

Электромагнитные поля. Источники, механизмы возникновения, нормирование, измерение, способы снижения

Введение

Электромагнитные поля являются весьма специфическими факторами производственной среды - факторами, "не имеющими ни цвета, ни запаха", невидимыми и не воспринимаемыми непосредственно органами чувств человека.

Все это может порождать (и порождает на практике) массу вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда работников, в решении которых, в соответствии со своими должностными обязанностями и в соответствии с требованиями профессионального стандарта «Специалист в области охраны труда» [1], должны принимать участие сотрудники служб охраны труда предприятий. Так при проведении специальной оценки условий труда (СОУТ) у комиссии предприятия, в состав которой в обязательном порядке входит специалист по охране труда, могут быть трения и несогласия с экспертами организации, проводящей СОУТ, в части результатов идентификации на тех или иных рабочих местах этих «невидимых и неосознаваемых» факторов. Нередки случаи сомнения членов комиссий предприятий в правильности, достоверности и объективности проведенной экспертом идентификации данных факторов.

Определенные сложности и сомнения возникают у специалистов служб охраны труда при составлении программ производственного контроля этих, не проявляющихся в явном виде факторов. При принятии решений о необходимости и целесообразности контроля для обеспечения безопасности работников тех или иных типов электромагнитных полей в зависимости от выполняемых этими работниками технологических процессов и используемого ими производственного оборудования.

К сожалению, не всегда технически грамотными, технически и экономически целесообразными и обоснованными бывают мероприятия по снижению уровней электромагнитных полей, рекомендуемые для реализации предприятиям испытательными лабораториями по результатам проводимого этими лабораториями контроля на рабочих местах. В этой связи службам охраны труда и техническим службам предприятий несомненно нужно иметь свою квалифицированную и обоснованную точку зрения в таких вопросах, в том числе, с учетом экономических возможностей своего предприятия в реализации тех или иных предлагаемых технических решений.

Усложняет ситуацию тот факт, что электромагнитные поля весьма разнообразны по типам, по частотным диапазонам. Для каждого типа полей, для каждого частотного диапазона существуют свои нормы, свои специфические критерии, свои специфические источники этих полей и свои специфические методы нейтрализации их вредного влияния на работника. Определенные сложности и сумбур в понимании ситуации вносит существующее и явно необоснованное с технической точки зрения многообразие терминологии по электромагнитным полям в действующих в настоящее время нормативных документах.

Изложенный далее материал целевым образом предназначен для специалистов служб охраны труда предприятий и цель его - помочь разобраться в существующем многообразии понятий, норм, критериев оценки, механизмов возникновения этих неосознаваемых факторов на рабочих местах, нюансов их контроля и наиболее оптимальных способов их снижения до безопасных уровней. Знание этого необходимо при решении тех задач, которые стоят перед службами охраны труда при выполнении работ по текущему контролю за безопасностью рабочих мест на предприятии, при специальной оценке условий труда, при периодическом производственном контроле, при разработке и реализации мероприятий по результатам этого контроля.

В полной мере данный материал может быть использован при повышении квалификации сотрудников служб охраны труда и подготовке соответствия их требованиям профессионального стандарта «Специалист в области охраны труда» [1] при выполнении трудовых функций 3.1.4 «Выявление, анализ и оценка профессиональных рисков» и 3.2.2 «Обеспечение контроля за состоянием условий труда на рабочих местах».

Несомненно, предлагаемый материал может быть полезен и техническим службам предприятий. Сотрудники этих служб могут найти в нем информацию и рекомендации по правильной организации тех или иных рабочих мест для исключения вредного влияния существующих на этих рабочих местах электромагнитных полей на работников. Рекомендации по техническому оснащению рабочих мест и рекомендуемые требования к техническим средствам, обеспечение которых не только позволит минимизировать уровни электромагнитных полей на рабочих местах с этими техническими средствами, но и сократить затраты предприятия на выполнение специальной оценки условий труда, производственного контроля и мероприятий по текущему контролю электромагнитной безопасности рабочих мест.

Если на предприятии имеется собственная санитарно-промышленная лаборатория, сотрудники такой лаборатории найдут в этом материале полезные для себя сведения для выполнения измерений тех или иных типов электромагнитных полей, для грамотной оценки результатов выполненных измерений и оформления отчетных материалов.

Последовательно в серии статей, посвященной данной тематике, будут освещены сгруппированные по разделам следующие вопросы.

- Общие характеристики электромагнитных полей, основные понятия. Используемые в части электромагнитных полей термины и определения в сфере охраны труда.
- Типы электромагнитных полей, которые могут присутствовать на рабочих местах и представлять потенциальную опасность для работника, механизмы их возникновения, основные источники в различных сферах хозяйственной деятельности и при выполнении тех или иных технологических процессов.
- Нормирование электромагнитных полей. Нормируемые и измеряемые параметры, нюансы нормирования. Действующие в настоящее время нормативные документы по электромагнитным полям в сфере охраны труда. Новое в нормировании электромагнитных полей в связи с введением с 01 января 2017 года новых санитарных правил (СанПиН 2.2.4.3359-16), устанавливающих требования к факторам производственной среды на рабочих местах.
- Измерение электромагнитных полей. Обязательные требования к измерительным приборам, к методикам измерения и к выполняющим измерения лабораториям в зависимости от целей выполнения измерений. Особенности характеристик приборов для измерения электромагнитных полей, которые могут оказывать влияние на результаты измерений. Нюансы выполнения измерений различных типов электромагнитных полей. Оценка результатов и оформление протоколов. *(Изложение материала данного специализированного раздела - в объеме нужном и полезном специалистам служб охраны труда предприятий в их практической работе).*
- Требования к проведению контроля электромагнитных полей на рабочих местах при специальной оценке условий труда и при производственном контроле. Различия этих требований и связанные с этим проблемы.
- Потенциальная опасность различных типов электромагнитных полей и механизмы их влияния на работника. Методы и технические решения по снижению электромагнитных полей различных типов на рабочих местах и в рабочих зонах до безопасных уровней.

1. Электромагнитные поля. Основные понятия

Определимся вначале с понятиями, которыми мы будем пользоваться при изложении следующего материала.

В нормативных документах, в технической и иной литературе, в обиходной речи и в средствах массовой информации мы часто читаем и слышим целый набор словосочетаний и понятий применительно к рассматриваемым нами здесь факторам окружающей среды, как то:

- магнитные поля;
- электрические поля;
- электростатические поля;
- переменные магнитные поля;
- переменные электрические поля;
- электромагнитные поля;
- электромагнитные излучения;
- электромагнитные колебания;
- электромагнитные волны;
- неионизирующие излучения.

Давайте, попробуем разобраться: чем различаются эти понятия. В чем их возможная разница или, наоборот, возможное сходство. Какова физическая сущность каждого из этих понятий, и какими физическими параметрами они описываются.

Электромагнитное поле - одно из основополагающих физических понятий в современной науке, описывающих процессы физического взаимодействия между телами, атомами и элементарными частицами. Электромагнитное поле - это особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между электрически заряженными частицами и телами [2]. Частные случаи проявления электромагнитного поля - магнитное поле и электрическое поле.

Магнитное поле - поле, действующее на движущиеся электрические заряды и на тела, обладающие магнитными свойствами.

Электрическое поле - поле, действующее на электрически заряженные частицы вне зависимости от их движения.

Если перевести сказанное в более понятное для практики русло, то сформулировать сказанное можно в виде следующих тезисов.

- Магнитные поля существуют всегда там, где есть магнитные материалы или когда течет электрический ток, т.е. когда присутствуют движущиеся электрические заряды;
- Электрические поля существуют всегда там, где есть тела, находящиеся под разными электрическими потенциалами (проводники, находящиеся под напряжением, диэлектрические поверхности с накопленными электрическими зарядами).

Электрические и магнитные поля могут быть как неизменными во времени, так и изменяющимися во времени. Если электрическое или магнитное поле неизменно по своей величине во времени - это т.н. **постоянное электрическое поле** или **постоянное магнитное поле**. Другое, широко используемое на практике, название постоянного электрического поля - **электростатическое поле**.

Изменяющиеся (колеблющиеся) по величине во времени электрические и магнитные поля называются **переменными электрическими полями** и **переменными магнитными полями**.

Электрические и магнитные поля могут существовать как независимо друг от друга, так и во взаимосвязи друг с другом. Когда электрические и магнитные поля существуют во взаимосвязи друг с другом, речь идет в обязательном порядке об электромагнитных полях. Таким образом, понятие "**электромагнитное поле**" на практике используется в двух значениях:

- как обобщенное физическое понятие электрического и магнитного полей;
- как частный случай одновременного существования электрического и магнитного полей во взаимосвязи друг с другом.

При дальнейшем изложении в большинстве случаев понятие "электромагнитное поле" будет использоваться в первом его значении - как обобщенное физическое понятие электрического и магнитного полей.

Исходя из физики своей природы, во взаимосвязи друг с другом электрические и магнитные поля существуют только тогда, когда они являются изменяющимися (колеблющимися) во времени, т.е. когда являются переменными электрическими и магнитными полями. По этой причине часто вместо понятия "**электромагнитные поля**" используют понятие "**электромагнитные колебания**". Фактически понятия "**электромагнитные поля**" и "**электромаг-**

нитные колебания" - синонимы.

Если изменение величины электромагнитного поля происходит во времени с какой-либо определенной периодичностью, то говорят о "*гармонических (синусоидальных) электромагнитных колебаниях*". Временной характеристикой гармонического колебания является **частота** этого электромагнитного колебания, которая измеряется в Герцах (Гц), Килогерцах (кГц), Мегагерцах (МГц), Гигагерцах (ГГц). Один «Герц» - это одно колебание (одно изменение электромагнитного поля) в секунду. Один «Килогерц» - тысяча колебаний в секунду. Один «Мегагерц» - миллион колебаний в секунду. Один «Гигагерц» - миллиард колебаний (миллиард изменений электромагнитного поля) в секунду.

Если частота электромагнитного колебания равна нулю, то электромагнитное поле стационарно, т.е. не изменяется во времени. Такое электромагнитное поле (стационарное поле с нулевой частотой колебания) называется, как уже отмечалось выше, постоянным электрическим полем и постоянным магнитным полем.

Электромагнитные поля могут быть изменяющимися не только во времени, но и в пространстве. Если электромагнитное поле изменяется в пространстве периодически, то говорят об электромагнитных волнах.

Электромагнитные волны - это пространственные электромагнитные колебания, в том числе, распространяющиеся в пространстве электромагнитные колебания. Распространяющиеся в пространстве электромагнитные колебания (электромагнитные волны) также называют "**электромагнитными излучениями**". Примеры электромагнитных излучений - радиоволны, свет, рентгеновские лучи.

Характеристикой электромагнитной волны является **длина волны** - пространственная периодичность существующего электромагнитного поля. Используемые на практике единицы измерения длины волны - метр, сантиметр, миллиметр, микрон, нанометр.

Для гармонического электромагнитного колебания, распространяющегося в воздушной среде существует вполне определенное соотношение между его частотой и его длиной волны.

Электрические и магнитные поля, электромагнитные поля и излучения, не вызывающие ионизацию атомов и молекул, в нормативных документах по охране труда и в гигиенических нормативных документах иногда называют "**неионизирующими излучениями**". С технической точки зрения такое название не совсем корректно. Например, такие типы электромагнитных полей, так электростатическое поле и постоянное магнитное поле не являются излучениями. Но пока такое, в какой-то степени жаргонное понятие в нормативных документах существует и даже присутствует в тексте Федерального закона от 28 декабря 2013 г. № 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда".

Не редкость, когда в технической литературе и в нормативных документах используется аббревиатура словосочетаний "**электромагнитные поля**" и "**электромагнитные излучения**": **ЭМП** и **ЭМИ**, соответственно.

В части классификации различных по частоте электромагнитных колебаний (электромагнитных волн, электромагнитных полей и излучений) нужно отметить, что они разнятся в зависимости от сфер хозяйственной деятельности, в зависимости областей науки и техники.

На практике в различных областях и сферах деятельности используются следующие классификации электромагнитных полей (электромагнитных излучений):

- по частоте электромагнитных колебаний (килогерцовый-, мегагерцовый-, гигагерцовый частотный диапазон);
- по обобщенной характеристике частоты электромагнитных колебаний (крайне низкие-, сверхнизкие-, инфранизкие-, низкие-, высокие-, крайне высокие-, сверхвысокие-, ультравысокие частоты);
- по длине волны электромагнитных колебаний (декаметровые-, метровые-, дециметровые-, сантиметровые-, миллиметровые-, субмиллиметровые волны);
- по обобщенной характеристике длины волны электромагнитных колебаний (сверхдлинные-, длинные-, средние-, короткие-, ультракороткие волны).

Хотелось бы обратить внимание на имеющую место условность этой, существующей на практике классификации. Один и те же электромагнитные поля (электромагнитные излучения) в разных сферах деятельности могут называться совершенно по-разному. И наоборот - одинаковое название в разных областях применения могут иметь электромагнитные поля (электромагнитные излучения), совершенно различные по частоте и по характеру воздействия. Продемонстрировать это можно на следующем примере. Одна из сфер применения электромагнитных полей - индукционный нагрев (индукционное закаливание). По-другому данный процесс называется "нагрев токами высокой частоты". Частоты, на которых осуществляется этот индукционный нагрев - частоты от единиц килогерц до сотен килогерц (в зависимости от нюансов технологического процесса). Таким образом, в области термической обработки металлов под "высокими частотами" понимаются частоты килогерцового диапазона. Но если вы обратитесь к технической литературе в области радиосвязи, то обнаружите, что в этой области такие частоты называют "низкими частотами" и "сверхнизкими частотами".

Об указанном нюансе нужно помнить, когда вы начинаете работу в какой-либо новой для себя сфере производственной деятельности. Первое, что вы должны сделать - внимательно изучить используемую этой сфере терминологию в части классификации электромагнитных полей и адаптировать используемые там понятия и обозначения с той классификацией электромагнитных полей, которая существует в действующих документах по гигиеническому нормированию в сфере охраны труда.

2. Типы электромагнитных полей, их источники и механизмы возникновения

В действующих в настоящее время нормативных документах сферы охраны труда (например, в СанПиН 2.2.4.3359-16 [3]) различают несколько типов электромагнитных полей, которые могут существовать на рабочих местах и могут оказывать вредное влияние на работника, а именно:

- геомагнитные (гипогеомагнитные) поля;
- постоянные магнитные поля;
- электростатические поля;
- электрические и магнитные поля промышленной частоты 50 Гц;
- электромагнитные поля на рабочих местах пользователей персональными компьютерами и средствами информационно-коммуникационных технологий;
- электрические и магнитные поля в диапазоне частот 10-30 кГц;
- электромагнитные поля в диапазоне частот 30 кГц - 300 ГГц.

Справедливости ради нужно отметить, что деление это по типам полей, в значительной степени условное и произвольное. Так, например, в других нормативных документах сферы охраны труда [4] электрические поля диапазона частот 10-30 кГц, магнитные поля диапазона частот 10-30 кГц и электромагнитные поля диапазона частот 30 кГц - 300 ГГц объединены единым названием "электромагнитные излучения радиочастотного диапазона". Относительно условно разделение "постоянных магнитных полей" и "геомагнитных полей". По своей сути геомагнитные поля - это те же постоянные магнитные поля, только естественно происхождения.

Но мы в дальнейшем изложении будем придерживаться приведенной выше классификации - той классификации, которая принята в последнем (введенном с 01 января 2017 года) документе, устанавливающем требования к факторам производственной среды на рабочих местах - в санитарно-эпидемиологических правилах и нормативах СанПиН 2.2.4.3359-16 [3].

Остановимся теперь на каждом из перечисленных типов электромагнитных полей, рассмотрим более детально механизмы их возникновения, определив наиболее значимые и наиболее распространенные их источники в той или иной сфере хозяйственной деятельности.

2.1. Геомагнитное (гипогеомагнитное) поле

Геомагнитное поле - это постоянное магнитное поле Земли. Существование у Земли магнитного поля объясняют процессами, протекающими в жидком металлическом ядре Земли [2].

Геомагнитное поле земли различно по величине в различных географических районах. В магнитных аномалиях оно достигает величины 100 мкТл*, в остальных районах составляет величину от 40 до 70 мкТл, убывая от полюсов к экватору.

За норму геомагнитного поля принята та величина поля, к которому привык тот или иной человек. Другими словами, норма геомагнитного поля для того или иного человека - это естественное поле Земли в районе его местонахождения. Соответственно, с гигиенической точки зрения потенциально вредным при осуществлении какого-либо вида трудовой деятельности является не сама величина геомагнитного поля, а то, насколько эта величина отличается от своего естественного уровня. С этой целью в документах по гигиеническому нормированию введено такое понятие, как "*гипогеомагнитное поле*".

Гипогеомагнитное поле - это измененное геомагнитное поле, реально существующее магнитное поле внутри магнитно экранированного объекта, в котором находится работник, являющееся суперпозицией (композицией) магнитных полей, создаваемых:

- геомагнитным полем, ослабленным экраном объекта;
- полем остаточной намагниченности конструкции объекта;
- полем постоянного тока, протекающего по шинам и частям конструкции объекта (рабочего места).

Согласно СанПиН 2.1.8/2.2.4.2489-09 [5] наиболее неблагоприятные гипогеомагнитные условия (условия, когда магнитное поле внутри объекта значительно отличается от естественного поля Земли в данном районе) могут создаваться:

- в экранированных помещениях (объектах) специального назначения;
- в помещениях (объектах) гражданского и военного назначения, расположенных под землей (в том числе в метрополитене, шахтах, туннелях и др.);
- в помещениях (объектах), в конструкции которых используется большое количество металлических (железосодержащих) элементов (здания из железобетонных конструкций и др.);
- в наземных, водных, подводных транспортных средствах гражданского и военного назначения.

2.2. Постоянное магнитное поле

Как уже отмечалось выше, магнитное поле существуют всегда там, где есть магнитные материалы или когда течет электрический ток, т.е. когда присутствуют движущиеся электрические заряды. Соответственно, основными источниками постоянного магнитного поля являются:

- поля рассеяния постоянных магнитов в специальных технологических установках, в научном оборудовании, при производстве магнитов;
- технологические процессы с использованием постоянного тока (в том числе, где присутствуют движущиеся электрические заряды, например, технологические процессы электролиза);
- линии электропередачи постоянного тока;
- медицинская аппаратура (магнитно-резонансная томография).

Здесь стоит обратить внимание на следующее. При использовании постоянных магнитов, при магнитно-резонансной томографии постоянные магнитные поля носят, как правило, локализованный характер и речь может идти лишь о локальном воздействии постоянного магнитного поля. В технологическом оборудовании с использованием процессов электролиза, в линиях электропередач постоянного тока, возникающее магнитное поле в большей степени "проникает" в окружающее пространство, соответственно, имеет место общее воздействие постоянного магнитного поля на человека.

2.3. Электростатическое поле

Источниками и механизмами возникновения постоянного электрического (электростати-

* Об единицах измерения уровней магнитных и электрических полей подробно будет рассказано в последующих статьях, посвященных данной тематике.

ческого) поля могут быть:

- экраны видеодисплейных терминалов (дисплеев, мониторов) на электронно-лучевых трубках, множительная техника;
- ионизаторы с открытыми электродами;
- электроустановки, распределительные устройства, линии электропередач постоянного тока высокого напряжения;
- электризация перерабатываемого продукта в технологических процессах с движущимися (перемещающимися) диэлектрическими материалами и сырьем в текстильной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной, химической промышленности и пр.;
- технологическое оборудование с использованием электростатического поля в технологическом процессе (электростатическая сепарация, покраска и электростатическое нанесение иных материалов, электрогазоочистка);
- электризация ковровых, диэлектрических покрытий (в особенности в зимний отопительный период с низкой влажностью).

Это далеко не полный перечень возможных источников электростатических полей. Но если проанализировать данный перечень, то из его становится четко понятным: какие бы не были источники электростатических полей, механизмов возникновения этих полей два: - высокое постоянное напряжение и электризация трением.

Таким образом, если на рабочем месте (или вблизи него) присутствуют открытые источники высокого постоянного напряжения, работает технологическое оборудование с перемещением сыпучих веществ, тканей, листовых материалов, если в помещении низкая влажность, способствующая накоплению статического электричества, то это является предпосылками наличия на таком рабочем месте повышенного уровня электростатического поля.

Электростатическое поле, пожалуй, единственный тип электромагнитного поля, наличие которого может идентифицироваться по косвенным признакам без применения специальных средств контроля. Если "бьет током" при прикосновении к металлическим предметам, если прилипают друг к другу листовые материалы (листы бумаги, ткани) - это предпосылки того, что в окружающем пространстве существует электростатическое поле, уровень которого может превышать допустимые гигиенические нормативы.

Продолжение в следующем номере журнала

Литература

1. Профессиональный стандарт «Специалист в области охраны труда» (утв. приказом Минтруда России от 4 августа 2014 г. № 524н).
2. Физический энциклопедический словарь. -М.: Сов. Энциклопедия, 1983. - 928 с.
3. СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах (введены в действие с 01 января 2017 года).
4. Методика проведения специальной оценки условий труда. Приложение № 17 (утв. приказом Минздравсоцразвития России от 24 января.2014 г. № 33н).
5. СанПиН 2.1.8/2.2.4.2489-09 Гипогеомагнитные поля в производственных, жилых и общественных зданиях и сооружениях.