2 - R_1)(R_1 + R_2)^{-1} \cdot \sigma_{p+} p_0]]^{1/2}, \quad (4)$$

где I_{mAK} – критическое амплитудное значение импульсной A - компоненты тока линейной молнии по условию обеспечения электродинамической стойкости (нераскалывания) указанной древесины при действии на нее ПУМ с теми или иными АВП импульсного тока в плазменном канале воздушного грозового искрового разряда.

Следует заметить, что при выборе согласно (4) критических амплитудных значений I_{mAK} тока молнии "живая" и "мертвая" древесина хвойных пород будет отличаться между собой, прежде всего, присущими только им параметрами R_1 , R_2 и σ_p . В соответствии с полученным критерием (4) при $I_{mA} > I_{mAK}$ рассматриваемая нами древесина, испытывающая воздействие ПУМ, будет подвергаться разрушению путем раскалывания своей внутренней волоконной структуры.

3. ПРИМЕР РАСЧЕТА КРИТИЧЕСКОЙ АМПЛИТУДЫ ИМПУЛЬСНОГО ТОКА МОЛНИИ ДЛЯ "ЖИВОЙ" ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ

Выполним по критерию (4) расчетную оценку значения критической амплитуды тока I_{mAK} применительно к "живой" древесине сосны, подвергающейся в воздушной атмосфере в естественных условиях лесных или парковых насаждений поражающему воздействию ПУМ. Согласно [6, 13] внутренняя волоконная

структура "живой" древесины сосны характеризуется следующими параметрами: $R_1=18$ мкм; $R_2=22,3$ мкм; $h_T=4,3$ мкм; $\sigma_p=4,11$ МПа. При этом длина отдельных округлых трахеид сосны, ориентированных вдоль ее ствола, составляет около 3,25 мм. Значение радиуса r_{0m} сильнооточного канала линейной молнии на основании результатов проведенных нами и представленных в [1] экспериментальных исследований по разрушению (раскалыванию) в атмосферном воздухе ($T_0=20$ °С; $p_0=1,087 \cdot 10^5$ Па) импульсной A - компонентой тока искусственной молнии ($t_{mA}=34$ мкс) волоконной ткани "живой" древесины сосны выбираем примерно равным 18,2 мм. Тогда после подстановки в (4) указанных выше исходных параметров получаем, что для "живой" древесины сосны $I_{mAK} \leq 92,2$ кА. Отметим, что в рассматриваемом случае при $I_{mA}=I_{mAK}=92,2$ кА и $r_{0m}=18,2$ мм величина пикового давления p_{km} в центральной зоне канала грозового разряда по (2) и соответственно внутри размещенных вблизи нее округлых микротрахеид составляет около $8,17 \cdot 10^5$ Па (8,33 атм). Что касается механических напряжений σ_m и σ_r в тонких целлюлозных стенках микротрахеид в указанной электродинамически напряженной локальной зоне принятой в этом разделе древесины, то они согласно подформульным расшифровкам для критериального соотношения (1) принимают максимальные значения, численно составляющие соответственно 1,66 и 3,32 МПа. Данные численные значения механических напряжений σ_m и σ_r полностью удовлетворяют используемой нами по (1) двухосной модели напряженного состояния округлых микротрахеид "живой" древесины сосны в зоне ее поражения сильнооточным каналом грозового искрового разряда.

4. СРАВНЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ДЛЯ КРИТИЧЕСКОЙ АМПЛИТУДЫ ИМПУЛЬСНОГО ТОКА МОЛНИИ В ДРЕВЕСИНЕ СОСНЫ

Выполненные нами согласно [1] эксперименты на уникальном генераторе тока искусственной молнии [2] свидетельствуют о том, что для опытных образцов "живой" древесины сосны критическая амплитуда I_{mAK} импульсной A - компоненты имитированного тока грозового разряда при $t_{mA}=34$ мкс и $r_{0m}=18,2$ мм составляет по модулю 65,7 кА. Данные рис. 3 как раз и демонстрируют нам результаты разрушения (локального раскалывания в области периферии) цилиндрического образца такой древесины в случае протекания по нему разрядного импульсного тока генератора ГИТ-А с мощным емкостным накопителем энергии ($C_A=333$ мкФ), заряжаемым малым током до высокого зарядного напряжения отрицательной полярности величиной $U_{3A}=-10$ кВ и запасаемым в этом случае электрическую энергию около 16,7 кДж [1]. Из данных приведенного здесь рис. 3 видно, что волоконная структура исследуемой древесины разрядным каналом с импульсной A - компонентой тока искусственной молнии, протекающей вдоль испытываемого образца "живой" древесины сосны, раскалывается на отдельные малые "спичечные" элементы-столбики. Это обстоятельство указывает на объемный характер электродинамических усилий, прилагаемых к воло-

конной ткани опытного образца "живой" древесины сосны в проводимых в лабораторных условиях экспериментах по ее разрушению имитированным ПУМ.



Рис. 3. Внешний вид локального разрушения (раскалывания) в области периферии опытного образца "живой" древесины сосны диаметром $d_H=100$ мм и высотой $h_H=50$ мм с помощью канала искрового разряда в цепи генератора тока искусственной молнии при $U_{3A}=-10$ кВ и $I_{mA}=-65,7$ кА [1]

Сравнение для рассматриваемого случая расчетных ($I_{mAK} \leq 92,2$ кА) и опытных ($I_{mAK} = 65,7$ кА) данных для критической амплитуды I_{mAK} импульсного тока линейной молнии говорит о том, что расхождение между ними составляет примерно 28,7 %. Здесь следует отметить, что проведенные нами эксперименты по разрушению имитированным ПУМ опытных образцов "мертвой" древесины сосны диаметром $d_H=100$ мм и высотой $h_H=50$ мм (рис. 4), как и следовало было ожидать, показали, что в этом случае величина критической амплитуды I_{mAK} импульсной A - компоненты тока искусственной молнии ($t_{mA}=34$ мкс; $r_{0m}=16,3$ мм) уменьшается и составляет около 41,4 кА [1].



Рис. 4. Внешний вид разрушения (раскалывания) в области периферии опытного образца "мертвой" древесины сосны с помощью канала искрового разряда в цепи генератора тока искусственной молнии при $U_{3A}=-7$ кВ и $I_{mA}=-41,4$ кА [1]

На наш взгляд, связано это главным образом с уменьшением из-за высыхания волоконной ткани и ссыхания ее полых микротрахейд (соответственно и ослабления скрепляющего действия лигнина между отдельными микротрахеидами древесной структуры путем их взаимного склеивания) значения временного сопротивления раскалывания σ_P для "мертвой" древе-

сины сосны по сравнению с величиной σ_P для "живой" древесины сосны. Количественными данными для величины σ_P применительно к "мертвой" древесине сосны авторы в настоящее время не располагают. Из данных рис. 4 хорошо видно, что волоконная структура "мертвой" древесины сосны сильноточным плазменным каналом тока искусственной молнии раскалывается, в отличие от "живой" древесины сосны (см. рис. 3), послонно в виде множественных плоских тонких "щепных" элементов. Зона локального разрушения "мертвой" древесины сосны при этом характеризуется большими чем для "живой" древесины сосны геометрическими размерами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Получен расчетный критерий (4) электродинамической стойкости "живой" и "мертвой" древесины хвойных пород к прямому воздействию на нее импульсной A - компоненты тока линейной молнии, протекающей в воздушной атмосфере в естественных условиях между грозowymi облаками и поверхностью земли, на которой и размещена указанная древесина.

2. Выполненная с помощью уникального генератора тока искусственной молнии, размещенного на испытательно-исследовательском полигоне НИПКИ "Молния" НТУ "ХПИ", экспериментальная проверка предложенного критерия (4) применительно к опытным образцам "живой" древесины сосны показала, что результаты оценочного расчета по аналитическому соотношению (4) критической амплитуды импульсного тока молнии ($I_{mAK} = 92,2$ кА) удовлетворительно согласуются с соответствующими данными проведенных экспериментов ($I_{mAK} = 65,7$ кА).

3. Установлено, что для имитированного ПУМ с импульсной A - компонентой тока линейной молнии опытный показатель электродинамической стойкости "живой" древесины сосны (величина $I_{mAK} = 65,7$ кА) примерно на 37 % превышает соответствующий показатель (величину $I_{mAK} = 41,4$ кА) для "мертвой" древесины сосны.

4. Точность расчета по критериальному соотношению (4) критической амплитуды I_{mAK} импульсной A - компоненты тока молнии определяется, в основном, точностью выбора численного значения максимальной величины радиуса r_{0m} плазменного канала сильноточного грозового искрового разряда в древесине хвойных пород.

5. Полученные впервые в Украине расчетно-экспериментальные результаты по электродинамической стойкости древесины хвойных пород к прямому воздействию на нее БИТ естественной и искусственной молнии требуют своего дальнейшего развития и распространения на иные виды древесины, ее геометрические размеры, токовые воздействия и уровни прикладываемого к древесине импульсного напряжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов М.И., Лысенко В.О. Экспериментальное исследование разрушения опытных образцов древесины сосны при прямом воздействии на них больших импульсных токов искусственной молнии // *Электротехника і електромеханіка*. – 2012. – № 2. – С. 53-58.

2. Баранов М.И., Колиушко Г.М., Кравченко В.И. и др. Генератор тока искусственной молнии для натуральных испытаний технических объектов // Приборы и техника эксперимента. – 2008. – № 3. – С. 81-85.
3. Рудаков В.В., Недзельский О.С. Исследование импульсной электрической прочности крупногабаритных клееных деревянных конструкций // Вестник ХПИ. Серия "Электроэнергетика и автоматизация энергоустановок". – Харьков: ХПИ. – 1993. – Вып. № 18. – С. 73-77.
4. Баранов М.И., Колиушко Г.М., Кравченко В.И. и др. Комплекс высоковольтного испытательного электрофизического оборудования экспериментальной базы НИПКИ "Молния" НТУ "ХПИ" // Вісник НТУ "ХПИ". Зб. наук. праць. Темат. випуск: Електроенергетика та перетворююча техніка. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2004. – № 4. – С. 3-13.
5. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. – М.: Наука, 1987. – 592 с.
6. Баранов М.И., Лысенко В.О. Приближенные модели электродинамического разрушения древесины в атмосферном воздухе под действием прямого удара в нее линейной молнии // Вісник НТУ "ХПИ". Зб. наук. праць. Темат. випуск: Техніка та електрофізика високих напруг. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2009. – № 39. – С. 10-18.
7. Баранов М.И., Лысенко В.О. Явление высоковольтного электроосмоса в капиллярах "живой" древесины. Гипотеза возникновения и расчетная оценка // Вісник НТУ "ХПИ". Зб. наук. праць. Темат. випуск: Техніка та електрофізика високих напруг. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2010. – № 18. – С. 26-33.
8. Баранов М.И. Избранные вопросы электрофизики: Монография в 2-х томах. Том 2, Кн. 2: Теория электрофизических эффектов и задач. – Харьков: Изд-во "Точка", 2010. – 407 с.
9. Сопrotивление материалов / Под общей ред. Г.С. Писаренко. – Киев: Вища школа, 1973. – 672 с.
10. Баранов М.И. Моделирование электромагнитного эффекта при прямом ударе молнии в металлическую обшивку летательного аппарата // Технічна електродинаміка. – 1999. – № 1. – С. 16-21.
11. Лозанский Э.Д., Фирсов О.Б. Теория искры. – М.: Атомиздат, 1975. – 272 с.
12. Дьяков А.Ф., Максимов Б.К., Борисов Р.К. и др. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике и электротехнике / Под ред. А.Ф. Дьякова. – М.: Энергоатомиздат, 2003. – 768 с.
13. Боровиков А.М., Уголев Б.Н. Справочник по древесине / Под ред. Б.Н. Уголева. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 296 с.

Bibliography (transliterated): 1. Baranov M.I., Lysenko V.O. `Eksperimental'noe issledovanie razrusheniya opytnykh obrazcov drevesiny sosny pri pryamom vozdeystvii na nih bol'shikh impul'snyh tokov iskusstvennoj molnii // Elektrotehnika i elektromekhanika. – 2012. – № 2. – S. 53-58. 2. Baranov M.I., Koliushko G.M., Kravchenko V.I. i dr. Generator toka iskusstvennoj molnii dlya naturnykh ispytaniy

- tehnicheskikh ob'ektov // Pribory i tehnika `eksperimenta. – 2008. – № 3. – S. 81-85. 3. Rudakov V.V., Nedzel'skij O.S. Iccledovanie impul'snoj `elektricheskoy prochnosti krupnogabaritnyh kleenyh derevyannykh konstrukcij // Vestnik HPI. Seriya "Elektro`energetika i avtomatizaciya `energoustanovok". – Har'kov: HPI. – 1993. – Vyp. № 18. – S. 73-77. 4. Baranov M.I., Koliushko G.M., Kravchenko V.I. i dr. Kompleks vysokovol'tnogo ispytatel'nogo `elektrofizicheskogo oborudovaniya `eksperimental'noj bazy NIPKI "Molniya" NTU "HPI" // Visnik NTU "HPI". Zb. nauk. prac'. Temat. vipusk: Elektroenergetika ta peretvoryuyucha tehnika. – Harkiv: NTU "HPI". – 2004. – № 4. – S. 3-13. 5. Rajzer Yu.P. Fizika gazovogo razryada. – M.: Nauka, 1987. – 592 s. 6. Baranov M.I., Lysenko V.O. Priblizhennyye modeli `elektrodinamicheskogo razrusheniya drevesiny v atmosfernom vozduhe pod deystviem pryamogo udara v nee lineynoy molnii // Visnik NTU "HPI". Zb. nauk. prac'. Temat. vipusk: Tehnika ta elektrofizika visokih naprug. – Harkiv: NTU "HPI". – 2009. – № 39. – S. 10-18. 7. Baranov M.I., Lysenko V.O. Yavlenie vysokovol'tnogo `elektroosmosa v kapillyarah "zhivoy" drevesiny. Gipoteza vozniknoveniya i raschetnaya ocenka // Visnik NTU "HPI". Zb. nauk. prac'. Temat. vipusk: Tehnika ta elektrofizika visokih naprug. – Harkiv: NTU "HPI". – 2010. – № 18. – S. 26-33. 8. Baranov M.I. Izbrannyye voprosy `elektrofiziki: Monografiya v 2-h tomah. Tom 2, Kn. 2: Teoriya `elektrofizicheskikh `effektov i zadach. – Har'kov: Izd-vo "Tochka", 2010. – 407 s. 9. Soprotivlenie materialov / Pod obshej red. G.S. Pisarenko. – Kiev: Vissha shkola, 1973. – 672 s. 10. Baranov M.I. Modelirovanie `elektromagnitnogo `effekta pri pryamom udare molnii v metallicheskuyu obshivku letatel'nogo apparata // Tehnichna elektrodinamika. – 1999. – № 1. – S. 16-21. 11. Lozanskij `E.D., Firsov O.B. Teoriya iskry. – M.: Atomizdat, 1975. – 272 s. 12. D'yakov A.F., Maksimov B.K., Borisov R.K. i dr. `Elektromagnitnaya sovmestimost' v `elektro`energetike i `elektrotehnike / Pod red. A.F. D'yakova. – M.: `Energoatomizdat, 2003. – 768 s. 13. Borovikov A.M., Ugolev B.N. Spravochnik po drevesine / Pod red. B.N. Ugoleva. – M.: Lesn. prom-st', 1989. – 296 s.

Поступила 14.10.2011

Баранов Михаил Иванович, д.т.н., с.н.с.,
Лысенко Виталия Олеговна
НИПКИ "Молния"
Национального технического университета
"Харьковский политехнический институт"
61013, Харьков, ул. Шевченко, 47
тел. (057) 7076841, e-mail: eft@kpi.kharkov.ua

Baranov M.I., Lysenko V.O.
Calculation criterion of soft wood electrodynamic endurance against direct action of streak lightning pulse component.
The paper introduces a criterion for estimation of electrodynamic endurance of "living" and "dead" soft-wood exposed to direct action of the impulse A-component of a streak lightning current. With a powerful artificial lightning current generator, operability of the introduced lightning endurance calculation criterion is experimentally verified for pine wood.
Key words – lightning, soft wood, electrodynamic endurance, calculation criterion.