

УДК 504.75.05

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И МАГНИТНОГО ПОЛЕЙ ПО ВЫСОТЕ ЗДАНИЙ ОТ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

¹Литвинова Н.А., ²Литвинов Д.О., ¹Брюханова Р.Я.

¹ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень,
e-mail: litvinova2010-litvinova2010@yandex.ru;

²ФГКВБОУ ВПО «Тюменское высшее военно-инженерное командное училище имени маршала инженерных войск А.И. Прошлякова», Тюмень, e-mail: mopsdima@rambler.ru

Представлены результаты натурных исследований напряженности электрического и магнитного полей по высоте от поверхности земли от линий электропередач (ЛЭП) разного класса напряжения на различных расстояниях от жилых объектов на примере г. Тюмени. Цель исследований – повышение электромагнитной безопасности городской территории вблизи линий электропередач – ЛЭП (на примере г. Тюмени) с учетом изменения характеристик электромагнитного поля по высоте от уровня земли. Получены эмпирические зависимости напряженности электрического и магнитного полей от расстояния от ЛЭП на высотах 1, 1,8, 3 м от поверхности земли для линий электропередач 110; 220; 500 кВ, а также эмпирические зависимости напряженности электрического и магнитного полей от высоты от поверхности земли для ЛЭП разного класса напряжения на границах санитарно-защитных зон и на территории жилой застройки. Предложены зависимости, которые необходимы для повышения электромагнитной безопасности строительных объектов вблизи линий электропередач класса напряжения 110кВ; 220 кВ; 500кВ.

Ключевые слова: напряженность электрического поля, напряженность магнитного поля, линии электропередач, характеристики электромагнитного поля

A STUDY OF THE STRENGTH OF THE ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS ON THE HEIGHT OF BUILDINGS FROM ELECTRIC MAINS

¹Litvinova N.A., ²Litvinov D.O., ¹Brukhanova R.Ya.

¹Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: litvinova2010-litvinova2010@yandex.ru;

²Tyumen Higher Military Engineering Command School named after Marshal of Engineering wax A.I. Proshlyakov, Tyumen, e-mail: mopsdima@rambler.ru

Presents the results of field studies of the strength of the electric and magnetic fields from the earth's surface from power lines (transmission lines) of different classes of voltage at various distances from residential properties on the example of Tyumen. The purpose of researches – increase of electromagnetic safety of urban areas near power lines – power lines (for example, Tyumen) taking into account changes in the characteristics of the electromagnetic field in height from ground level. The empirical dependence of the strength of the electric and magnetic fields over distance from the power lines at heights of 1, 1.8 or 3 m from the ground surface to power lines 110; 220; 500kV, as well as the empirical dependence of the strength of the electric and magnetic fields of the height from the surface of the land for transmission lines of different voltage class to the boundaries of the sanitary protection zones and residential areas. The proposed dependence, which are necessary to improve electromagnetic safety of construction objects near power lines with voltage class of 110 kV; 220 kV; 500 kV.

Keywords: the electric field, magnetic field, electric mains, electromagnetic field characteristics

В настоящее время отсутствуют исследования характеристик электромагнитного поля разного напряжения по высоте от поверхности земли (выше 1,8 м) от линий электропередач разного класса напряжения в пределах одного населенного пункта. Исследования с учетом поворота трассы проводились [4] вблизи ЛЭП разного класса напряжения, но нет исследований выше 1,8 м от поверхности земли, что очень важно при строительстве многоэтажных зданий. Также известно, что значительные электромагнитные поля частотой 50 Гц могут наблюдаться вблизи мощных линий электропередач (ЛЭП), где могут размещаться частные домовладения. На территории жилой застройки

ки напряженность электрического поля (E), кВ/м от воздушных линий электропередачи переменного тока не должна превышать 1 кВ/м на высотах от 0,5 до 1,8 метров [6]. Что касается магнитной характеристики электромагнитного поля промышленной частоты (напряженности магнитного поля – H), то ее нормирование осуществляется согласно [3] и составлять должно на территории жилой застройки не более 8 А/м.

В настоящее время нет расчетных зависимостей величин электромагнитного поля по высоте от поверхности земли от ЛЭП (выше 1,8 м) разного класса напряжения на различных расстояниях от жилых объектов в пределах одного населенного пункта.

Цель данных исследований – повышение электромагнитной безопасности городской территории вблизи линий электропередач – ЛЭП (на примере г. Тюмени) с учетом изменения характеристик электромагнитного поля по высоте от уровня земли.

Задачи:

1. Получить эмпирические зависимости характеристик электромагнитного поля (ЭМП) от расстояния от ЛЭП разного напряжения на высотах 1; 1,8; 3 м от поверхности земли.

2. Получить эмпирические зависимости характеристик электромагнитного поля (ЭМП) от высоты от поверхности земли для ЛЭП разного напряжения на границах санитарно-защитной зоны (СЗЗ) и на территории жилой застройки.

3. Разработать обобщенные графики зависимостей напряженности электрического поля выше 1,8 м для ЛЭП 220 кВ; 500 кВ и дать рекомендации для строительства объектов с учетом изменения характеристик электромагнитного поля по высоте от поверхности земли.

Материалы и методы исследования

Согласно общепринятой методике измерения полей проводятся на высотах от 0,5 м до 1,8 м от уровня земли. С предельно допустимыми уровнями сравниваются максимальные измеренные значения на данных высотах, что не позволяет учитывать на-

пряженность электрического и магнитного полей по всей высоте от поверхности земли.

В связи с этим проводились исследования напряженности электрического и магнитного полей выше 1,8 метров по высоте от поверхности земли по фасаду исследуемых зданий, что очень важно при многоэтажном строительстве.

Объектом исследования являлись здания, находящиеся в районе размещения линий электропередач разного класса напряжения (110 кВ; 220 кВ; 500 кВ) на территории г. Тюмени. Для измерения выбран прибор ПЗ-50, предназначенный для измерения напряженности магнитного и электрического полей промышленной частоты, в том числе и от ЛЭП. Измеритель предназначен для измерения среднеквадратического значения напряженности электрического и магнитного поля промышленной частоты (50 Гц), возбуждаемого вблизи электроустановок высокого напряжения промышленной частоты.

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам натурных исследований получены эмпирические зависимости, которые позволяют конкретизировать величину напряженности электрического и магнитного полей разного класса напряжения ЛЭП на различных расстояниях. Также зависимости необходимы для обоснования размещения жилой застройки вблизи ЛЭП с учетом санитарно-защитной зоны и значения характеристик электромагнитного поля по высоте от поверхности земли.

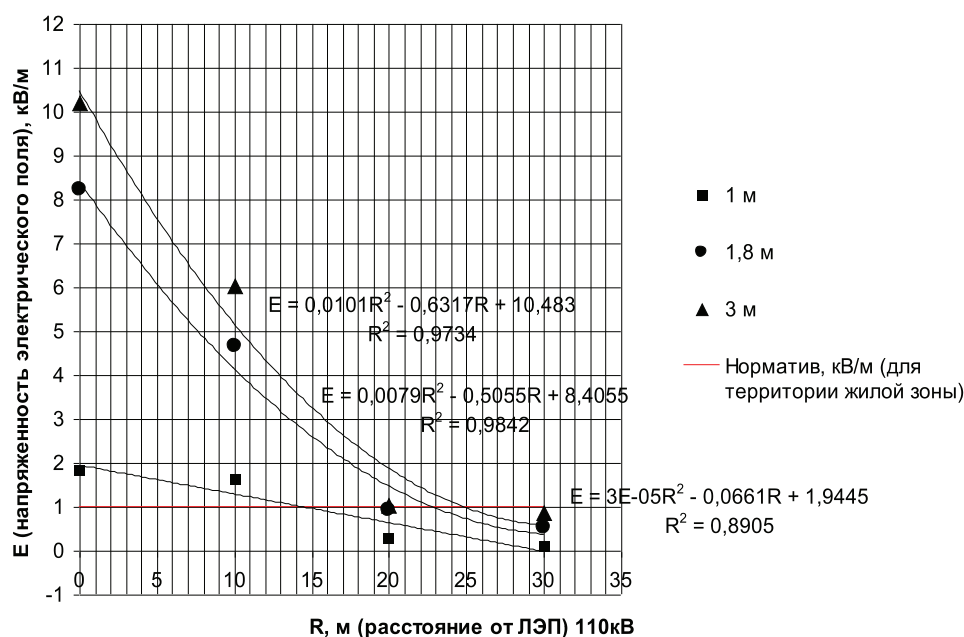


Рис. 1. Зависимости напряженности электрического поля ЛЭП 110 кВ от расстояния от ЛЭП на различных высотах от поверхности земли (граница санитарно-защитной зоны 20 м)

На рис. 1, 2 приведены эмпирические зависимости величины напряженности электрического поля от расстояния от ЛЭП разного класса напряжения на высотах 1; 1,8; 3 м от поверхности земли.

Для ЛЭП класса напряжения 110 кВ (рис. 1) отмечено превышение уровня напряженности электрического поля на высоте 3 метра в 1,5–2 раза от норматива на расстоянии до 25 метров от источника (при этом санитарно-защитная зона составляет 20 м).

Для ЛЭП 500 кВ (рис. 2) отмечено превышение напряженности электрического

поля в 2–4 раза от норматива на расстоянии до 45 метров, в частности на высоте 3 метра от земли.

Магнитная составляющая электромагнитного поля (напряженность магнитного поля, А/м) не превышает норматив 8 А/м на территории жилой застройки на высотах от 0,5 до 3 м для ЛЭП класса напряжения 500 кВ.

Для сравнения характеристик ЭМП от ЛЭП разного класса напряжения проводились измерения на высотах до 3 метров от поверхности земли (h – высота от поверхности земли, м).

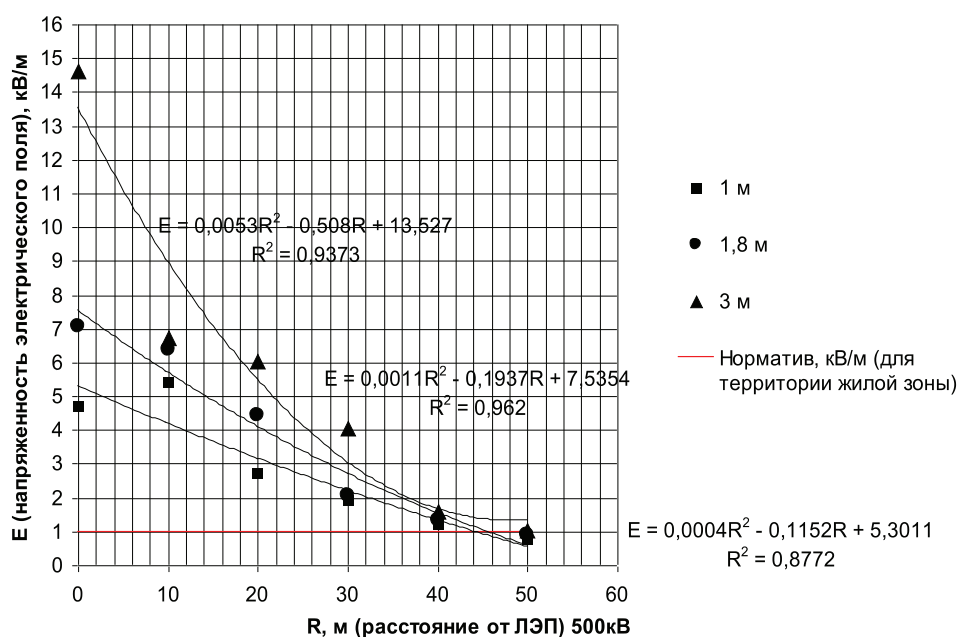


Рис. 2. Зависимости напряженности электрического поля от расстояния от ЛЭП 500 кВ на различных высотах от поверхности земли (граница санитарно-защитной зоны 30 метров)

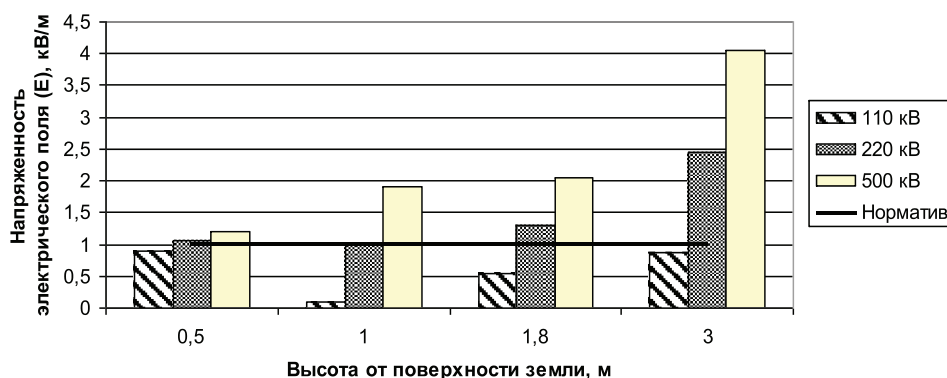


Рис. 3. Результаты измерений величины напряженности электрического поля для ЛЭП разного класса напряжения по высоте от поверхности земли на расстоянии 30 метров (граница санитарно-защитной зоны для ЛЭП 500 кВ)

На рис. 3 приведено, что величина напряженности электрического поля (E) по высоте от поверхности земли (h) для ЛЭП 110 кВ не превышает норматив на территории жилой застройки, его нельзя сказать для ЛЭП мощностью 220 кВ и выше. Норматив напряженности электрического поля значительно превышен: для 220 кВ на высоте 3 метра в 2,4 раза (СЗЗ 25 метров), для 550 кВ – в 4 раза (СЗЗ 30 метров, то есть данные измерения проводились на границе санитарно-защитной зоны). Таким образом, сделан вывод, что по высоте от поверхности земли напряженность электрического поля возрастает, при этом чем

больше класс напряжения ЛЭП, тем выше различие по высоте от поверхности земли в сравнении с нормативной величиной напряженности электрического поля.

В связи с этим решено провести исследования величины напряженности электрического поля (E , кВ/м) по высоте от поверхности земли более 3 метров.

Для ЛЭП 500 кВ на границе санитарно-защитной зоны выше 3 метров напряженность электрического поля возрастает, а норматив 1 кВ/м превышен в 2–14 раз, что очень важно при строительстве многоэтажных зданий.

Зависимости напряженности электрического поля от высоты от поверхности земли

R, м	110 кВ (санитарно-защитная зона 20 метров)	500 кВ (санитарно-защитная зона 30 метров)
20	$\frac{E}{E_{\max}} = -1,33 \cdot \left(\frac{h}{H}\right)^2 + 2,30 \left(\frac{h}{H}\right) + 0,0133$	–
30	$\frac{E}{E_{\max}} = -1,185 \cdot \left(\frac{h}{H}\right)^2 + 2,13 \left(\frac{h}{H}\right) + 0,049$	$\frac{E}{E_{\max}} = -1,01 \cdot \left(\frac{h}{H}\right)^2 + 1,92 \left(\frac{h}{H}\right) + 0,08$
40	$\frac{E}{E_{\max}} = -1,05 \cdot \left(\frac{h}{H}\right)^2 + 2,01 \left(\frac{h}{H}\right) + 0,078$	$\frac{E}{E_{\max}} = 0,53 \cdot \left(\frac{h}{H}\right)^2 + 0,25 \left(\frac{h}{H}\right) + 0,22$
50	–	$\frac{E}{E_{\max}} = -0,29 \cdot \left(\frac{h}{H}\right)^2 + 1,16 \left(\frac{h}{H}\right) + 0,13$

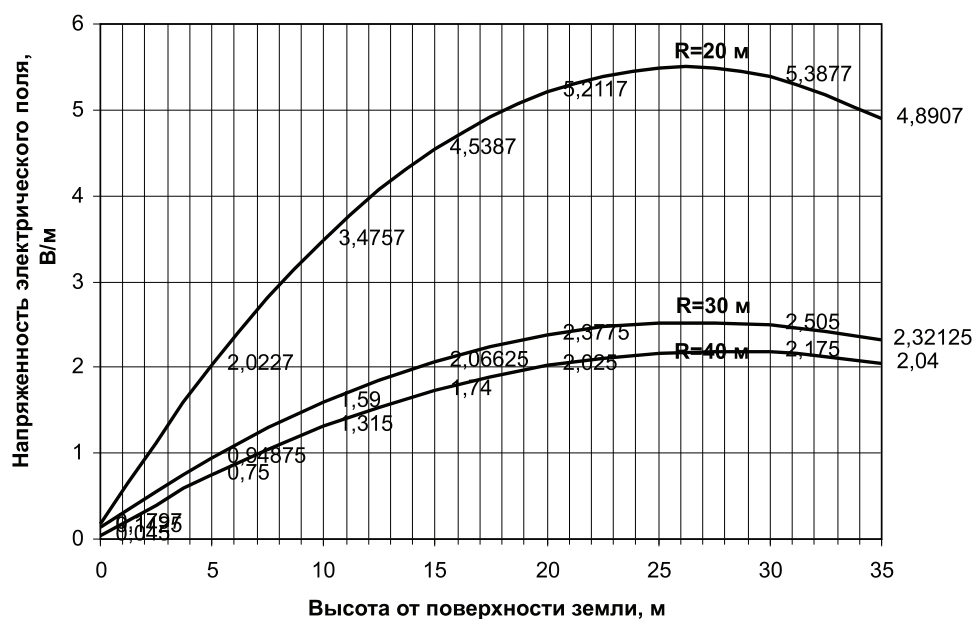


Рис. 4. Зависимости для определения напряженности электрического поля (E , кВ/м) на различных расстояниях R (м) от ЛЭП 220 кВ (для границы санитарно-защитной зоны и на территории жилой застройки) на различной высоте – h , м

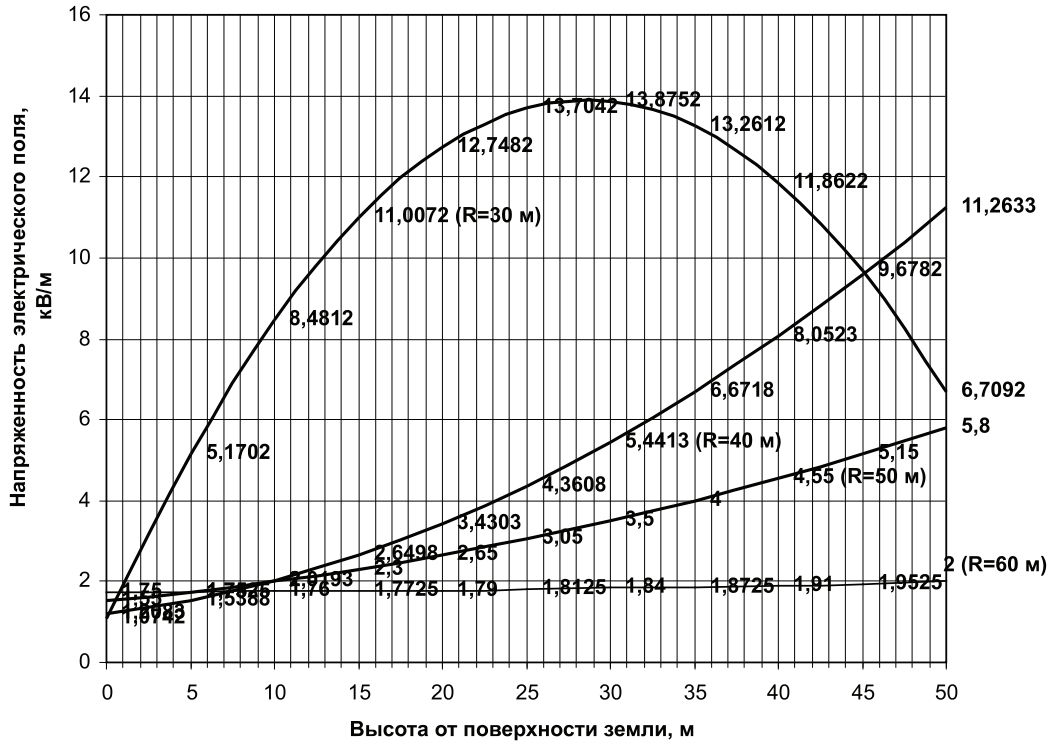


Рис. 5. Зависимости для определения напряженности электрического поля (E , кВ/м) на различных расстояниях R (м) от ЛЭП 500 кВ на различной высоте h , м

Также получены зависимости на расстояниях 40, 50 метров (R , м) от ЛЭП 500 кВ (непосредственно на территории жилой застройки) и на расстояниях 20, 30 метров от ЛЭП 110 кВ (таблица), где E – напряженность электрического поля по высоте h от поверхности земли, кВ/м; E_{max} – максимальная напряженность электрического поля по высоте от поверхности земли, кВ/м; h – высота от поверхности земли, м; H – высота здания, м.

Зависимость для ЛЭП 500 кВ на территории жилой застройки от 3 метров и выше напряженности электрического поля от высоты, показала, что напряженность электрического поля возрастает, а норматив 1 кВ/м превышен в 1,5–6 раз.

По результатам натурных исследований построен обобщенный график зависимостей (рис. 4–5) для определения напряженности электрического поля на различных расстояниях от ЛЭП разного класса напряжения. На рис. 4 приведены зависимости для ЛЭП класса напряжения 220 кВ, а на рис. 5 – для 500 кВ.

По обобщенным зависимостям (рис. 4–5) можно прогнозировать уровень напряженности электрического поля (E , кВ/м) от высоты от поверхности земли

(h , м) для ЛЭП класса напряжения 500 кВ и 220кВ, что важно при проектировании зданий различной этажности вблизи ЛЭП.

При определении по разработанным зависимостям характеристик электромагнитного поля по высоте от поверхности земли и на разных расстояниях от ЛЭП в случае, если на каких-то участках напряженность электрического поля за пределами санитарно-защитной зоны окажется выше 1 кВ/м на территории зоны жилой застройки (в местах возможного пребывания людей), должны быть приняты меры для снижения напряженности электрического поля [4]. На крыше здания лучше использовать кровельные материалы, такие как листовая сталь и металлочерепица, что доказано результатами исследований авторов [1, 4]. Методы снижения уровней ЭМП при строительстве может быть повышены с помощью заземления экрана в нескольких точках крыши [1, 2]. В других местах пребывания людей напряженность поля промышленной частоты может быть снижена путем установления защитных экранов, например это железобетонные, металлические заборы, тросовые экраны [1, 4, 5]. Предложенная методика расчета характеристик ЭМП по высоте от

поверхности земли и на разных расстояниях от ЛЭП (номограммы) внедрена как рекомендация по повышению электромагнитной безопасности строительных объектов вблизи линий электропередач.

Выводы

1. Проведены натурные исследования и получены данные об электромагнитном воздействии на территории г. Тюмени.

2. Получены эмпирические зависимости характеристик ЭМП от расстояния от ЛЭП разного класса напряжения на высотах 1; 1,8; 3 м от поверхности земли на границе санитарно-защитной зоны и на территории жилой застройки.

3. Получены эмпирические зависимости характеристик ЭМП от высоты от поверхности земли для ЛЭП класса напряжения 110 кВ, 500 кВ на границах СЗЗ и на территории жилой застройки от 0,5 до 30 метров от поверхности земли.

4. Построены обобщенные графики зависимостей для определения напряженности электрического поля по высоте от поверхности земли на разных расстояниях

от ЛЭП 500 кВ и 220 кВ, которые можно использовать при проектировании зданий с учетом величин характеристик электромагнитного поля по высоте от поверхности земли.

Список литературы

1. Аполлонский С.М. Особенности экранирования при решении задач электромагнитной экологии [Текст] / С.М. Аполлонский // Вестн. МАНЭБ. – 2011. – № 1 (13). – С. 33–38.

2. Аполлонский С.М. Рекомендуемые материалы при конструировании электромагнитных экранов [Текст] / С.М. Аполлонский // Proceedings of I International symposium on EMT. – St.-P., 2014. – P. 157–163.

3. ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07. Предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц в помещениях жилых, общественных зданий и на селитебных территориях. введ. 2007 – 08 – 07. – Москва: Изд-во стандартов, 2007. – 55 с.

4. Графкина М.В. Совершенствование системы мониторинга электромагнитной безопасности жилых помещений [Текст] / М.В. Графкина, Б.Н. Нюнин, Е.Ю. Свиридова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2013. – № 4. – С. 40–42.

5. Литвинова Н.А. Гигиеническая оценка электромагнитного поля от линий электропередач [Текст] / Н.А. Литвинова, И.С. Кирий // Безопасность жизнедеятельности: труды всероссийской научно-практической конференции. – Тюмень, 2016. – С. 18–23.

6. СанПиН 2.1.2.1002-00. Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям [Текст]. – Введ. 2001 – 06 – 01. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 45 с.