



НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ БЕЗОПАСНОСТИ ИНДУКЦИОННЫХ ПЕЧЕЙ

В. М. Сойфер

Рассмотрены проблемы, связанные с возникновением электромагнитных полей при работе индукционных печей. Описаны меры по защите работающих от воздействия электромагнитных полей: правильный выбор типа печей, наличие экранирующих магнитопроводов, указание в технологических инструкциях расстояния нахождения работающих от печи и соблюдение этого расстояния. Приведены нормы напряженности магнитного поля, действующие в различных странах.

Problems encountered with the occurrence of electromagnetic fields in operation of induction furnaces are considered. Measures for protection of workers from the action of electromagnetic fields are described, namely: proper selection of type of furnaces, presence of screening magnetic cores, indication of distance of workers location from the furnace in technological instructions and keeping this distance. Standards of magnetic field intensity, existing in different countries, are given.

Ключевые слова: индукционные печи; безопасность; электромагнитные поля; частота тока; напряженность магнитного поля; нормы напряженности

Индукционные печи создают электромагнитные поля, как известно, отрицательно влияющие на человека. При работе индукционных печей возникают проблемы биоэлектромагнитной совместимости обслуживающего персонала [1]. Электромагнитные поля снижают работоспособность, повышают утомляемость, вызывают головные боли, бессонницу, изменение кровяного давления и пульса [2]. Известны работы ученого Мюнхенского университета Отто Петровича о взаимосвязи электромагнитных полей с онкологическими заболеваниями [3]. Доктор Петрович показал, что электромагнитные поля представляют значительную угрозу раковых заболеваний, особенно опухолей нервных сетей, головного мозга и лейкемии. Профессор обращает внимание на большой вред, наносимый электромагнитными полями высокой частоты. При этом, если электрические поля воздействуют только на поверхность тела, то магнитные поля — на сердце, ток крови, беспрепятственно проникают внутрь тела [4]. Поэтому при использовании индукционных плавильных печей необходимо принимать меры по защите работающих от воздействия электромагнитных полей.

Одной из таких мер является правильный выбор типа печей. Наименее опасны в этом отношении канальные печи, у которых напряженность H магнитного поля на рабочей площадке равна нулю, так как магнитные поля поглощаются сердечником. Проведенные замеры напряженности магнитного поля на рабочей площадке канальных печей на двух пред-

приятиях (фирме АББ, Германия и НИИСЛ, Одесса) показали одинаковый результат — нуль. Поэтому, если есть возможность применения канальных печей, то им нужно отдавать предпочтение.

Во многих случаях есть выбор между индукционными плавильными печами средней и промышленной частоты. Исследования показывают, что при прочих равных условиях печи промышленной частоты имеют более высокий уровень напряженности магнитного поля, чем печи средней частоты. Это, например, нашло отражение в различных немецких нормах напряженности магнитного поля для промышленной и средней частоты (табл. 1, рис. 1, 2). В России действуют нормы СанПиН 2.2.4.723–98 «Переменные магнитные поля промышленной частоты (50 Гц) в производственных условиях». Они устанавливают предел напряженности магнитного поля за 8 ч пребывания 80 А/м. При этом следует отметить, что в России с 1985 до 1998 г. действовали санитарные нормы № 3206, согласно которым для магнитных полей промышленной частоты была установлена норма 1400 А/м, т. е. в 1998 г. она была ужесточена в 17,5 раза — до 80 А/м.

Таблица 1. Немецкие нормы напряженности (А/м) магнитного поля в промышленности

Наименование норм	Рабочая частота тока, Гц		
	50	1000	10000
UW	6400	800	160
VDE 0848	4000	1000	400
Новые правила Немецкого профессионального общества точной механики и электротехники	1000	65	65

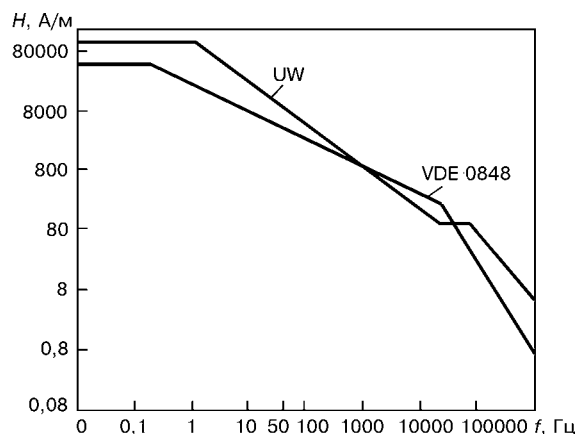


Рис. 1. Зависимость напряженности магнитного поля от частоты тока по нормам Германии (время воздействия 8 ч)

В России, к сожалению, отсутствуют нормы напряженности магнитного поля для средних частот (от более 60 до 10000 Гц), несмотря на то, что в промышленности работает достаточно большое количество индукционных печей средней частоты, в основном в пределах 250... 2500 Гц.

Наши исследования показывают, что если нормативный нижний предел напряженности магнитного поля для печей промышленной частоты составляет 80 А/м, то для печей средней частоты фактические значения по нашим замерам — 54 А/м (табл. 2).

Необходимо учитывать также, что печи средней частоты имеют по сравнению с печами промышленной частоты и другие преимущества: большой термический коэффициент полезного действия, работают в загрузочном режиме («без болота»), более маневренны в смысле сменности работы и замены сплава. Нами обобщен опыт некоторых фирм по переводу индукционных плавильных печей с промышленной частоты на среднюю, проведена оценка различных конструкций индукторов.

Опыт турецкой фирмы «Эгес» показывает, что перевод индукционных плавильных печей емкостью от 1,6 до 3 т с промышленной частоты 50 Гц на среднюю частоту 250 Гц привел к повышению мощности в 1,4–2 раза и производительности печи в 1,7–3 раза. Индукционные печи фирмы «Эгес»

Таблица 2. Результаты замеров напряженности магнитного поля у печей средней частоты

Фирма-изготовитель печи	Емкость печи, кг	Рабочая частота тока, Гц	Мощность, кВт	Напряженность магнитного поля на расстоянии 1 м по горизонтали от печи, А/м
«Эгес», Турция	1000	1000	600	17,1
«РЭЛТЭК», Россия	400	2400	320	40
«АББ», Германия	4500	500	—	56
	500	1000	300	80
	12000	240	9300	80
	2000	370	2000	50

В среднем 54

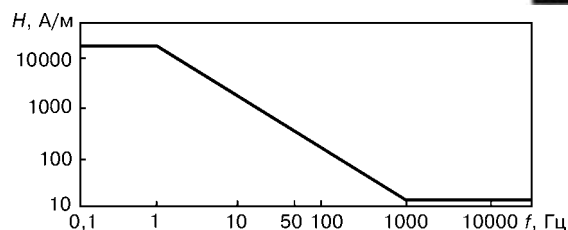


Рис. 2. Зависимость напряженности магнитного поля от частоты тока по новым нормам Немецкого профессионального общества точной механики и электротехники (время воздействия 8 ч)

отличаются оригинальной конструкцией индуктора, монолитно помещенного в огнеупорный бетон на глиноземной основе. Испытания герметичности индуктора проводятся при давлении 3,0... 3,5 МПа, т. е. в 5–6 раз выше рабочего давления (при норме 1,5 значения рабочего давления). В последние годы индукционные печи средней частоты все более широко применяются не только для выплавки стали, но и для выплавки чугуна и цветных сплавов [5].

Существенным фактором, влияющим на напряженность магнитных полей индукционных плавильных печей, являются экранирующие магнитопроводы, наличие которых в конструкции печи необходимо. Приведем пример. На турецкой фирме «Эгес» печь емкостью 300 кг, рабочей частотой 500 Гц и мощностью 600 кВт создавала на рабочей площадке на расстоянии 1 м от печи напряженность магнитного поля 1028 А/м. Затем в конструкцию печи были введены шихтованные магнитопроводы из трансформаторной стали. Замеры, проведенные практически на аналогичной печи с магнитопроводами емкостью 1000 кг, рабочей частотой 1000 Гц и мощностью 600 кВт, показали, что напряженность магнитного поля составила 17 А/м, то есть в 60 раз меньше. Существенно снизилась после введения магнитопроводов напряженность магнитного поля и у среднечастотных печей российского завода «РЭЛТЭК». Исследования, проведенные учеными Ганноверского и Падуанского университетов, показывают, что магнитопроводы позволяют уменьшить влияние магнитного поля на обслуживающий персонал, работающий вблизи индукционных установок для нагрева заготовок, на 20... 70% [1]. Поэтому предприятия, приобретающие индукционные печи, должны следить за тем, чтобы они были снабжены защитными экранами — магнитопроводами.

Практика показывает, что индукционные установки для нагрева заготовок имеют меньшую напряженность магнитного поля, чем плавильные печи. Так, например, на заводе «РЭЛТЭК» в г. Екатеринбург у плавильной печи емкостью 400 кг, частотой 2400 Гц и мощностью 320 кВт напряженность магнитного поля составляла 40 А/м, а у индукционной нагревательной установки для термообработки сварных швов при той же частоте, но мощности 50 кВт — 1,9 А/м. С другой стороны, в примере, который мы привели по фирме «Эгес», когда ввод шихтованных магнитопроводов из трансформатор-

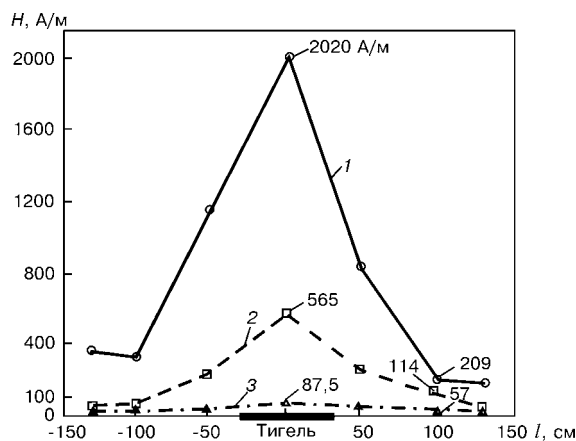


Рис. 3. Зависимость напряженности магнитного поля индукционной печи от расстояния от центра печи: 1 — 6 см; 2 — 50 см; 3 — 100 см

ной стали снизил напряженность магнитного поля в 60 раз, печи в обоих случаях имели одинаковую мощность — 600 кВт.

Большое значение для определения напряженности магнитного поля имеет расстояние точки замера от печи. На фирме АББ были выполнены замеры напряженности магнитного поля у печи емкостью 2000 кг, частотой 370 Гц и мощностью 2000 кВт с изменением расстояния от центра печи вверх по вертикали и по горизонтали. Эти замеры показали следующее. На расстоянии 6 см от центра печи по вертикали напряженность магнитного поля составила 2020 А/м, на высоте 50 см — 565 А/м и на высоте 100 см — 87,5 А/м. На расстоянии 100 см по горизонтали от печи эти значения составили соответственно 209; 114 и 57 А/м (рис. 3). Эти факторы необходимо учитывать при разработке инструкций по технике безопасности для производственного персонала. В этих инструкциях должно быть точно указано, на каком расстоянии от печи должен находиться сталевар (плавильщик) в те периоды, когда он не выполняет технологических операций непосредственно с металлом и шлаком.

Жесткие требования по напряженности магнитных полей установлены для высоких частот. ГОСТ 12.1.006–84 «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и

требования к проведению контроля» устанавливает требования по напряженности магнитного поля для диапазона частот 60 кГц... 300 МГц. Этот стандарт действует совместно с санитарными правилами и нормами СанПиН 2.2.4/2.1.8.055–96 «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)», которые учитывают время воздействия электромагнитного поля. При воздействии в течение 8 ч уровень напряженности магнитного поля не должен превышать 5 А/м. Для сравнения можно привести японские нормы Q7422D5001–06, в которых этот интервал частот разделен: при частотах от 30 кГц до 30 МГц норма напряженности магнитного поля составляет 4,9 А/м (практически как российские нормы — 5 А/м), а в диапазоне 30... 300 МГц норма очень низкая — 0,163 А/м. Еще ниже норма напряженности магнитных полей высокой частоты от 21.08.2001 г. Немецкого федерального ведомства по защите от излучений. В диапазоне частот от 10 до 400 МГц эта норма составляет 0,073 А/м.

Проведенные нами замеры напряженности магнитного поля на рабочих местах высокочастотных установок, работающих в диапазоне частот 66... 440 кГц, показали, что эта величина находится в пределах 1... 3 А/м.

На предприятиях, где работают индукционные печи, необходимо периодически проводить контроль напряженности магнитного поля в рабочей зоне.

1. *Современные энергосберегающие электротехнологии* // Координатор проекта профессор S. Lupi. — Санкт-Петербург: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2000. — 548 с.
2. *Кувалдин А. Б. Воздействие переменного электромагнитного поля на персонал электроустановок промышленных предприятий (обзор)* // *Электрометаллургия*. — 2002. — № 3. — С. 33–37.
3. *Кувалдин А. Б. Методы электромагнитной обработки* // Там же. — № 5. — С. 46–47.
4. *Petrovicz O. Aktueller Kenntnisstand biologischer Wirkungen electromagnetischer Felder: Wie Sind Gesundheitsrisiken zu beurteilen* // *Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Electrowärme*, 18–19 October, 2001. — 9 s.
5. *Граузедел Д., Шлюкебер Д., Донбах Ф. Реализация специальных технологических и металлургических задач в индукционных печах средней частоты* // *Литейщик России*. — 2003. — № 5. — С. 20–23.

АНО «НТЦ «Стандартэлектро-С», Москва

Поступила 01.12.2003