

## МЕТОДЫ УМЕНЬШЕНИЯ ВЛИЯНИЯ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

**И.А. Рогова**

*Томский политехнический университет,  
ИШЭ, ОЭЭ, гр. 5А01*

Научный руководитель: В.В. Шестакова, к.т.н., доцент ОЭЭ ИШЭ ТПУ

В данной работе приводится описание возможного уменьшения влияния на окружающую среду магнитных полей воздушных линий электропередачи. Ввиду растущего спроса на электроэнергию и расширению электроэнергетического строительства, в нашем обществе все чаще поднимаются вопросы о воздействии таких объектов на живые организмы и, в частности, на человека.

Электромагнитные поля высоковольтных ЛЭП представляют собой одну из наиболее вредоносных форм воздействия на окружающую среду [1]. Существует немало исследований, которые установили, что усиленное воздействие электромагнитных полей на человека может способствовать возникновению различных проблем со здоровьем.

В результатах отечественных и зарубежных исследований отмечаются жалобы людей на головную боль, нарушения сна, снижение работоспособности, частые простудные заболевания [2]. Другие исследования приводят данные о том, что под воздействием электромагнитного поля возникают так называемые устойчивые группировки эритроцитов в крови, возникновение которых нарушает нормальное движение крови [3].

Были также опубликованы данные, указывающие на то, что воздействие ЭМП может вызывать нарушения нервной и психической деятельности, а также приводить к ухудшению репродуктивной функции [4]. В ходе исследования воздействия ЭМП на органы пищеварительной системы было обнаружено, что данный фактор оказывает негативное воздействие на клетки печени. Однако наиболее опасным является воздействие ЭМП на органы иммунной системы, в результате чего нарушается ее нормальная работа. Вследствие этого случаи возникновения онкологических заболеваний становятся все более частыми в последние годы [5].

В результате исследований было обнаружено, что магнитная составляющая поля имеет большее влияние на клетки живых организмов, чем электрическая. Так происходит из-за того, что магнитная составляющая имеет способность более свободного проникновения в ткани. Это может привести к изменению пространственной конфигурации биологических частиц с магнитными свойствами и нанесению серьезного вреда здоровью [6].

Величина воздействия магнитных полей зависит от различных факторов. На ее величину влияют, к примеру, технические характеристики электрооборудования, класс напряжения и токовые нагрузки [2].

Из-за сложности получения экспериментальных данных о максимальных напряженностях ЭМП на реальных объектах электроэнергетики, рекомендуется проводить анализ ЭМП в электроэнергетических системах с использованием математического моделирования [1].

То, насколько велика степень воздействия ЭМП на живой организм, обычно определяется через количество электромагнитной энергии, которую он поглощает в этом поле [6].

В РФ установлены предельно допустимые уровни (ПДУ) напряженности ЭМП [7]. Нормативные документы определяют конкретные допустимые значения величины магнитного поля: максимальная возможная магнитная индукция на застроенной территории составляет 50 мкТл, для жилых помещений этот показатель не должен быть больше чем 10 мкТл [8].

Оценка и нормирование ЭМП осуществляется в зависимости от времени его воздействия на работника за смену (табл. 1) [9].

При проектировании ВЛ учитываются нормы и требования по выбору параметров линии и особенности их прокладки. Все это нужно для того, чтобы влияние ЛЭП на окружающую среду было минимальным [6].

Таблица 1. Профессиональные ПДУ ЭМП

Время воздействия за рабочий день, мин	Условия воздействия			
	Общее		Локальное	
	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл
0–10	24	30	40	50
11–60	16	20	24	30
61–480	8	10	12	15

Наиболее распространенные пути снижения ЭМП, применимые при строительстве:

- 1) отдаленное расположение ЛЭП от мест скопления людей;
- 2) электромагнитное экранирование. Для изучения эффективности данного метода был проведен эксперимент, в котором использовались разные строительные материалы. На расстоянии от ЛЭП 500 кВ были проведены измерения напряженностей электрического и магнитного полей. Замеры совершались на высоте 1,8 м от уровня земли при использовании навесов из различных стройматериалов, которые устанавливались продольно (рис. 1) и поперечно (рис. 2) относительно проводов.

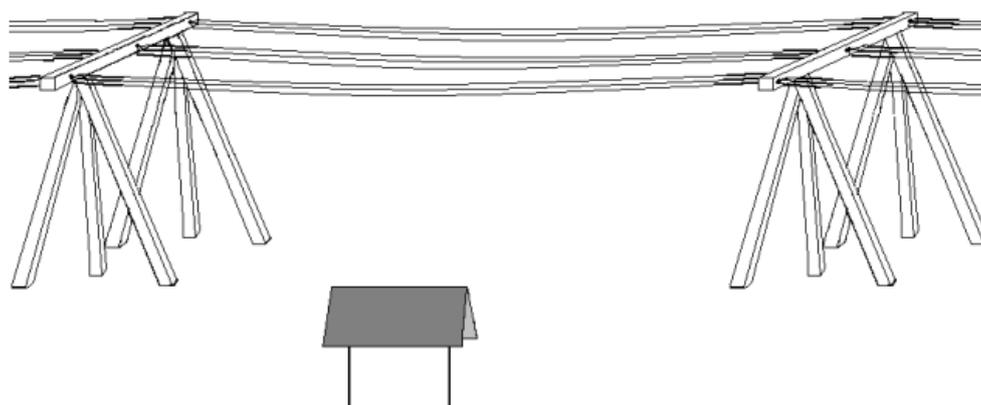


Рис. 1. Продольное расположение навеса

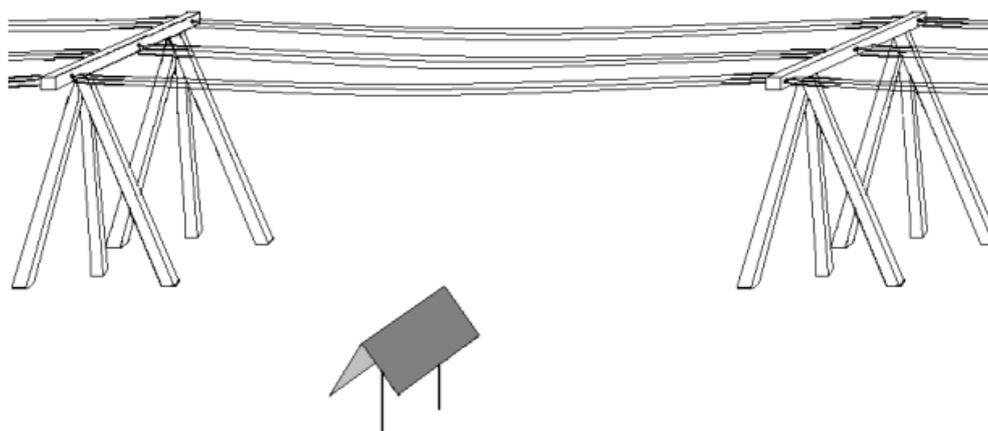


Рис. 2. Поперечное расположение навеса

Измеренные значения напряженностей полей, а также рассчитанные значения эффективностей экранирования представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты эксперимента

Строительный материал	При расположении навеса продольно по отношению к проводам ЛЭП				При расположении навеса поперечно по отношению к проводам ЛЭП			
	$E_1$ , кВ/м	$H_1$ , А/м	$\mathcal{E}_{E1}$ , дБ	$\mathcal{E}_{H1}$ , дБ	$E_2$ , кВ/м	$H_2$ , А/м	$\mathcal{E}_{E2}$ , дБ	$\mathcal{E}_{H2}$ , дБ
Шифер	5,60	3,31	0,13	0,07	5,62	3,32	0,10	0,05
Металлочерепица	4,47	3,01	2,09	0,90	4,50	3,03	2,03	0,84
Сталь	3,89	2,35	3,30	3,05	3,91	2,38	3,25	2,94

В результате данного эксперимента было установлено, что листовая сталь наилучшим образом соответствует требованиям по обеспечению электромагнитной безопасности. Кроме того, по результатам опытов можно видеть, что продольное расположение навеса относительно проводов ЛЭП является более эффективным, чем поперечное. Результаты данного эксперимента могут быть учтены при строительстве сооружений вблизи ЛЭП [10].

3) Транспозиция фазных проводов, которая также влияет на величину электромагнитных полей.

На рис. 3 показаны результаты моделирования транспозиции фазных проводов двухцепной линии электропередачи.

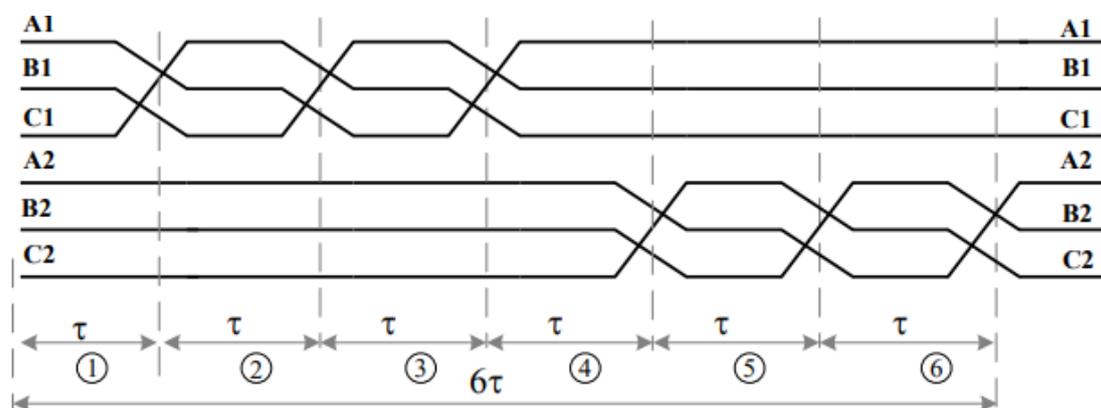


Рис. 3. Транспозиция двухцепной ЛЭП

Результаты опыта показывают, что участки ЛЭП при транспонировании характеризуются разными величинами напряженности ЭМП (табл. 3).

Таблица 3. Результаты моделирования

Поле	Тип ЛЭП	Участок ЛЭП						Сумма
		1	2	3	4	5	6	
Электрическое, кВ/м	Двухцепная	2,67	1,57	1,57	2,65	1,55	1,55	11,55
Магнитное, А/м		1,09	0,67	0,68	1,16	0,74	0,74	5,09

При помощи такого метода можно выполнять фазировку проводов для уменьшения влияния ЭМП от ЛЭП [1].

Таким образом, актуальным является вопрос по изучению влияния ЭМП ЛЭП. Вспомогательную роль здесь играет установление определенных экологических стандартов. Также стоит отметить, что использование описанных методов по снижению уровня магнитных полей играет важную роль в обеспечении безопасности жизни населения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закарюкин В.П. Учет транспозиции проводов при моделировании электромагнитных полей, создаваемых высоковольтными линиями электропередачи / В.П. Закарюкин, А.В. Крюков, Лэ Ван Тхао // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2016. – № 2. – С. 71–79.

2. Электромагнитные поля промышленной частоты электроустановок, размещенных в зданиях / Никитина В.Н., Калинина Н.И., Ляшко Г.Г. [и др.] // *Здоровье населения и среда обитания*. – 2021. – Т. 29. – № 9. – С. 56–61.
3. Белов А.А. Влияние электромагнитных полей на систему кровообращения человека / А.А. Белов, Е.Ю. Савченко // *Известия ТулГУ. Технические науки*. – 2022. – № 5. – С. 255–265.
4. Электромагнитная безопасность населения. Национальные и международные нормативы электромагнитных полей радиочастотного диапазона / О.А. Григорьев, В.Н. Никитина, В.Н. Носов и др. // *ЗНиСО*. – 2020. – № 10 (331). – С. 28–33.
5. Морфофункциональные изменения органов при воздействии искусственных электромагнитных полей / В.Л. Загребин, А.И. Краюшкин, Л.И. Александрова и др. // *Волгоградский научно-медицинский журнал*. – 2018. – № 3. – С. 19–24.
6. Никольский О.К. Экологическое влияние сельских электрических сетей 10–0,4 кВ на окружающую среду / О.К. Никольский, Н.И. Черкасова // *Ползуновский вестник*. – 2012. – № 4. – С. 55–58.
7. Влияние промышленных электромагнитных полей на хаотическую динамику параметров сердечно-сосудистой системы работников нефтегазовой отрасли / А.В. Болтаев, Г.В. Газя, А.А. Хадарцев и др. // *Экология человека*. – 2017. – № 8. – С. 3–7.
8. Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.1.2.1002-00 «Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям» – М.: Минздрав России, 2001.
9. Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях» – М.: Минздрав России, 2003.
10. Свиридова Е.Ю. Методы снижения уровней электромагнитных полей линий электропередач при строительстве и реконструкции объектов / Е.Ю. Свиридова // *Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова*. – 2010. – № 3. – С. 140–142.

## **ТЕРМИЧЕСКАЯ КОНВЕРСИЯ СМЕСЕВЫХ ТОРФО-ДРЕВЕСНЫХ ТОПЛИВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ПОЛЕЗНЫХ ПРОДУКТОВ**

**А.К. Берикболов, А.Д. Мисюкова, С.А. Янковский**

*Томский политехнический университет,  
ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова, гр. АЗ-44*

Научный руководитель: А.С. Заворин, профессор, д.т.н, НОЦ И.Н. Бутакова

Приведены результаты экспериментальных исследований процессов термической конверсии смесевых твердых топлив на основе торфа и древесных отходов с учетом изменения их концентрации с целью получения полезных продуктов. В исследованиях применялась методика приготовления топливных смесей, включающая торф и отходы переработки деловой древесины, путем их смешивания для последующей термической конверсии. Эксперименты были проведены на экспериментальном стенде при температуре 600 °С. Получены три полезных энергетических продукта: синтез-газ, твердый углеродный остаток и жидкие углеводороды. Установлено, что при термическом разложении смеси торфа и древесных опилок в соотношении по массе 50 % торфа и 50 % древесных опилок был достигнут наивысший выход горючих газовых компонентов, качественный углеродный остаток и жидкие углеводороды.

### **Введение**

Многие ученые и энергетики уже несколько десятилетий занимаются поиском альтернативных источников энергии и среди потенциальных вариантов выделяется торф и древесные отходы. Россия обладает огромными резервами торфа, которые, по данным Всероссийского научно-исследовательского института торфяной промышленности (ВНИИТП), оцениваются как 175,6 млрд т, что составляет более 35 % мировых запасов [1]. Увеличение использования местных видов топлива и источников энергии, а также повышение уровня утилизации и пе-