

УДК 621: 624: 614.7.8

<https://doi.org/10.32362/2500-316X-2022-10-2-14-27>



НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

Безопасность электромагнитных факторов на компьютерных рабочих местах в жилых помещениях

Ю.Г. Рябов¹,
Н.М. Легкий^{1, @},
Г.В. Ломаев²

¹ МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, 119454 Россия

² Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова, Ижевск, 426069 Россия

@ Автор для переписки, e-mail: legki@mirea.ru

Резюме

Цель. Проанализировать электромагнитную безопасность электрических сетей промышленной частоты (ПЧ) 50 Гц в жилых домах при длительной работе на рабочих местах (РМ) с персональными компьютерами (ПК). Выработать рекомендации по уменьшению воздействия уровней электромагнитных полей (ЭМП) ПЧ на здоровье людей в жилых помещениях.

Методы. В соответствии с российскими и международными нормативными документами проведены измерения и расчеты электромагнитных полей в жилых помещениях, где применяется однофазная система электроснабжения типа TN ПЧ, регламентированная правилами эксплуатации электроустановок.

Результаты. Выявлено, что на РМ с ПК электромагнитные поля, индуцируемые сетями типа TN, существенно возрастают, превышая предельно допустимые уровни: 25 В/м и 0.25 мкТл, рекомендуемые санитарно-эпидемиологическими требованиями. На жилые здания требования служб Энергонадзора не распространяются, поэтому любые непрофессиональные переделки электрических сетей в квартирах и использование несертифицированных удлинителей приводят к искрообразованию, появлению высокочастотных гармоник и, в свою очередь, к дискомфортным условиям, влияющим на здоровье, а также к электропоражениям, пожарам и взрывам газа.

Выводы. Показано, что двухфазные симметричные электрические сети системы IT (TT) эффективно функционируют без аварий и воздействия ЭМП ПЧ на людей десятки лет и используются в медицинских, оборонных предприятиях и госучреждениях. С целью уменьшения техногенных катастроф в жилых домах необходимо законодательно перейти на систему IT (TT) в жилых домах, заменить существующие системы электроснабжения TN на систему IT (TT) и, кроме того, законодательно повысить требования к бытовым устройствам защиты и коммутации.

Ключевые слова: жилое помещение, дистанционная работа, несовместимые нормы, опасности однофазной электросети, эффективность симметричной сети, рекомендуемые условия, самоконтроль

• Поступила: 09.08.2021 • Доработана: 24.09.2021 • Принята к опубликованию: 28.02.2022

Для цитирования: Рябов Ю.Г., Легкий Н.М., Ломаев Г.В. Безопасность электромагнитных факторов на компьютерных рабочих местах в жилых помещениях. *Russ. Technol. J.* 2022; 10(2):14–27. <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2022-10-2-14-27>

Прозрачность финансовой деятельности: Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

RESEARCH ARTICLE

Safety of electromagnetic factors for the workplace equipped with personal computers in residential premises

Yuri G. Ryabov¹,
Nikolai M. Legkiy^{1, @},
Geliy V. Lomaev²

¹ MIREA – Russian Technological University, Moscow, 119454 Russia

² M. T. Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, 426069 Russia

@ Corresponding author, e-mail: legki@mirea.ru

Abstract

Objectives. The aim of this paper is to analyze the electromagnetic safety of 50Hz industrial frequency electrical networks in residential buildings when using workplaces equipped with personal computers (PCs), as well as to develop recommendations on reducing the impact of levels of industrial frequency electromagnetic fields on human health in residential premises.

Methods. Electromagnetic fields in residential premises with the single-phase TN mode industrial frequency power supply system regulated by the Rules of Electrical Installations Design were measured and calculated in accordance with Russian and international legislative documents.

Results. It was established that electromagnetic fields induced by TN networks in workplaces equipped with PCs might increase significantly and even exceed the maximum permissible level of 25 V/m and 0.25 μ T recommended by Sanitary and Epidemiological Standards. Residential buildings are not subject to the requirements of the Energy Supervision services; therefore, any unprofessional modification of electrical networks in residential premises, including the use of unapproved extension cords, may result in sparking, high-frequency harmonics, and, in turn, conditions which impact human health, as well as electric injuries, fires, and gas explosions.

Conclusions. It has been shown that IT (TT) mode symmetrical two-phase electrical networks may function efficiently for decades without accidents and effects of industrial frequency electromagnetic field on humans, as they are used in medical institutions, defense enterprises, and state institutions. Thus, legislative transition to installing IT (TT) systems in residential buildings, replacement of existing TN power supply systems with IT (TT) system, and legislative strengthening of requirements for household protection and commutation devices, may also be required to reduce man-made disaster risks in residential buildings.

Keywords: residential premises, remote workplace, incompatible standards, dangers of the single-phase electrical network, symmetric network efficiency, ungrounded network efficiency, recommended conditions, self-monitoring

• Submitted: 09.08.2021 • Revised: 24.09.2021 • Accepted: 28.02.2022

For citation: Ryabov Yu.G., Legkiy N.M., Lomaev G.V. Safety of electromagnetic factors for the workplace equipped with personal computers in residential premises. *Russ. Technol. J.* 2022;10(2):14–27. <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2022-10-2-14-27>

Financial disclosure: The authors have no a financial or property interest in any material or method mentioned.

The authors declare no conflicts of interest.

ВВЕДЕНИЕ

На практике даже при использовании одного рабочего места с персональным компьютером (РМ с ПК) (иногда более 8 ч, ночью) в жилом помещении обнаруживаются проблемы, нарушающие жизнедеятельность и здоровье работника (учащегося), а также других проживающих. Есть семьи, где в помещении, квартире развернуты три и более РМ с ПК. Исключая негативные (стрессовые) воздействия на человека бытовых и семейных проявлений, по результатам частных опросов и жалоб дистанционных работников были отмечены многие факты глубокого утомления, усталости и снижения работоспособности в конце рабочего дня по сравнению с условиями работы на РМ в офисах.

В соответствии с Приказом Минтруда¹ № 33н от 24.01.2014 г. практически отменена специальная оценка условий труда на РМ пользователей ПК. К тому же, с 01.03.2021 г. действует новая редакция СанПиН² 1.2. 3685-21, утвержденная Роспотребнадзором без какого-либо гигиенического обоснования и обсуждения в сети Интернет со специалистами, где «шведские нормы» электромагнитных помех для РМ с ПК (п. 7.2.7 СанПиН³ 2.2.4.3359-16, табл. 1) также исключены, и отменен сам СанПиН.

¹ Приказ Минтруда РФ № 33н от 24.01.2014 «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению» (ред. от 27.04.2020). [Order of the Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation No. 33n of January 24, 2014 on the endorsement of the Method of special assessment of working conditions, Classifier of adverse and/or hazardous production factors, form of report of the carried out special assessment of working conditions and its filling instruction. Amended on April 27, 2020 (in Russ.).]

² СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Правила утверждены Постановлением № 2 от 28.01.2021 Главного санитарного врача РФ. [SanPiN 1.2.3685-21 Hygienic Standards and Requirements for Ensuring Safety and/or Harmlessness of Environmental Factors for Humans. Approved by the Order No. 2 of 28.01.2021 of the Chief State Sanitary Physician of the Russian Federation (in Russ.).]

³ СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. Правила утверждены Постановлением № 81 от 21.06.2016 Главного санитарного врача РФ. [SanPiN 2.2.4.3359-16 Sanitary and Epidemiological requirements for physical factors in the workplace. Approved by the Order No. 81 of 21.06.2016 of the Chief State Sanitary Physician of the Russian Federation (in Russ.).]

При дистанционной работе РМ с ПК изначально обустраивают в помещениях жилых зданий, часто фактически не приспособленных для этих целей (электроснабжение, Интернет, оргтехника, связь). По сравнению с условиями офисных РМ с ПК, где работодатель отвечает за безопасность, в случае дистанционной работы надзорные службы ведомств МЧС, энергетики и санитарии пожарную, электрическую и электромагнитную безопасности РМ не контролируют и за них не отвечают.

Все ведомственные документы в части обеспечения безопасных условий в жилищно-коммунальных хозяйствах (ЖКХ) ссылаются на п. 1 ст. 161 Жилищного Кодекса РФ от 03.04.2018 № 59-ФЗ⁴ «Управление многоквартирным домом должно обеспечивать благоприятные и безопасные условия проживания граждан», где также предлагается общая декларация. Поэтому, теперь сам пользователь должен (обязан) контролировать условия проживания в помещении и безопасность на РМ с ПК, чтобы сохранить свое здоровье и других проживающих.

Длительное пребывание в помещении дома становится дискомфортным и опасным в условиях ослабленного геомагнитного и искаженного геоэлектрического поля (ГМП и ГЭП), а также в условиях повышенных техногенных ЭМП. Сегодня проживающие даже не представляют и не знают, что в их помещениях, на РМ с ПК, в спальне, кухне ослаблены природные или повышены техногенные ЭМП. Санитарная пропаганда, МЧС, СМИ не мотивируют проживающих на проведение самоконтроля условий ЭМП в своих помещениях, несмотря на то что такой контроль сегодня выполнить не сложнее пользования смартфоном [1–7].

В результате многолетнего контроля по жалобам жителей домов на опасные и дискомфортные условия в помещениях было установлено, что в 60% всех случаев причиной были электросети с глухо заземленной нейтралью системы электроснабжения типа TN⁵ (франц.: terre – земля, neuter – нейтраль), установленные

⁴ Федеральный закон от 03.04.2018 № 59-ФЗ «О внесении изменений в Жилищный кодекс Российской Федерации». [Federal Law on Amendments to Housing Code of Russian Federation No. 59-FZ, dated April 3, 2018 (in Russ.).]

⁵ Электрическая сеть с глухозаземленной нейтралью в соответствии п. 1.7.3 Правил устройства электроустановок. [Electrical network with solidly grounded neutral in accordance with PUE, paragraph 1.7.3 (in Russ.).]

Правилами устройства электроустановок (ПУЭ)⁶ для жилых помещений (п. 7.1.13 ПУЭ) и для общественных зданий (п. 7.2.9 ПУЭ) [1]. В бытовых условиях без надзора в течение многих лет электросети TN являются периодическими причинами искрений и коротких замыканий (КЗ). Это приводит к многочисленным авариям: взрывам, пожарам, электропоражениям, вызывающим разрушения зданий и гибель людей.

В отличие от международных стандартов по электробезопасности, в электросетях России применяют автоматические выключатели (АВ) и устройства защитного отключения (УЗО) с пониженными требованиями по надежности, которые усугубляют риски взрыво-, пожаро- и электроопасностей в зданиях, где используют однофазное электроснабжение типа TN. Поэтому в жилых и общественных зданиях, где практически отсутствует надзор за состоянием сети (до отказа или аварии), следует применять двухфазные симметричные электросети IT (TT)⁷, критерии безопасности которых на порядок выше, чем для сетей TN.

В 2017–2018 гг. в России произошло 44 случая взрыва бытового газа в жилых домах, которые привели к жертвам и пострадавшим. Самыми разрушительными стали взрывы в Ижевске (09.11.2017 г.) и в Магнитогорске (31.12.2018 г.). В последнем случае затраты на восстановление оценивают в сумму свыше 5 млрд руб. Последние взрывы 08.09.2021 г. – в Ногинске и Екатеринбурге, 11.08.2021 г. – в Ельце. Более десяти погибших и около сотни пострадавших. Общие ущерб бюджету и затраты пострадавшего населения – миллиарды рублей.

Еще С.К. Шойгу, как Министр МЧС, заявлял, что каждый третий пожар и взрыв в ЖКХ вызван электросетями типа TN. Каждый год от поражения электрическим током в РФ погибает до 30 тыс. чел. Уровень электротравматизма в быту России более чем на порядок превышает аналогичный показатель в США и Японии⁸.

Сети TN промышленной частоты (ПЧ) 50 Гц, удлинители сети, шнуры приборов и адаптеров, включенные в сеть, индуцируют в пространство жилого помещения (РМ с ПК, спальню, кухню) на расстояние более 0.5 м широкий спектр гармоник

ЭМП с амплитудой, превышающей предельно допустимые уровни (ПДУ) для РМ с ПК – 25 В/м СанПиН 2.2.4.3359-16, создавая дискомфортные условия для работы и проживания [1].

НЕСОВМЕСТИМОСТЬ САНПИН ПО ЭМП ПЧ ДЛЯ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ И УСЛОВИЙ НА РМ С ПК

Нормы ПДУ ЭМП ПЧ (электрического и магнитного полей – ЭП и МП) СанПиН 2.1.2.2645⁹ для проживающих в помещениях жилых зданиях не соответствуют требованиям ПДУ на РМ с ПК последних СанПиН 2.2.4.3359-16 (п. 7.2.7).

В табл. 1 приведены ПДУ СанПиН 2.2.4.3359-16 значимых (1-й очереди офисного контроля) факторов ЭМП для РМ с ПК в сравнении с ПДУ ЭМП (ЭП и МП) ПЧ СанПиН 2.1.2.2645-10 для условий проживания в жилом помещении. На эти ПДУ (500 В/м и 5 мкТл) много лет ссылаются строители и энергетики, чтобы в жилых и общественных зданиях вместо потенциально опасной в быту сети TN не применять двухфазную симметричную безопасную систему электроснабжения типа IT (ПУЭ, рис. 1.7.4), применение которой снижает риски аварий и не создает дискомфортные условия факторов ЭМП ПЧ [1].

С целью снижения риска аварий, сохранения здоровья дистанционных работников – пользователей РМ с ПК, защиты от неконтролируемых воздействий дискомфортных ЭМП ПЧ и других значимых факторов ЭМП в настоящем исследовании предложены рекомендуемые, достижимые на практике критерии безопасных условий факторов ЭМП при их комплексном действии на РМ с ПК. Рекомендуемые критерии разработаны на основании наших опытных данных, совместимы с показателями ЭМП СанПиН 2.2.4.3359-16 (табл. 1), критериями стандарта STANDARD DER BAUBIOLOGISCHEN MESSTECHNIK 2015 (SBM-2015)¹⁰ (Германия) для спальных мест и принципами Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) [1, 2].

⁹ СанПиН 2.1.2.2645-10. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях. Правила утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 10.06.2010 г. № 64. [SanPiN 2.1.2.2645-10 Sanitary and Epidemiological Requirements for Living Conditions in Residential Buildings and Premises. Approved by the Order No. 64 of 10.06.2010 of the Chief State Sanitary Physician of the Russian Federation (in Russ.).]

¹⁰ Supplement to the Standard of Building Biology Testing Methods SBM-2015 and the associated Building Biology Evaluation Guidelines for Sleeping Areas. [Acting from 5th Draft 5/2015]. Germany: Institut für Baubiologie + Ökologie IBN; 2015. 18 p. [Supplement to the Standard of Building Biology Testing Methods SBM-2015 and the associated Building Biology Evaluation Guidelines for Sleeping Areas. [Acting from 5th Draft 5/2015]. Germany: Institut für Baubiologie + Ökologie IBN; 2015, p. 18.]

⁶ Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Утверждены Приказом Минэнерго России от 08.07.2002 № 204 [Rules of Electrical Installations Design (PUE). Approved by the Order No. 204 of the Ministry of Energy of the Russian Federation on July 8, 2002 (in Russ.).]

⁷ Электрическая сеть с изолированной нейтралью в соответствии п. 1.7.3 ПУЭ [Electrical network with isolated neutral in accordance with PUE, paragraph 1.7.3 (in Russ.).]

⁸ Об активных фильтрах гармоник для «чайников» и правилах выбора фильтрокомпенсирующих устройств. <https://www.mircond.com/blog/ob-aktivnykh-filtrakh-garmonik/>, дата обращения 20.04.2020 [About active harmonic filters for “weasels” and the rules for choosing filter compensating devices. URL: <https://www.mircond.com/blog/ob-aktivnykh-filtrakh-garmonik/>. Accessed April 20, 2020 (in Russ.).]

Таблица 1. Сравнение ПДУ ЭМП на РМ с ПК и ПДУ ЭМП для жилого помещения

СанПиН 2.2.4.3359-16 (8 ч)		ПДУ фона	СанПиН 2.1.2.2810-10* (24 ч)	ПДУ
Напряженность ЭП	5–2000 Гц	25 В/м	50 ± 2 Гц фон ЭП в помещении	500 В/м
	2–400 кГц	2.5 В/м		
Напряженность МП	5–2000 Гц	0.25 мкТл	50 ± 2 Гц фон МП в помещении	5(4) мкТл (А/м)
	2–400 кГц	25 нТл		
Энергия СВЧ	300–300000 МГц	10 мкВт/см ²	300–300000 МГц	10 мкВт/см ²
Напряженность ЭСП		15 кВ/м	–	15 кВ/м
Коэффициент ослабления ГМП – K_r		$K_r \leq 2.0$	–	$K_r \leq 1.5$

Примечания:

1. ЭСП – электростатическое поле, измеряемое по п. 7.3.7.е СанПиН 2.2.4.3359-16. Характеризует суперпозицию полей ГЭП и статического электрического поля в помещении.
2. ГМП – геомагнитное поле; K_r – коэффициент ослабления ГМП по ГОСТ Р 51724 – 01(08)**.

* СанПиН 2.1.2.2801-10. Изменения и дополнения № 1 к СанПиН 2.1.2.2645-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях (с изменениями, внесенными постановлением Правительства Российской Федерации от 31.12.2020 г. № 2403)». [SanPiN 2.1.2.2801-10 Amendments and additions No. 1 to SanPiN 2.1.2.2645-10 Sanitary and epidemiological requirements for living conditions in residential buildings and premises (with amendments approved by the Order No. 2403 of the Russian Government dated 31.12.2020) (in Russ.).]

** ГОСТ Р 51724-2001. Экранированные объекты, помещения, технические средства. Поле гипогеомагнитное. Методы измерений и оценки соответствия уровней полей техническим требованиям и гигиеническим нормативам. М.: ИПК Издательство стандартов; 2001. [GOST R 51724-2001. Shielded facilities, spaces, installations. Reduced geomagnetic field. Methods of measuring and assessment of field intensity compliance with technical requirements and hygiene standards. Moscow: Standartinform; 2001 (in Russ.).]

Основные задачи данной работы – показать причины опасностей при эксплуатации сетей TN в жилых помещениях, безопасность и эффективность использования сетей IT, необходимость самоконтроля рекомендуемых критериев показателей ЭМП ПЧ на РМ с ПК.

Сегодня дискомфортные ЭМП в помещениях зависят не только от качества строительства и внешних условий, но и от самого проживающего, его подготовленности, от использования средств самоконтроля, умения и возможности нормализовать эти условия. Обустройство РМ с ПК необходимо проводить при непрерывном контроле ЭМП ПЧ и других факторов (табл. 1). Периодический контроль нужно выполнять при эксплуатации РМ с ПК, а также при изменении условий в помещении. Используемые приборы контроля – индивидуальные регистраторы изучения (ИРИ) относятся к средствам неразрушающего контроля и не подлежат государственной поверке (ст. 1.23. ФЗ от 26.06.2008 № 102-ФЗ¹¹, ред. от 23.06.2014).

¹¹ Федеральный закон № 102-ФЗ от 26.06.2008 «Об обеспечении единства измерений». [Federal Law No. 102-FZ On Ensuring the Uniformity of Measurements, dated 26.06.2008 (in Russ.).]

ПРИЧИНЫ ДИСКОМФОРТНЫХ УСЛОВИЙ НА РМ С ПК ДЛЯ ДИСТАНЦИОННЫХ РАБОТНИКОВ В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

На миллионах РМ с ПК в офисах, учебных классах, производстве действуют требования и нормы ЭМП (табл. 1), которые должны быть обеспечены для пользователя и при дистанционной работе в жилом помещении. Эти требования впервые были приведены в стандарте MPR 1990¹² (Швеция) и использовались во всем мире в качестве ПДУ на РМ с ПК с дисплеями с электронной трубкой. В 2000-х гг. на РМ с ПК стали применять новые, более безопасные ЖКТ-дисплеи. В тоже время на РМ с ПК стали массово использовать вторичные источники импульсного питания (ВИП): адаптеры, электроприборы, источники света и др., которые искажают токи и

¹² «Шведский стандарт» MPR 1990:10 1990-12-31 комплекса стандартов MPR-II. Справочное руководство пользователя для оценки качества дисплеев. Введен в качестве общеевропейского стандарта с июня 1992 г. директивой Совета ЕЭС от 29.05.1990 г. № 90/270/EEC. [Standard MPR 1990:10 1990-12-31 within MPR II standards developed by the Swedish Board for Technical Accreditation (SWEDAC) as the User's Handbook for Evaluating Visual Display Units. Adopted as European Standard in June 1992 by the Council Directive 90/270/EEC of May 29, 1990.]

напряжения ПЧ 50 Гц в сети TN, индуцируя теперь в помещении паразитный спектр ЭП и МП практически в тех же полосах частот стандарта MPR 1990.

На рис. 1 показаны типичные искажения формы напряжения и тока в трехфазной электросети 50 Гц жилого здания.

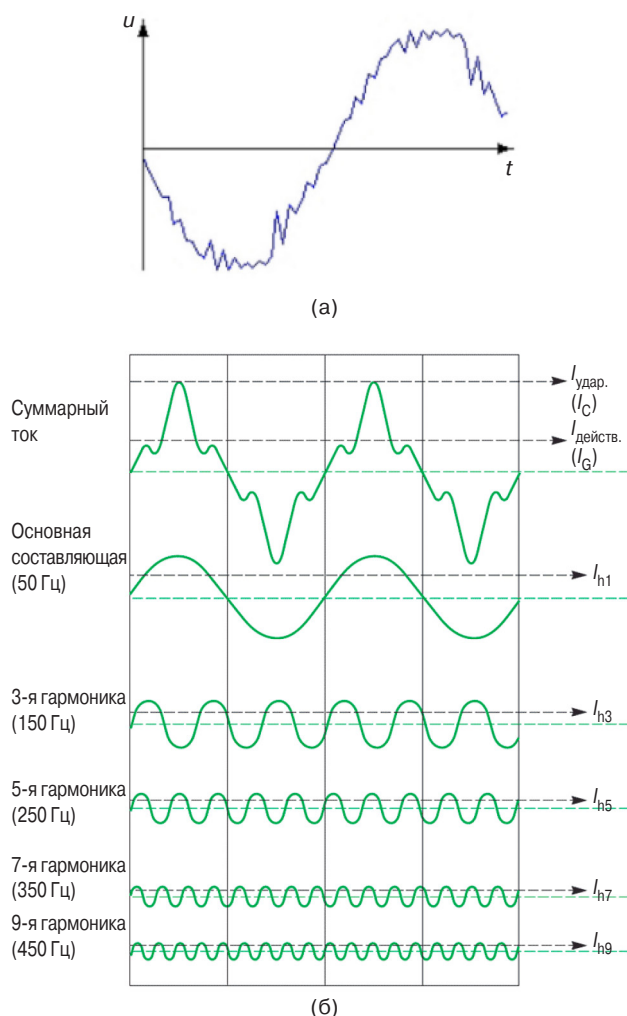


Рис. 1. Типичные искажения форм:
(а) – напряжения;

(б) – токов и их гармоник, искажающих форму тока в трехфазной электросети жилого здания.
Ось x – время t , ось y – амплитуда параметра

Основные причины искажений токов вызваны несимметрией нагрузок потребителей здания по фазам сети и нелинейными нагрузками токов в фазах. Каждая гармоника тока (напряжения) фазы сети TN индуцирует в пространство помещения МП (ЭП), образуя широкополосный спектр, энергия которого может быть больше энергии 1-й гармоники. В СанПиН 2.2.4.3359-16 для офисного РМ с ПК были сохранены требования ЭМП ПЧ (табл. 1) шведского стандарта, поскольку за прошедшее время они продемонстрировали свою эффективность с точки зрения предотвращения вредного воздействия на

пользователей и безаварийность. Сегодня в России действует большой парк приборов, обеспечивающих контроль этих требований.

В новом СанПиН 1.2.3685-21, утвержденном без какого-либо гигиенического обоснования и обсуждения в сети Интернет со специалистами нормы ЭМП для РМ с ПК п. 7.2.7 СанПиН 2.2.4.3359-16 (табл. 1) вообще исключены, а сам СанПиН отменен. Последствия этой инициативы для здоровья пользователей РМ с ПК в офисах теперь непредсказуемы, особенно при дистанционной работе в жилых помещениях, где электросети TN индуцируют неконтролируемые высокие ЭМП ПЧ, превышающие ПДУ для РМ с ПК. Ведь сегодня даже предприниматели и администраторы (строители и энергетики) заинтересованы в условиях безаварийности и сохранении здоровья своих дистанционных работников, от эффективности которых зависит их бизнес, не говоря уже о здоровье детей, беременных женщин, студентов и др.

Показатели СанПиН 2.1.2.2645-10 (табл. 1) и методы их контроля не отражают гигиеническую вредность ЭМП ПЧ в натурных условиях жилых помещений (соответственно и на организуемых РМ с ПК), включая следующие причины:

1. Сегодня до 80% паразитной энергии спектра индукции гармоник ЭП и МП ПЧ, фактически воздействующих на человека в жилых помещениях (рис. 1), не контролируется. Согласно критериям «тепловой концепции», декларируемые в России и используемые в нормативах других стран, например, в «Директиве 2013/35/ЕС»¹³ от 26.07.2013, в диапазоне низких частот нормы ПДУ индукций должны снижаться пропорционально увеличению частоты (минус 6 дБ на октаву). В СанПиН действуют плоские нормы ПДУ, независимо от частоты.

Известно, что плоские, широкополосные нормы ПДУ экспозиций ЭМП полосовых частот в диапазоне 10 кГц – 300 ГГц были установлены еще в СССР в 1960-х гг. (приведены и в новом СанПиН 1.2.3685-21) из соображений секретности, чтобы при измерениях нельзя было узнать узкополосные частоты кодов, излучений гетеродинов, приемо-передатчиков,

¹³ Директива N 2013/35/ЕС Европейского парламента и Совета Европейского Союза «О минимальных требованиях безопасности для работников в отношении рисков, связанных с физическим воздействием (электромагнитные поля) (20-я отдельная Директива в значении статьи 16 (1) Директивы 89/391/ЕЭС), и об отмене Директивы 2004/40/ЕС» [Directive 2013/35/EU of the European Parliament and of the Council of 26 June 2013 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (20th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC) and repealing Directive 2004/40/EC]

антенн. Несовместимость зарубежных норм удельного коэффициента поглощения (SAR) (англ. specific absorption rate) и ПДУ СанПиН требуют лишних затрат на контроль ввозимых средств. Такой подход не приближает гармонизацию российского санитарно-гигиенического нормирования со стандартами развитых стран Запада.

Гармоники в сети вызывают дополнительный нагрев обмоток силовых трансформаторов. Снижается их номинальная мощность и остаточный ресурс. Уровни гармоник в сети производственных зданий (но не в жилых) промышленные стандарты уже нормируют до гармоник № 40 (до 2000 Гц): ГОСТ 32144-2013¹⁴ (по напряжению) и ГОСТ IEC 61000-3-2-2017¹⁵ (по току). Поэтому в ЖКХ чаще повреждается силовое оборудование и происходит несанкционированное отключения электричества.

2. Источниками индукции ЭП и МП ПЧ в помещении (и на РМ с ПК) являются все цепи TN: сети к розеткам и освещению, удлинители сети и др. Самыми интенсивными источниками ЭП, близкими к пользователю, являются только включенные в сеть ~220 В 50Гц удлинители и шнуры ВИП, двухпроводные сети даже без нагрузки. Из-за особенности схемы ВИП (адаптеров) их шнуры индуцируют спектр частот 100–500(2000) Гц ЭП напряженностью $E \geq 25$ В/м на расстоянии до 0.5 м, где первая гармоника ЭП от проводов 100 Гц, а не 50 Гц [3].
3. Энергия экспозиции гармоник ЭП и МП в помещениях будет возрастать в результате массового внедрения источников беспроводной передачи энергии (БПЭ) для зарядки мобильных и переносных устройств, бытовых электроприборов, электромобилей. В США уже более 30% мобильных телефонов заряжаются от источников БПЭ.
4. В СанПиН 2.1.2.2810-10 (табл.1) приведены ПДУ ЭМП ПЧ исходя из того, что в жилых

помещениях действуют индукции ЭП и МП только от однофазных сетей. Но места в помещении и РМ с ПК могут оказаться в зоне вращающихся ЭМП (ВЭМП) ПЧ (ВЭП и ВМП составляющих), индуцируемых трехфазными раскладками кабелей в здании: к кухонным плитам, трансформаторам, инженерному оборудованию здания, этажным щитам, лифтам.

Воздействие ВМП на живые организмы более опасно по сравнению с действием МП от однофазной цепи. ВМП правого направления воздействует менее деструктивно, чем левое. Воздействие левого ВМП является более опасным даже при малых уровнях. Норм на направления ВЭМП нет. Помещение для дистанционной работы должно быть проверено на отсутствие ВМП и ВЭП от внешних и внутренних источников [8–10].

Результаты измерений зон пространственных распределений по четырем направлениям уровней индукций ЭМП ПЧ 50 Гц (МП, ЭП и их эллиптичности) по методике п. 7.3.4. СанПиН 2.2.4.3359-16, индуцируемых 5 видами сухих трансформаторов с литой изоляцией ряда от 1000 кВА до 2500 кВА, которые используются в городских трансформаторных подстанциях и на объектах, приведены в [11].

Около 40 встроенных и пристроенных к зданию в Москве, Московской области и Самаре трансформаторных подстанций оборудованы экранами (тонкостенные стальные листы с решеткой между ними), преобразующими эллиптическое ВМП ПЧ источника в квазилинейную составляющую МП ПЧ (менее опасную), по способу, описанному в [11].

5. Сегодня зарубежные «зеленые организации» рекомендуют (принуждают) строителям обеспечивать в жилых домах жесткие нормы стандарта SBM-2015 (8-я редакция), где рекомендуемый фон ПЧ 50 Гц в помещениях не более 5 В/м и 0.1 мкТл, мотивируя предупредительными принципами ВОЗ в условиях действия на проживающих комплекса бытовых ЭМП и других вредных факторов. Стандарт SBM-2015 методов строительной биологии используется в качестве руководства для профессионалов и независимого тестирования жилых домов по всему миру, в том числе в Европе, Израиле, США, Канаде, Австралии и Новой Зеландии [12].
6. Переход к нормам МП ПЧ на уровне 0.2–0.4 мкТл рассматривается в странах Европейского союза как перспективная цель на ближайшие годы. Принятие решений на уровне ВОЗ ожидается в 2022–2024 гг. [13].

¹⁴ ГОСТ 32144-2013. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Стандартинформ; 2014. [GOST 32144-2013. Electric energy. Electromagnetic compatibility of technical equipment. Power quality limits in the public power supply systems. Moscow: Standartinform; 2014 (in Russ.).]

¹⁵ ГОСТ IEC 61000-3-2-2017. Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-2. Нормы. Нормы эмиссии гармонических составляющих тока (оборудование с входным током не более 16 А в одной фазе). М.: Стандартинформ; 2020. [GOST IEC 61000-3-2-2017. Electromagnetic compatibility (EMC). Part 3–2. Limits. Limits for harmonic current emissions (equipment input current no more 16 A per phase). Moscow: Standartinform; 2020 (in Russ.).]

ПРИЧИНЫ ОПАСНЫХ УСЛОВИЙ В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ, СОЗДАВАЕМЫХ СИСТЕМАМИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ TN

В СМИ электросети типа TN часто называют в числе причин и условий аварий в жилых и общественных зданиях, сопровождаемых жертвами и пострадавшими. По степени потенциального вреда качеству жизни и здоровью людей, затрат на лечение пострадавших, ущерба результатам труда, по затратам на последующее восстановление и ремонт такие аварии следует отнести к чрезвычайно опасным, так как они часто сопровождаются катастрофическим ущербом.

Двухпроводная сеть TN-C¹⁶ среди других типов TN является наиболее частой причиной периодических взрывов бытового газа, пожаров, электротравм и паразитных индукций полей ПЧ 50 Гц в помещениях. Такие сети встречаются в стенах зданий в направлении к розеткам и источникам света (из-за ошибок строителей), при неисправности контакта третьего провода PE¹⁷ и в нештатных удлинителях. Двухпроводную сеть обнаруживают по увеличенной индукции ЭП.

При КЗ проводов сети TN-C неминуем пожар. При обрыве или выгорании нулевого провода PEN¹⁸ на клеммах провода L (фаза) напряжение возрастет до 0.4 кВ. Это опасное для людей напряжение появляется в помещении на всех металлических частях, соединенных согласно п.7.1.78 ПУЭ с проводом PEN. Выгорают включенные в розетки незащищенные электроприборы, адаптеры и источники освещения. Сегодня в России применение сетей TN-C и использование двухпроводных удлинителей сети запрещено пожарными службами.

Несмотря на применение в жилых зданиях модернизированных систем электроснабжения – TN-S¹⁹ и TN-C-S²⁰, установленных ПУЭ (п. 7.1.13),

¹⁶ Электрическая сеть TN с совмещенным заземляющим (PE) и нулевым (N) проводами. [TN electrical network with combined earthing (PE) and neutral (N) wires.]

¹⁷ PE – Protect Earth (защитная земля), защитное заземление. Служит для защиты от поражения электричеством и аварийного отключения дифференциальной защиты и автоматического выключателя при повреждении изоляции в электроприборе с заземленным корпусом. [PE is protective earthing. It is used for protection against electric shock and emergency shutdown of differential protection and circuit breakers in case of insulation failure in electrical appliances with earthed enclosure.]

¹⁸ PEN – проводник, совмещающий функции рабочего и защитного заземления. [Protective earthed neutral (PEN) conductor is a single conductor combining the function of the neutral and protective earth conductor.]

¹⁹ Электрическая сеть TN с отдельными заземляющим (PE) и нулевым (N) проводами [TN electrical network with earthing (PE) and neutral (N) wires.]

²⁰ Электрическая сеть TN с совмещенным в начале сети заземляющим (PE) и нулевым (N) проводами и с отдельными далее заземляющим (PE) и нулевым (N) проводами. [TN electrical network with combined earthing (PE) and neutral (N) wires at the network beginning and separate earthing (PE) and neutral (N) wires further on.]

в домах недавней застройки также периодически происходят взрывы газа, пожары, электропоражения людей. Из ежегодных взрывов бытового газа в домах России около 30–50% инициируется искрением в электросети TN, как правило, при коммутации выключателей освещения, контактов розеток, электроприборов и т.п. Интенсивность искры увеличивается из-за дополнительной энергии разряда распределенной емкости $C_p = 110...130$ пФ/м провода фазы относительно «земли». Поэтому сети TN не рекомендуют использовать в местах возможных концентраций воздушных и пылевых взрывоопасных смесей. Искровой разряд может быть опасен для электронных приборов в случае нарушения цепи заземления (пропадания контакта) и т.п.

Сегодня вся защита от электропоражения и КЗ в сетях TN-S и TN-C-S зданий зависит от скорости срабатывания АВ и УЗО. Часто пожары и электропоражения происходят от низкой надежности контактов этих электромеханических устройств и большого времени срабатывания (до 5 с, п. 1.7.79 ПУЭ) в сетях жилых и общественных зданий. Заключение экспертизы о причине пожара в ТЦ «Зимняя вишня»: «Пожар начался в светодиодном светильнике, который залила талая вода с крыши. Защитные автоматы, которые должны были отключить прибор освещения, а затем и электросеть, не сработали»²¹.

К энергии удара током и искровой коммутации тока в электросетях TN здания всегда добавляется энергия разряда распределенной емкости C_p , вызывая деградацию (эрозию) контактов. В системе TN электромеханические АВ и УЗО нельзя считать средством 100% защиты от КЗ и электропоражений. Необходимы устройства защиты с временем отключения на два порядка меньше, чем в требованиях ПУЭ [1, 2].

ПРИЧИНЫ ДИСКОМФОРТНЫХ УСЛОВИЙ НА РМ С ПК ОТ ЭМП ПЧ ПРИ ДИСТАНЦИОННОЙ РАБОТЕ

Жалобы людей на дискомфортные условия в жилых помещениях часто вызваны воздействиями индукций ПЧ 50 Гц ЭП и МП, даже не превышающими ПДУ СанПиН 2.1.2.2810-10 (табл. 1). Напряжения в электросетях TN, проложенных в стенах, потолке и полу, возбуждают строительную металлическую арматуру и сетки в стенах (не заземленные), индуцируя в помещении паразитное (вторичное) ЭП напряженностью до 25 В/м (ПДУ для РМ с ПК) на расстоянии 0.4–1.0 м от стены. Удлинители сети под ногами пользователя, особенно двухпроводные (на РМ

²¹ Газета «Коммерсантъ» от 24.08.2018 г. [The Kommersant newspaper of August 24, 2018 (in Russ.).]

в России их более 50%), шнуры приборов и адаптеров, настольные (настенные) лампы индуцируют ЭП в окружающее пространство, возбуждая вторичное ЭП в близких к телу металлических предметах: столешница, стул, кресло, поставка, пружинный матрас и др.

Поэтому в процессе размещения РМ с ПК условия на месте пользователя становятся дискомфортными даже тогда, когда все шнуры приборов ИТ-техники, адаптеры только включены в розетки и колодки удлинителей электросети ~220 В типа TN. Напряженность ЭП ПЧ на расстоянии 0.1 м от шнуров и трехпроводных удлинителей может достигать 100–125 В/м, что в 4–5 раз больше установленного СанПиН 2.2.4.3359-16 (табл. 1) ПДУ (25 В/м) для РМ с ПК [1, 2].

Из-за необходимости размножения сети TN (включения шнуров приборов, адаптеров и др.) удлинителями, увеличения числа коммутаций тока при обустройстве и эксплуатации РМ с ПК в жилых помещениях повышается риск взрыво-, пожаро-, электро-, искроопасных и дискомфортных для здоровья пользователя условий, которые никто не контролирует и не обеспечивает. В сети TN опасные условия в помещении часто возникают при обрыве или нарушении контакта проводов рабочего и защитного заземлений еще до помещения, квартиры, этажного щитка и т.д.

В нашей практике было несколько случаев, когда кроватку ребенка-грудничка, где была зарегистрирована напряженность ЭП ~(80–100) В/м от подключенных в розетку шнуров приборов (подогреватель, аэроионизатор, радио-няня и др.), переставляли в другое место помещения и нормализовали условия ЭП менее 10 В/м, и непрерывные болезни ребенка прекращались [2].

БЕЗОПАСНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ РМ С ПК ПРИ ДИСТАНЦИОННОЙ РАБОТЕ

Практически отсутствует статистика аварий и превышение значений ЭП и МП ПЧ в помещениях медицинских учреждений, оборонных предприятий, банков, использующих потенциально надежные, симметричные двухфазные электросети типа IT (TT), выполненные по ГОСТ 50571.28-2006 (МЭК 60364-7-710:2002)²² (рис. 1.7.4 ПУЭ).

²² ГОСТ Р 50571.28-2006 (МЭК 60364-7-710: 2002). Электроустановки зданий Часть 7-710 требования к специальным электроустановкам. Электроустановки медицинских помещений. М.: Стандартинформ; 2007. [GOST R 50571.28-2006 (IEC 60364-7-710: 2002). Electrical installations of buildings. Part 7-710: Requirements for special installations or locations. Medical locations. Moscow: Standartinform; 2007 (in Russ.).]

По результатам испытаний и контроля в зданиях, выполненных в соответствии с РД 153-34.0-15.501-00²³ и РД 153-34.0-15.502-2002²⁴, считаем, что эффективность электросетей IT выше, чем эффективность электросетей TN, по оценке следующих показателей:

- рискам взрыво- и пожароопасности – до 5 раз;
- электробезопасности – более 10 раз;
- электромагнитной безопасности – не менее 10 раз;
- импульсной (молниевой) стойкости – в 1.5–3 раза (гражданская оборона);
- по энергосбережению (снижение утечки тока) – до 5%;
- по сохранению ресурса: изоляции сетей, контактов коммутирующих устройств и снижения скорости электрокоррозии коммуникаций здания – в 2–3 раза и т.д.

Прикосновение к любому проводу сети IT безопасно, вторичные индукции от незаземленных предметов не возникают. Снижаются индукции ЭП ПЧ от удлинителей сети. Традиционные устройства защиты АВ и УЗО, а также электромагнитные экраны в этих сетях более эффективны. При коммутациях тока нагрузок и КЗ энергия искры в несколько раз ниже в результате отсутствия разряда емкости C_p , энергия которой компенсируется разнонаправленными токами смещения от каждого провода сети. Случаи взрыва бытового газа неизвестны [1–3].

В случае КЗ одного из проводников сети IT на «землю», даже если автоматы защиты не сработали, сеть IT превращается условно в сеть TN-C до того момента, пока неисправность не будет устранена. Только при замыкании второго проводника на землю аварийную сеть необходимо отключать от источника питания. Напряжение относительно «земли» от каждого провода сети IT около 110 В. На расстоянии 0.1 м от проводов напряженность ЭП составляет 1–2 В/м, а МП – порядка 10 нТл [2].

Сегодня в квартире или коттедже в месте ввода трехфазной сети TN ~220 В инициативные люди

²³ РД 153-34.0-15.501-00. Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Часть 1. Контроль качества электрической энергии (утв. Минэнерго России 27.12.2000) [RD 153-34.0-15.501-00 Guidelines for monitoring and analyzing the quality of electric energy in general-purpose power supply systems. Part 1. Electrical energy quality control (approved by Ministry of Energy of the Russian Federation on December 27, 2000) (in Russ.).]

²⁴ РД 153-34.0-15.502-2002. Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Часть 2. Анализ качества электрической энергии (утв. Госэнергонадзором 15.07.2002). [RD 153-34.0-15.502-2002 Methodological guidelines for control and analysis of power quality in power supply systems for general purposes. Part 2. Analysis of power quality (approved by Rostekhnadzor on July 15, 2002) (in Russ.).]

устанавливают развязывающий (разделительный, п. 1.7.85 ПУЭ) до 15.0 кВт трансформатор, который транслирует в жилые помещения, на РМ с ПК по тем же проводам уже потенциально безопасную электросеть ИТ или сеть ТТ с заземленной средней точкой (рис. 1.7.5 ПУЭ). Для защиты коттеджей от паразитных индукций ЭП и МП, от заноса паразитных помех по электросети, возникающих при грозе, КЗ, обрыве проводов, развязывающий трансформатор с разделенными обмотками (или с заземленным экраном) и ограничителями перенапряжений устанавливают на границе участка [2].

Для защиты РМ с ПК от ЭП ПЧ сети TN ~220 В используют удобные для применения при дистанционной работе нейтрализаторы, развязывающие ~220 В от «земли», подавляющие ЭП в диапазоне от 5 Гц до 400 кГц, имеющие уровень шума до 20 дБ, например, типа «Циклон-650» (производитель АО НПП «Циклон-Тест»²⁵) с 4 розетками.

²⁵ www.ciklon.ru

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И КРИТЕРИИ УСЛОВИЙ ЭМП ДЛЯ РМ С ПК ПРИ ДИСТАНЦИОННОЙ РАБОТЕ

В табл. 2 приведены значения факторов ЭМП, рекомендуемые для различных по степени вредности и/или опасности РМ с ПК критериев: 1 – комфортные, 2 – допустимые, 3 – безопасные и 4 – недопустимые. Данные значения гармонизированы с критериями стандарта SBM-2015 и принципами ВОЗ.

Контроль уровней факторов ЭМП на РМ с ПК (табл. 2) можно выполнять по методикам п. 7.3.7 и приложения 11 СанПиН 2.2.4.3359-16 до появления новых рекомендованных методик. Критерии 1 и 2 (комфортных и допустимых условий) ЭМП ПЧ в жилых помещениях (и на РМ с ПК) надежно выполняются при условии использования сети ИТ (или сети ТТ) и отсутствии индукций и излучений от внешних источников, превышающих критерии, указанные в табл. 2.

Таблица 2. Рекомендуемые показатели и критерии условий ЭМП на РМ с ПК для дистанционной работы

Показатели		Ед. измерен.	Критерии условий			
			1	2	3	4
Напряженность ЭП относительно земли	5–2000 Гц	В/м	<1	1–5	5–25	>25
	2–400 кГц	В/м	<0.1	0.1–0.25	0.25–2.5	>2.5
Напряженность ЭП без заземления	5–2000 Гц	В/м	<0.3	0.3–1.5	1.5–10	>10
	2–400 кГц	В/м	<0.02	0.02–0.1	0.1–0.5	>0.5
Напряженность МП	5–2000 Гц	нТл	<2.5	2.5–7.5	7.5–25	>50
	2–400 кГц	нТл	<0.25	0.25–0.75	0.75–25	>5
Энергия ППЭ СВЧ	300–300000 МГц	мкВт/м ² мкВт/см ²	<1.0 <10 ⁻⁴	1–100 10 ⁻⁴ –10 ⁻²	100–1000 10 ⁻² –0.1	>1000 >0.1
Напряженность ЭСП	E	кВ/м	<0.1	0.1–0.5	0.5–3.0	>+3.0
Время утечки ЭСП при влажности	t_y (30–60)%	сек	<2.0	2.0–6.0	6.0–15	>15
Коэффициент ослабления ГМП – K_r	$K_r = H_O/H_{II}$	Отношение	<1.1	1.1–1.3	1.3–1.5	>1.5

Примечания:

- Измерения напряженности ЭСП (E) при имитации условий на РМ с ПК и времени утечки (t_y) наведенного заряда ЭСП на полу и диэлектрических материалах РМ с ПК (в том числе учитывая электризацию (одежды, обуви) тела пользователя в движении) по ГОСТ 31610.32-2-2016 / IEC 60079-32-2:2015*.
- Анализ безопасности, контроль и обоснования рекомендуемых критериев факторов СВЧ, ЭСП и ГМП на РМ с ПК в жилых помещениях, где осуществляется дистанционная работа, будет приведены в последующих статьях.
- H_O – интенсивность ГМП открытого пространства; H_{II} – интенсивность ГМП внутри помещения.

* ГОСТ 31610.32-2-2016/ IEC 60079-32-2:2015. Межгосударственный стандарт. Взрывоопасные среды. Часть 32-2. Электростатика. Опасные проявления. Методы испытаний. М.: Стандартинформ; 2017. [GOST 31610.32-2-2016/IEC 60079-32-2:2015. Explosive atmospheres. Part 32-2. Electrostatics hazards. Tests. Moscow: Standartinform; 2017 (in Russ.).]

ОБОСНОВАНИЯ РЕКОМЕНДУЕМЫХ КРИТЕРИЕВ ЭМП (ТАБЛ. 2) НА РМ С ПК

На рис. 2 приведен пример паразитного ЭП 23 В/м, индуцируемого шнуром включенного в сеть ~220 В адаптера на расстоянии ~0.5 м (деревянная линейка), близкого к ПДУ ЭП ПЧ для РМ с ПК (табл. 1). Но по СанПиН 2.1.2.1002-003²⁶ п. 6.4.3.1 (и сегодня) показатель ПДУ ЭМП измеряется на расстоянии 0.1 м от изделия (где для всех ВИП РМ с ПК должно быть ≤ 25 В/м).



Рис. 2. Индукция ЭП 23 В/м на расстоянии ~0.5 м от шнура, включенного в сеть ~220 В адаптера

На рис. 3 приведен пример домашнего РМ с ПК [14]. Видно, что шнуры проводов питания компьютера, ЖКТ-дисплея и ноутбука опускаются вниз по металлической столешнице и включены в розетки колодки удлинителя. Если используется сеть TN, то вторичная индукция ЭП и МП (в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц) от столешницы и шнуров около колен пользователя может составить до 80 В/м и 0.6 мкТл вместо допустимых ПДУ 25 В/м и 0.25 мкТл.

²⁶ СанПиН 2.1.2.1002-00. 2.1.2. Проектирование, строительство и эксплуатация жилых зданий, предприятий коммунально-бытового обслуживания, учреждений образования, культуры, отдыха, спорта. Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям. Санитарные-эпидемиологические правила и нормативы (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 15.12.2000 г., ред. от 21.08.2007 г.). [SanPiN 2.1.2.1002-00. 2.1.2. Design, construction and operation of residential buildings, public utilities companies, education, culture, recreation, and sport institutions. Sanitary and epidemiological requirements for residential buildings and premises. Sanitary and epidemiological rules and regulations (Approved by the Chief State Sanitary Physician of the Russian Federation, December 15, 2000, edited August 21, 2007) (in Russ.).]

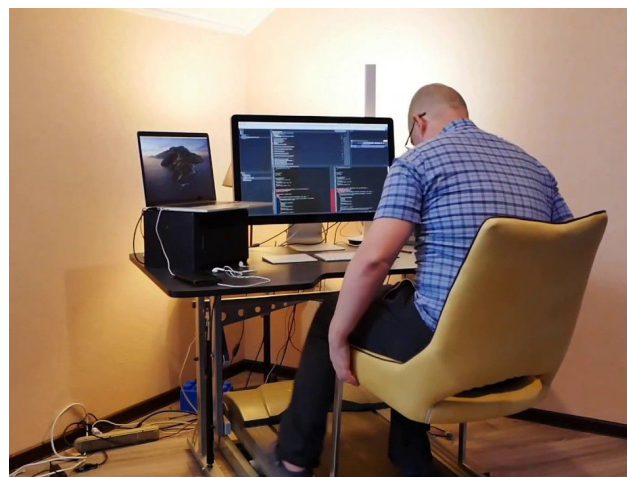


Рис. 3. Пример домашнего РМ с ПК [14]

Другими дискомфортными факторами (рис. 3) могут быть следующие: индукции МП, ЭП, ВМП ПЧ от силовых кабелей за стенами; индукции обратных направлений векторов ГЭП или ЭСП кресла, подставки для ног и ламината пола; ослабление ГМП металлоконструкциями стен; излучения СВЧ от близких приборов: устройства Wi-Fi, платы ноутбука, мобильного телефона (особенно в системе связи GSM). Если используется сеть IT, то ЭП и МП ПЧ будут *автоматически* соответствовать условиям табл. 2.

На РМ с ПК для дистанционной работы надо стремиться обеспечивать показатели и критерии ЭМП (табл. 2), а не ПДУ ЭМП СанПиН (табл. 1) для условий проживания по следующим причинам:

1. Санитарные документы для жилых помещений Научно-исследовательского института медицины труда (НИИМТ – разработчик) содержат ПДУ только для однокомпонентных воздействий факторов ЭМП (табл. 1). К тому же эти ПДУ (500 В/м и 5 мкТл) несовместимы с нормами ЭМП СанПиН 2.2.4.3359-16 для РМ с ПК офисов (25 В/м и 0.25 мкТл).
2. Сегодня в условиях РМ с ПК на пользователя воздействует комплекс факторов ЭМП, каждый из которых может действовать деструктивно на здоровье. Судя по работам медицинских и других специалистов, восприимчивыми к воздействию каждого из факторов ЭМП (табл. 1) являются следующие системы организма: нервная, сердечно-сосудистая, гормональная, иммунная, пищеварительная и репродуктивная [10]. При действии комплекса факторов ЭМП на РМ с ПК, чтобы снизить деструктивные действия на организм пользователя, интенсивность каждого фактора надо снижать.
3. Рекомендованные критерии показателей факторов 4 (табл. 2) более жесткие, чем ПДУ ЭМП

(табл. 1). Учитывалось следующее: использование безопасной сети IT (TT) в помещении, здании; действия ослабленных и искаженных факторов ГМП и ГЭП в помещении; достижимость критериев показателей табл. 2 на практике; снижение ПДУ других физических факторов для 24-часового пребывания, вместо 8-часового – в офисе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Исходя из приведенных результатов, считаем необходимым в жилых зданиях в законодательном порядке выполнить следующие первоочередные мероприятия:
 - заменить систему электроснабжения TN на систему IT (TT);
 - применять более надежные системы коммутации и защиты;
 - внедрить систему самоконтроля условий физических факторов самими проживающими и пользователями РМ с ПК в жилых помещениях, используя современные мобильные средства.
2. Довести до сведения Правительства РФ, региональных властей, населения, инвесторов, строителей, энергетиков следующие требования: при проектировании новых жилых и общественных зданий, реконструкции и капитальном ремонте использовать незаземленную систему электроснабжения типа IT; в процессе эксплуатации зданий рекомендовать на РМ с ПК и спальных местах обеспечивать безопасные и комфортные условия факторов ЭМП, приведенные в табл. 2.
3. Просить руководителя Роспотребнадзора РФ:
 - 3.1. Включить в новый СанПиН 1.2.3685-21 исключенную табл. 7.12 СанПиН 2.2.4.3359-16 – ПДУ показателей ЭМП на РМ с ПК (желательно в редакции показателей табл. 1 данной статьи).
 - 3.2. Способствовать пропаганде самоконтроля условий безопасности ЭМП РМ с ПК дистанционными работниками.

Вклад авторов

Ю.Г. Рябов – формирование идеи статьи; проведение исследований, в т.ч. анализ норм на воздействие ЭМП в российских и зарубежных нормативных документах, анализ опасных условий для РМ с ПК в существующих электрических сетях жилых домов; разработка рекомендаций по уменьшению ЭМП и

формулировка рекомендуемых показателей ЭМП для РМ с ПК в жилых помещениях; написание текста статьи.

Н.М. Легкий – развитие ключевых целей и задач; проведение исследований, в т.ч. анализ средств защиты от электропоражения и КЗ в электрических сетях; анализ «безопасных» систем электроснабжения, необходимых для РМ с ПК в жилых домах; анализ и обобщение данных литературы; формулировка рекомендуемых показателей ЭМП для РМ с ПК для жилых домов; подготовка, создание и форматирование работы.

Г.В. Ломаев – развитие ключевых целей и задач; проведение исследований, в т.ч. анализ параметров российских нормативных документов на ЭМП и интерпретация полученных данных; разработка критериев оценки безопасности электрических сетей в жилых домах; анализ и обобщение данных литературы; формулировка рекомендуемых показателей ЭМП для РМ с ПК для жилых домов; критический пересмотр статьи с внесением ценных замечаний.

Все авторы – утверждение окончательного варианта статьи; интерпретация результатов исследования; формулировка выводов.

Authors' contribution

Yu.G. Ryabov—development of the research concept; conducting research, in particular, analysis of standards for the impact of EMF in Russian and foreign regulatory documents and analysis of dangerous conditions for RM PCs in existing electrical networks of residential buildings; development of recommendations for reducing EMF and formulation of required EMF indicators for RM PC in residential buildings; writing the text of the article.

N.M. Legkiy—design of key goals and objectives; conducting research, in particular, analysis of means of protection against electric shocks and short circuits in electrical networks; analysis of safe power supply systems required for RM PCs in residential buildings; analysis of literature data; formulation of required EMF indicators for RM PCs in residential buildings; writing and editing the text of the article.

G.V. Lomaev—design of key goals and objectives; conducting research, in particular, analysis of the Russian regulatory documents for EMF and interpretation of the data obtained; development of criteria for assessing the safety of electrical networks in residential buildings; analysis of literature data; formulation of required EMF indicators for RM PC in residential buildings; critical revision of the article with the introduction of valuable comments.

All authors—interpreting the study results, formulating the conclusions, and final approval of the version to be published.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рябов Ю.Г., Яковлев Г.Н., Ломаев Г.В., Яшин А.А., Билецкий С.Э. Погода в доме. *Охрана труда и социальное страхование*. 2014;4:60–70.
2. Репин А.А., Ломаев Г.В., Рябов Ю.Г. Преимущества электроснабжения IT (TT) вместо TN в жилых домах. *Стандарты и Качество*. 2020;4:105–109.

REFERENCES

1. Ryabov Yu.G., Yakovlev G.N., Lomaev G.V., Yashin A.A., Biletskii S.E. Weather in the house. *Okhrana truda i sotsial'noe strakhovanie*. 2014;4:60–70 (in Russ.).
2. Repin A.A., Lomaev G.V., Ryabov Yu.G. The advantages of the IT (TT) systems in residential buildings. *Standarty i Kachestvo = Standards and Quality*. 2020;4:105–109 (in Russ.).

3. Dugan R., McGranaghan M., Santoso A., Beaty H. *Electrical power systems quality*. 3rd ed. New-York: McGraw-Hill; 2012. 580 p.
4. Johnson D.O., Hassan K.A. Issues of power quality in electrical systems. *International Journal of Energy and Power Engineering*. 2016;5(4):148–154. <http://doi.org/10.11648/j.ijepe.20160504.12>
5. Khalid S., Dwivedi B. Power quality issues, problems, standards & their effects in industry with corrective means. *International Journal of Advances in Engineering & Technology*. 2011;1(2):1–11.
6. Canteli M.M. Power Quality monitoring. In: Moreno-Muñoz A. (Ed.). *Power Quality: Mitigation Technologies in a Distributed Environment*. London: Springer; 2007. P. 15–40.
7. Большаков О.В., Васильева О.А. О происхождении и измерении гармонических искажений в электрических сетях. В сб.: *Управление качеством электрической энергии*. Сборник трудов Международной научно-практической конференции. М.: ООО «Центр полиграфических услуг Радуга»; 2017. С. 57–75.
8. Архипов М.Э., Куротченко Л.В., Новиков А. С., Субботина Т.И., Хадартцев А.А., Яшин А.А. *Воздействие право- и левовращающихся электромагнитных полей на биообъекты: физические модели и эксперимент*; под. ред. Т.И. Субботиной и А.А. Яшина. М.: Триада; 2007. 200 с. ISBN 978-5-94789-249-9
9. Drandić A., Trkulja B. Transformer electric field calculation using BEM and FEM. *Procedia Engineering*. 2017;202:312–318. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.09.719>
10. Легкий Н.М., Шумилин В.К., Елин А.М. *Современные подходы по организации и проведению работ по оценке и снижению профессиональных и производственных рисков*. М.: Онтопринт; 2021. 512 с.
11. Dixon L.H. *Magnetic field evaluation in transformers and inductors*. Texas Instruments Application Note SLUP171. 2004. 14 p. URL: <https://www.ti.com/lit/ml/slup171/slup171.pdf>
12. Glaria F., Arnedo I., Sánchez-Ostiz A. Advances in residential design related to the Influence of geomagnetism. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2018;15(2):387. <https://doi.org/10.3390/ijerph15020387>
13. Стурман В.И. Пространственное распределение электромагнитных полей промышленной частоты в городе Пушкин (Санкт-Петербург). *Известия Русского географического общества*. 2019;151(6):58–68. <https://doi.org/10.31857/S0869-6071151658-68>
14. Бинги В.Н. *Принципы электромагнитной биофизики*. М.: ФИЗМАТЛИТ; 2011. 592 с. ISBN 978-5-9221-1333-5
3. Dugan R., McGranaghan M., Santoso A., Beaty H. *Electrical power systems quality*. 3rd ed. New-York: McGraw-Hill; 2012. 580 p.
4. Johnson D.O., Hassan K.A. Issues of power quality in electrical systems. *International Journal of Energy and Power Engineering*. 2016;5(4):148–154. <http://doi.org/10.11648/j.ijepe.20160504.12>
5. Khalid S., Dwivedi B. Power quality issues, problems, standards & their effects in industry with corrective means. *International Journal of Advances in Engineering & Technology*. 2011;1(2):1–11.
6. Canteli M.M. Power Quality monitoring. In: Moreno-Muñoz A. (Ed.). *Power Quality: Mitigation Technologies in a Distributed Environment*. London: Springer; 2007. P. 15–40.
7. Bol'shakov O.V., Vasil'eva O.A. On the origin and measurement of harmonic distortions in electrical networks. In: *Upravlenie kachestvom elektricheskoi energii: (Power Quality Management): Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. Moscow: Tsentr poligraficheskikh uslug Raduga; 2017. P. 57–75 (in Russ.).
8. Arhipov M.E., Kurotchenko L.V., Novikov A.S., Subbotina T.I., Khadartsev A.A., Yashin A.A. *Vozdeistvie pravo- i levovrashchayushchikhsya elektromagnitnykh polei na bioob"ekty: fizicheskie modeli i eksperiment. (Impact of right and left rotating electromagnetic fields on biological objects: physical models and experiment)*. Subbotina T.I., Yashin A.A. (Eds.). Moscow: Triada; 2007. 200 p. (in Russ.). ISBN 978-5-94789-249-9
9. Drandić A., Trkulja B. Transformer electric field calculation using BEM and FEM. *Procedia Engineering*. 2017;202:312–318. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.09.719>
10. Legkiy N.M., Shumilin V.K., Elin A.M. *Sovremennye podkhody po organizatsii i provedeniyu rabot po otsenke i snizheniyu professional'nykh i proizvodstvennykh riskov (Modern approaches to organizing and carrying out work to assess and reduce professional and industrial risks)*. Moscow: Ontoprint; 2021. 512 p. (in Russ.).
11. Dixon L.H. *Magnetic field evaluation in transformers and inductors*. Texas Instruments Application Note SLUP171. 2004. 14 p. Available from URL: <https://www.ti.com/lit/ml/slup171/slup171.pdf>
12. Glaria F., Arnedo I., Sánchez-Ostiz A. Advances in residential design related to the influence of geomagnetism. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2018;15(2):387. <https://doi.org/10.3390/ijerph15020387>
13. Sturman V.I. The pattern of power frequency electromagnetic fields in the Pushkin municipal area of Saint Petersburg. *Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshchestva*. 2019;151(6):58–68 (in Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0869-6071151658-68>
14. Bingi V.N. *Printsipy elektromagnitnoi biofiziki (Principles of electromagnetic biophysics)*. Moscow: FIZMATLIT; 2011. 592 p. (in Russ.). ISBN 978-5-9221-1333-5

Об авторах

Рябов Юрий Георгиевич, к.т.н., доцент кафедры инженерной экологии техносферы Института радиоэлектроники и информатики ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119454, Россия, Москва, пр-т Вернадского, д. 78). E-mail: riabovug@mail.ru. <http://orcid.org/0000-0002-3028-8776>

Легкий Николай Михайлович, д.т.н., заведующий кафедрой инженерной экологии техносферы Института радиоэлектроники и информатики ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119454, Россия, Москва, пр-т Вернадского, д. 78). E-mail: legki@mirea.ru. Scopus Author ID 56178415900. <http://orcid.org/0000-0003-1242-5113>

Ломаев Гелий Васильевич, д.т.н., профессор кафедры «Приборы и методы измерений, контроля, диагностики» Ижевского государственного технического университета им. М.Т. Калашникова (426069, Россия, Ижевск, ул. Студенческая, д. 7).

About the authors

Yuri G. Ryabov, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Department of Engineering Ecology of the Technosphere, Institute of Radio Electronics and Informatics, MIREA – Russian Technological University (78, Vernadskogo pr., Moscow, 119454 Russia). E-mail: riabovug@mail.ru. <http://orcid.org/0000-0002-3028-8776>

Nikolai M. Legkiy, Dr. Sci. (Eng.), Head, Department of Engineering Ecology of the Technosphere, Institute of Radio Electronics and Informatics, MIREA – Russian Technological University (78, Vernadskogo pr., Moscow, 119454 Russia). E-mail: legki@mirea.ru. Scopus Author ID 56178415900, <http://orcid.org/0000-0003-1242-5113>

Geliy V. Lomaev, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Department “Instruments and Methods of Measurement, Control, Diagnostics,” Kalashnikov Izhevsk State Technical University (7, Studencheskaya ul., Izhevsk, 426069 Russia).