Ответ на рецензию Я. М. Хазана

© Н.Л. Миронцов, 2013

Институт геофизики НАН Украины, Киев, Украина

Поступила 21 марта 2013 г.

Представлено членом редколлегии В. И. Старостенко

Автор выражает благодарность уважаемому рецензенту за его внимание к работе и высказанные замечания, которые, однако, не всегда могут быть учтены из-за их неприменимости при решении практических задач электрического и индукционного каротажа.

Приведенное в тексте жирным шрифтом — отрывки из текста рецензии Я.М. Хазана, обычным — комментарии к ним.

"... В главе 4 предлагается "новый метод" оперирования погрешностями измерений, который находится в полном противоречии не только со стандартными методами статистики, но и с элементарным здравым смыслом. Допустим, что некоторая величина измеряется несколько раз ..."

Допущение не относится к задачам классического электрического и индукционного каротажа: в них *ни одна величина не измеряется несколько раз*. Есть, конечно, и другие типы каротажа, например, гамма-гамма каротаж. Там действительно возникают вопросы статистической обработки измерения. Поэтому не стоит так категорично переносить понятия о задачах из одной области в другую.

Кроме того, речь идет не об **"оперировании с погрешностями измерений"**, а исключительно о восстановлении связи между доверительными интервалами измеряемых величин и рассчитываемых по ним доверительным интервалам значений параметров искомой геоэлектрической модели (с. 154). Так что неверная трактовка решаемых задач не может быть основой для замечаний.

"... Эта "идея" иллюстрируется рис. 5.2 на с. 142 и рис. 1, приведенном ниже, из которого видно, что "по Миронцову", чем сильнее различаются два измерения, тем точнее определен результат, т. е. чем больше разброс, тем лучше! Еще в большем противоречии со здравым смыслом находится ситуация, когда выполнено много измерений некоторой величины. Чем больше измерений, тем больше вероятность того, что среди них встретятся два измерения, лежащие на "хвостах" функции распределения, для которых интервалы $(A_i \pm \sigma_i)$ не имеют общих точек. Это означает, что пересечение двух этих интервалов, а значит, всех интервалов для всех измерений образует пустое множество, т. е. для этого случая, для которого есть очевидный, правильный и статистически хорошо обоснованный ответ, вообще невозможно указать правильный результат измерений, действуя "по Миронцову".

Во-первых, речь идет не о пересечении и разбросе "измерений", а о пересечении интервалов определяемых параметров модели, как это показано на рис. 1 (рис. 5. 1, с. 140).

Из этого рисунка как раз следует, что сами измерения (кажущиеся сопротивления) вообще могут не пересекаться (потому что они разные по сути: получены разными зондами, и только размерность у них одинаковая), а вот доверительные интервалы определяемых по ним геоэлектрических параметров среды имеют пересечение, которое и будет решением.

Предположим, что на всем рабочем диапазоне двух зондов совпадают их интервалы измерения (ось ординат) — тогда (как это, в том числе, видно из рисунка) эти зонды одинаковые. Но в электрическом или индукционном каротаже не используют одинаковых зондов, поскольку это не дает дополнительной информации для восстановления параметров разреза.

Кроме того, в тексте монографии подробно описано (с. 154), что́ следует из того, если пересечение определенных предложенным методом допустимых интервалов параметров модели является пустым и, как ни странно, сколь действительно полезную информацию такой факт несет интерпретатору данные такого каротажа.

Теперь несколько частных комментариев к этому "замечанию".

1. **"... Еще в большем противоречии со здравым смыслом находится ситуация, когда вы-**

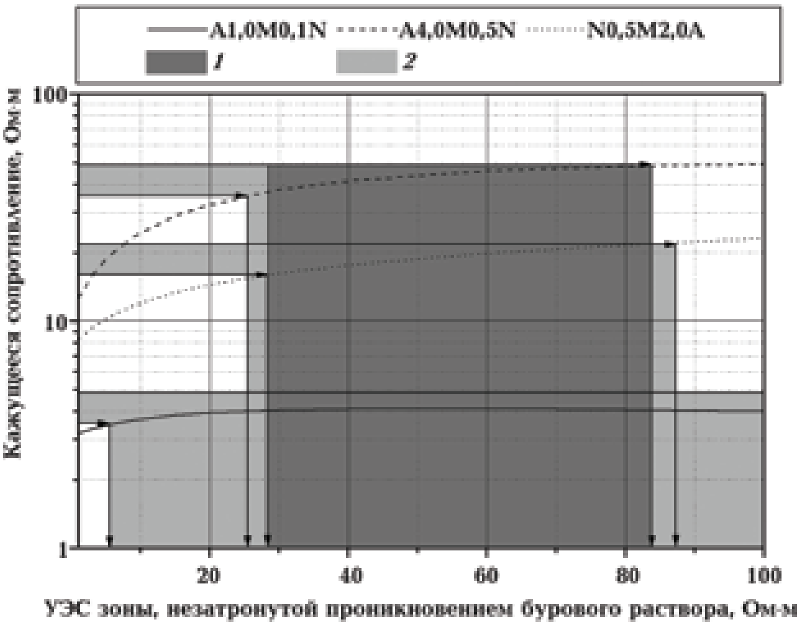

Рис. 1. Пример определения пересечения интервалов допустимых значений УЭС зоны, незатронутой проникновением бурового раствора для различных зондов: *1* — зона пересечения; *2* — области допустимых значений для зондов по отдельности (остальные параметры модели считаем известными).

полнено много измерений некоторой величины ...".

Напоминаем (см. выше): в электрическом и индукционном каротаже *не выполняется много измерений одной величины*. Параметры модели определяются по совокупности измерений, полученных *различными* зондами, т. е. определяются по *разным* измерениям, полученным *разными* зондами (один зонд — одно измерение), а не по нескольким измерениям, полученным одним зондом.

2. **"... Координаты векторов $\mathbf{g} + \boldsymbol{\delta}\mathbf{g}$, являющихся элементами в этом пространстве, — это интервалы типа $(A_i \pm \sigma_i)$, где A_i, σ_i — значение и среднеквадратичная погрешность i-й измеряемой величины ($i = 1, ..., m$) ...".**

Относительно среднеквадратичной погрешности и неиспользования статистики к задачам электрического и индукционного каротажа сказано выше. А σ_i везде в тексте обозначает исключительно электрическую проводимость.

"... Пространство G, "по Миронцову", — это пространство измеряемых величин (с. 120). Координаты векторов $\mathbf{g} + \boldsymbol{\delta}\mathbf{g}$, являющихся элементами в этом пространстве, — это интервалы типа $(A_i \pm \sigma_i)$, где A_i, σ_i — значение и среднеквадратичная погрешность i-й измеряемой величины ($i = 1, ..., m$). Объем m-мерного параллелепипеда вычисляется точно так же, как площадь прямоугольника или объем трехмерного параллелепипеда, и равен просто произведению длин его ребер, т. е. $V = (2\sigma_1)(2\sigma_2) = = (2\sigma_m)$.

Совершенно очевидно, что это произведение не может играть роль величины, влияющей на минимизацию функционала, потому что величин λ_i должно быть столько, сколько измеряемых параметров, а "объем m-мерного параллелепипеда" может быть только один. К тому же он зависит только от погрешностей регистрации и потому не влияет на процесс минимизации ..."*.

* Речь идет, видимо, о замене минимизации функционала →

$$F\left(\rho_1^T, ..., \rho_n^T\right) = \frac{1}{n}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\rho_i^T - \rho_i^P}{\delta_i\,\rho_i^T + \chi_i}\right)^2},$$

где n — количество зондов аппаратуры; ρ_i^T — рассчитанные значения кажущегося сопротивления (КС) для рассматриваемой модели; ρ_i^P — фактически полученные КС; δ_i — относительная погрешность i-го

Попробуем прояснить, что происходит на самом деле. Приведем иллюстративный пример определения величин λ_i, который наглядно покажет, что их именно столько, сколько зондов в комплексе.

Пример 1 (двумерный: два неизвестных параметра). Пусть есть данные измерения УЭС двумя разными зондами: $\rho_1 = 23,12770$; $\rho_2 = 34,125429$ Ом · м.

Необходимо определить два неизвестных параметра модели пласта $\rho_{\text{зоны}}$ и $\rho_{\text{пласта}}$.

Используем таблицу рассчитанных значений (с. 153), связывающих доверительные интервалы измерения со значениями параметра модели.

Результат определения допустимых параметров модели по первому зонду (см. выделенные зоны):

$$\rho_{\text{зоны}} = 26,97172 \div 30,66734 \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

$$\rho_{\text{пласта}} = 25,52254 \div 29,28160 \text{ Ом} \cdot \text{м}; \quad (1.1)$$

по второму зонду:

$$\rho_{\text{зоны}} = 25,83708 \div 29,46469 \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

$$\rho_{\text{пласта}} = 26,73983 \div 30,43290 \text{ Ом} \cdot \text{м}. \quad (1.2)$$

Соответственно (при равнозначной ценности определения этих параметров для заказчика геофизических услуг, см. с. 146), получаем ответ задачи:

$$\lambda_1 = (30,66734 - 26,97172)\,(29,28160 - 25,52254) = = 3,69562 \cdot 3,75906 = 13,89205; \quad (2.1)$$

$$\lambda_2 = (29,46469 - 25,83708)\,(30,43290 - 26,73983) = = 3,62761 \cdot 3,69307 = 13,39701. \quad (2.2)$$

Это и есть решение задачи при использовании табличного подхода.

Пример 2 (одномерный: один неизвестный параметр) аналогичен примеру 1, неизвестен только параметр $\rho_{\text{пласта}}$ ($\rho_{\text{зоны}}$ считается известным и в решении не участвует).

Тогда по аналогии с (2.1), (2.2) записываем:

$$\lambda_1 = (29,28160 - 25,52254) = 3,69562;$$

$$\lambda_2 = (30,43290 - 26,73983) = 3,62761,$$

т. е. имеем два значения для двух зондов при одном неизвестном параметре модели.

Это наглядно показывает, что рассчитывается ровно столько различных значений λ_i, сколько имеется зондов.

Другое дело, что в таком простом иллюстративном примере и с использованием таблицы вычислить значения параметров можно и без расчета λ_i, найдя пересечение соответствующих интервалов в (1.1) и (1.2).

"... Только в одномерном случае, когда обратная задача решается по единственному

Таблица

Доверительные интервалы измеряемых параметров		Параметры модели	
ρ_1	ρ_2	$\rho_{\text{зоны}}$	$\rho_{\text{пласта}}$
17,30400 ÷ 22,69600	27,23733 ÷ 32,76267	31,89505	24,28200
18,31352 ÷ 23,68648	28,24594 ÷ 33,75406	30,66734	25,52254
19,32218 ÷ 24,67782	29,25400 ÷ 34,74600	29,46469	26,73983
20,33009 ÷ 25,66991	30,26158 ÷ 35,73842	28,28320	27,93709
21,33733 ÷ 26,66267	31,26871 ÷ 36,73129	27,11973	28,11694
22,34400 ÷ 27,65600	32,27543 ÷ 37,72457	26,97172	29,28160
23,35015 ÷ 28,64985	33,28178 ÷ 38,71822	25,83708	30,43290
24,35585 ÷ 29,64415	34,28778 ÷ 39,71222	24,71408	31,57240

зонда; χ_i — абсолютная погрешность i-го зонда, минимизацией функционала

$$F\left(\rho_1^T, \ldots, \rho_n^T\right) = \frac{1}{n}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\rho_i^T - \rho_i^P}{\lambda_i\,\rho_i^T}\right)^2},$$

где λ_i, $i = \overline{1, n}$, — погрешности инверсии при заданных погрешностях измерения δ_i^P, $i = \overline{1, n}$, и χ_i^P, $i = \overline{1, n}$ (с. 143, 146).

(! — Я. Х.) измерению, использование объема "*m*-мерного параллелепипеда" не является полностью бессмысленным (при этом он, правда, вообще не нужен). Именно этот единственный пример значения параметра λ приведен на с. 146: "Для одномерного случая это как раз и будет длина допустимого интервала значений параметра" ...".

Пример одномерного случая приведен выше. Возможно, уважаемый рецензент определяет размерность по количеству зондов, а не по количеству искомых параметров? Тогда возникает вопрос, как по одному измерению одним зондом можно восстановить, например, все параметры трехслойной модели пласта? Если бы это было возможно — не использовали бы многозондовые системы, довольствуясь только каким-то одним.

"... "Нововведение" Миронцова сформулировано на с. 159: "Воспользуемся теоремой о свертке, записанной ... относительно не интеграла Фурье, а ряда". В теореме о свертке никакого упоминания о рядах нет и быть не может, поскольку ряды Фурье задаются на конечном отрезке, в отличие от интеграла свертки, который вычисляется по всей оси ...".

На практике дело обстоит таким образом, что о понятии "на всей оси", которая в случае использования интегралов должна быть еще и *бесконечной*, в случае каротажа говорить даже не приходится. Хотя бы потому, что интервалы записи каротажа (интервалы, на которых проводятся измерения в скважине), содержащие интересные для Заказчика группы продуктивных пластов, принципиально ограничены длиной. Именно поэтому нам необходимо оперировать именно *рядами* Фурье (т. е. обрезать интервал решения).

В части стилистики — замечание принимается. Наверно, правильнее и понятнее было бы написать: "воспользовавшись идеей теоремы о свертке, попробуем ее развить и для рядов", и уже потом приводить следующие выкладки.

Переместим нуль оси z в центр интервала L и рассмотрим уравнение

$$\tilde{\sigma}(z) = \int_{-L/2}^{L/2} g(z')\,\sigma(z-z')\,dz'.$$

Найдем выражение для искомой функции $\sigma(z)$ при известных $g(z)$, $\tilde{\sigma}(z)$. Для этого функции, входящие в приведенное уравнение, представим в виде ряда Фурье:

$$\tilde{\sigma}(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \tilde{\sigma}_n\, e^{-i\frac{2\pi}{L}nz},$$

$$\sigma(z-z') = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sigma_n\, e^{-i\frac{2\pi}{L}nz}\, e^{i\frac{2\pi}{L}nz'},$$

$$g(z') = \sum_{n=-\infty}^{\infty} g_n\, e^{-i\frac{2\pi}{L}nz'}.$$

Тогда

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} \tilde{\sigma}_n\, e^{-i\frac{2\pi}{L}nz} =$$

$$= \int_{-L/2}^{+L/2} \left(\sum_{k=-\infty}^{\infty} g_k\, e^{-i\frac{2\pi}{L}kz'} \right) \times$$

$$\times \left(\sum_{n=-\infty}^{\infty} \sigma_n\, e^{-i\frac{2\pi}{L}nz}\, e^{i\frac{2\pi}{L}nz'} \right) dz'.$$

Запишем уравнения для различных значений n (коэффициентов при каждом члене экспоненты $e^{-i\frac{2\pi}{L}nz}$):

$$\tilde{\sigma}_n =$$

$$= \sigma_n \int_{-L/2}^{+L/2} e^{i\frac{2\pi}{L}nz'} \left(\sum_{k=-\infty}^{\infty} g_k\, e^{-i\frac{2\pi}{L}kz'} \right) dz'.$$

В силу ортогональности функций вида $e^{-i\frac{2\pi}{L}n}$ на интервале интегрирования

$$\int_{-L/2}^{+L/2} e^{i\frac{2\pi}{L}nz'}\, e^{-i\frac{2\pi}{L}kz'}\, dz' = 1, \quad n=-k;$$

$$\int_{-L/2}^{+L/2} e^{i\frac{2\pi}{L}nz'}\, e^{-i\frac{2\pi}{L}kz'}\, dz' = 0, \quad n \neq -k.$$

Окончательно получим

$$\tilde{\sigma}_n = \sigma_n \, g_{-n},$$

или

$$\sigma_n = \frac{\tilde{\sigma}_n}{g_{-n}}.$$

Соответственно, искомая функция

$$\sigma(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \frac{\tilde{\sigma}_n}{g_{-n}} \, e^{-i \frac{2\pi}{L} n z}.$$

Количество членов N в разложении предлагается выбрать из условия

$$F_L(N) =$$

$$= \int_L \left| \tilde{\sigma}(z) - \int_L g(z') \, \sigma_N (z - z') \, dz' \right| dz = \min,$$

где

$$\sigma_N(z) = \sum_{n=-N}^{N} \frac{\tilde{\sigma}_n}{g_{-n}} \, e^{-i \frac{2\pi}{L} n z}.$$

Очевидно, что количество членов ряда, выбранное с помощью такого критерия, в значительной мере будет определяться как погрешностью измерения $\tilde{\sigma}(z)$, так и особенностями функции геометрического фактора.

"... Таким образом, то, что называется "факторизацией", в действительности представляет собой очень грубое приближение к решению двумерной задачи ... чтобы решать задачу вдоль скважины как одномерную, нужно задаться какой-то зависимостью всех величин от радиуса. Решение зависит от того, как это сделать ..." **.

На с. 137—138 подробно описано, как в настоящее время решается двумерная обратная задача индукционного каротажа (подчеркнем — *задача линейная*) другими специалистами и другими методами также без **"задания какой-то зависимости всех величин от радиуса"**, а уже далее, в разделе 6, объяснено, почему использованный подход имеет преимущества перед другими.

Уравнение (*) не содержит радиальной переменной, а только вертикальную, так как суммарный сигнал есть сумма откликов от различных участков проводящей среды, каждый из которых умножен на свой весовой коэффициент.

Приведем простой пример для наглядности, если задача в формулировке реалистичных условий может быть не ясна.

Пример. Пусть модель околоскважинного пространства (рис. 2) представляет собой пласт конечной (малой) мощности с проникновением (т. е. сам пласт имеет зону проникновения бурового раствора и зону, не затронутую буровым раствором), ограниченный двумя полубесконечными пластами без проникновения (однородными).

Используется зонд индукционного низкочастотного каротажа, который находится напротив исследуемого пласта с проникновением. Для простоты расчетов будем считать, что весовые коэффициенты вклада в результат измерения этим зондом от различных участков среды равны единице (при этом диаметр прибора равен нулю, т. е. пренебрегаем объемом прибора). Запишем измеряемый сигнал в виде

$$\tilde{\sigma}^1_{\text{измеренная}} = \sigma_{\text{пласта}} + \sigma_{\text{зоны}} + \sigma_{\text{скважины}} +$$

$$+ \sigma_{\text{вмещающих пластов}} =$$

$$= (1 + 2 + 3 + 5 + 5) \text{ мСм/м (рис. 2)}.$$

Значит, сумма УЭП незатронутой части исследуемого пласта и зоны проникновения равна 5 мСм/м:

$$\sigma^1_{\text{измеренная}} = \sigma_{\text{пласта}} + \sigma_{\text{зоны}} =$$

$$= \sigma_{\text{измеренная}} - \sigma_{\text{скважины}} -$$

$$- \sigma_{\text{вмещающих пластов}} = (16 - 1 - 5 - 5) = 5$$

(1 мСм/м — вклад скважины; 10 мСм/м = (5 + + 5) мСм/м — суммарное влияние верхнего и нижнего вмещающих пластов).

Но возникает вопрос: как определить два неизвестных только по одному уравнению вида $x + y = 5$ $(\sigma_{\text{пласта}} + \sigma_{\text{зоны}} = 5)$?

Для этого предположим, что есть и второй зонд (отличный от первого), который также предоставит нам подобное уравнение, но с другими

** Видимо, речь идет о применении уравнения, связывающего измеренную кажущуюся проводимость $\tilde{\sigma}$ с искомой удельной проводимостью σ:

$$\tilde{\sigma}(z) = \int_L g(z') \, \sigma(z - z') \, dz', \qquad (*)$$

где z — координата в цилиндрической системе координат; g — вертикальный геометрический фактор зонда; L — интервал каротажа.

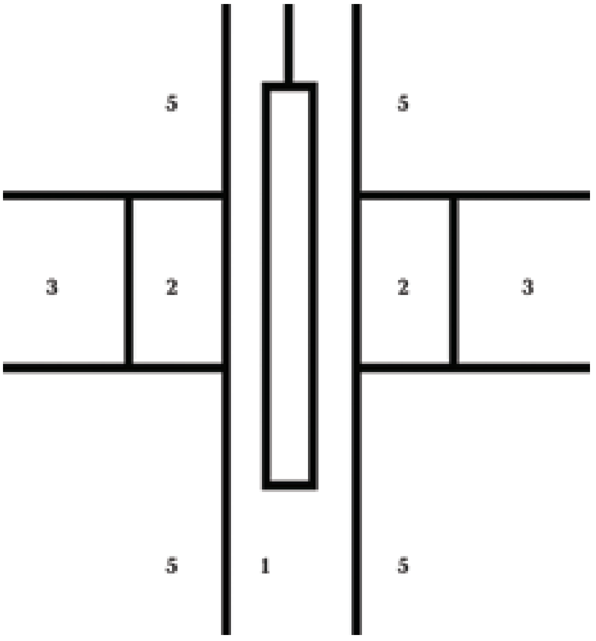

Рис. 2. Схематическое изображение зонда в скважине, пересекающей пласт конечной мощности с проникновением, ограниченный вмещающими пластами без проникновения. Цифрами обозначена удельная электрическая проводимость (УЭП) различных частей разреза, мСм/м: 1 — скважины; 2 — зоны проникновения пласта ($\sigma_{\text{зоны}}$); 3 — незатронутой части исследуемого пласта ($\sigma_{\text{пласта}}$); 5 — вмещающих пластов.

коэффициентами при неизвестных (так как зонд другой геометрии имеет другие значения интегрального геометрического фактора различных участков среды) и другим значением правой части $\sigma^2{}_{\text{измеренная}}$ (поскольку различные зонды характеризуются различными так называемыми приборными коэффициентами):

$$\sigma_{\text{пласта}} + \sigma_{\text{зоны}} = 5,$$

$$a\sigma_{\text{пласта}} + b\sigma_{\text{зоны}} = \sigma^2{}_{\text{измеренная}},$$

где a, b — весовые коэффициенты отклика от зоны и пласта соответственно вторым зондом. Такая система уравнений получена уже исключительно для области исследуемого пласта (без учета влияния скважины и вмещающих пластов). Решив ее, найдем искомые радиальные характеристики проводимости пласта — $\sigma_{\text{пласта}}$, $\sigma_{\text{зоны}}$.

Именно в этом суть факторизации *линейной* задачи — сначала полностью исключаем из величины измерения каждым зондом влияние вмещающих пластов и скважины. Оставшаяся величина — суммарное значение проводимости различных частей исследуемого пласта, умноженных на свои весовые коэффициенты (геометрические факторы). Затем по совокупности таких данных, полученных всеми зондами, определяем профиль проводимости вдоль пласта (радиальное распределение). При этом, чем больше зондов, тем точнее такое восстановление (тем большим количеством параметров может описываться радиальное распределение УЭП вдоль пласта).

Поэтому не требуется никакого **"задания какой-то зависимости всех величин от радиуса". "... При этом, однако, она (глава — прим. авт.) безвредна, только если безошибочна. В последнем полной уверенности нет. Например, на с. 97 в двух уравнениях (3.8.7.1) и (3.8.7.2) коэффициенты индуктивности и самоиндукции имеют размерность времени (вместо Гн = кг $\cdot$ м$^2 \cdot$ А$^{-2} \times$ $\times$ с$^{-2}$) ..."**.

В физике существуют различные системы единиц физических величин и не во всех индуктивность измеряется в генри (см., например, рис. 3 — фрагмент из: Физический энциклопедический словарь / Под ред. А. М. Прохорова. — Москва: Сов. энцикл., 1984. — 944 с.). В формуле нет ни одной переменной, содержащей "кг". Поэтому было бы логичнее предположить, что размерность величины не "Гн", а именно "см". А множитель "$1/c$", на который умножаются известные формулы расчета коэффициентов взаимной индукции и самоиндукции, мог быть просто опечаткой.

И далее: **"... Более того, в уравнении (3.8.7.2) интеграл является расходящимся, о чем, например, предупреждается в учебнике И. Е. Тамма, на который ссылается Миронцов ..."**

Заметим, что после страницы с формулой (3.8.7.2) уже на следующей странице (с. 98) написано следующее: "Однако существует тонкость: для определения коэффициентов взаимной индукции (КВИ) и коэффициентов самоиндукции (КСИ) *для контуров конечного (ненулевого) сечения необходимо использовать не выражения (3.8.7.1), (3.8.7.2), а формулы, учитывающие реальную геометрию.* Вопрос такого расчета КВИ и КСИ рассмотрен в работе [*Немцов М. В., Шамаев Ю. М.* Справочник по расчету индуктивностей. — Москва: Энергоиздат, 1981. — 136 с.]". Видимо, уважаемый рецензент просто не заметил этого существенного дополнения.

"... Вся информация в третьей главе рецензируемой книги легко доступна в интернете (напомню, что адресатами книги Миронцова,

ЕДИНИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН
(соотношения для перевода в СИ)

$1\ \text{А} = 10^{-10}\ \text{м} = 10^{-8}\ \text{см} = 10^{-4}\ \text{мкм} = 10^{-1}\ \text{нм}$

$1\ \text{рад} = 57^{\circ}17'44{,}8'' = 57{,}3^{\circ} = 3{,}44\cdot10^{2}{}' = 2{,}06\cdot10^{5}{}''$

$1\ \text{г/см}^{3} = 10^{3}\ \text{кг/см}^{3} = 1\ \text{т/м}^{3}$

$1\ \text{дин} = 10^{-5}\ \text{Н} = 1{,}02\cdot10^{-2}\ \text{кгс}$

$1\ \text{атм} = 1{,}01\cdot10^{5}\ \text{Па} = 1{,}01\cdot10^{6}\ \text{дин/см}^{2} = 1{,}03\ \text{кгс/см}^{2}$

$1\ \text{мм рт. ст.} = 1{,}33\cdot10^{2}\ \text{Па} = 1{,}33\ \text{гПа} = 13{,}6\ \text{мм вод. ст.}$

$1\ \text{эрг} = 10^{-7}\ \text{Дж} = 1{,}02\ \text{кгс}\cdot\text{м} = 2{,}39\cdot10^{-8}\ \text{кал} = 6{,}24\cdot10^{11}\ \text{эВ}$

$1\ \text{Кл} = 3\cdot10^{9}\ \text{ед.СГСЭ} = 0{,}1\ \text{ед.СГСМ}$	$1\ \text{Ом} = 1{,}11\cdot10^{-12}\ \text{ед.СГСЭ} = 10^{4}\ \text{ед.СГСМ}$
$1\ \text{А} = 3\cdot10^{9}\ \text{ед.СГСЭ} = 0{,}1\ \text{ед.СГСМ}$	$1\ \text{Тл} = 3{,}34\cdot10^{-7}\ \text{ед.СГСЭ} = 10^{4}\ \text{Гс}$
$1\ \text{В} = 3{,}34\cdot10^{-3}\ \text{ед.СГСЭ} = 10^{8}\ \text{ед.СГСМ}$	$\boxed{1\ \text{Гн} = 1{,}11\cdot10^{-12}\ \text{ед.СГСЭ} = 10^{9}\ \text{см}}$
$1\ \Phi = 8{,}99\cdot10^{11}\ \text{см} = 10^{-9}\ \text{ед.СГСМ}$	$1\ \text{А/м} = 3{,}77\cdot10^{8}\ \text{ед.СГСЭ} = 1{,}26\cdot10^{-2}\ \text{Э}$

Рис. 3. Фрагмент из издания "Физический энциклопедический словарь" / Под ред. А. М. Прохорова. — Москва: Сов. энцикл., 1984. — 944 с.

вроде бы, являются те, кто свое рабочее время проводит за компьютером), поэтому глава бесполезна ...".

Адресатами являются в первую очередь те, кто понимает суть задач электрического и индукционного каротажа и кто работает для получения производственных результатов в этом направлении. Такие результаты за одним только компьютером получить невозможно.

В заключение отмечу, что в отличие от более чем категоричных и односторонних оценок Я. М. Хазана, есть и другие оценки данной работы специалистами именно в области каротажа. С некоторыми из этих мнений, надеюсь, редакция "Геофизического журнала" ознакомит своих читателей.