

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ВІСНИК

Східноукраїнського
Державного Університету

№ 1 (11) 1998

ВИДАВНИЦТВО СУДУ

Луганськ 1998

- Seisan-ken-kyu.- Japan.-1991.- V.43.- № 6.- pp.25-29.
3. Botkin M.E., Yang R.J., Bennet J.A., Shape modification of tree - dimensional stamped and solid automotive components //The optimum shape. Automated structural design. - Plenum press. - New York. - 1986. - p. 235-263.
 4. Hakartand Grandti R.V. Structural shape optimization - A survey //26 th AIAA SDM Conf. CP N85-0772. - 1985. - p. 617-628.
 5. Носко П.Л., Голубенко А.Л. Модификация конструктивных форм на основе конечно-элементного синтеза // Вестник МГТУ. Сер. Машиностроение. - 1994- № 2. - С. 9-16.

УДК 620.179.1

МЕТОДИКА ДИСКРЕТИЗАЦИИ РАСЧЕТНОЙ ОБЛАСТИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ТОКОВИХРЕВОГО КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТОВ МЕТОДОМ ГРАНИЧНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

В.Я. Гальченко

На численных примерах решения задач электромагнитной дефектоскопии продемонстрированы особенности использования информационных моделей процессов контроля объектов, выявлены факторы, позволяющие уменьшить влияние погрешности дискретизации на результаты расчетов, предложена методика дискретизации анализируемых областей эффективная в применении для задач дефектоскопии.

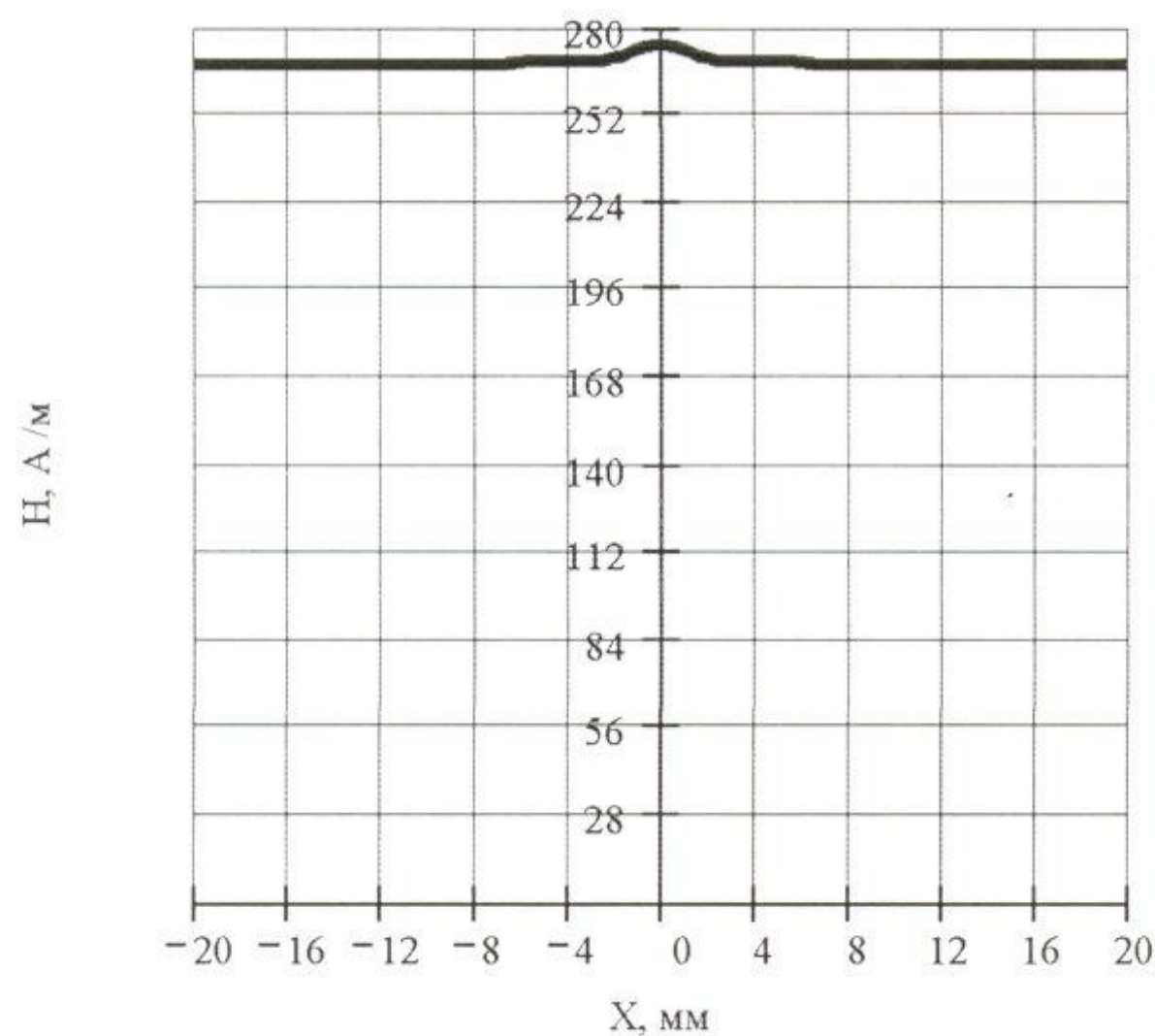
В предыдущей части настоящей статьи сформулирована задача, основной смысл которой заключается в разработке приемов дискретизации расчетной области с целью снижения влияния на результаты моделирования погрешности дискретизации.

Проиллюстрируем на модельных задачах проявление эффекта, вызванного изменением степени дискретизации анализируемой области. На начальном этапе воспользуемся базовыми расчетными данными, приведенными в [5]. Моделирование производилось в однородном и неоднородном зондирующих информационных электромагнитных полях (ИЭМП). В задачах дефектоскопии целесообразным является проведение вычислений для дефектного и бездефектного изделий, сравнений результатов для которых делает возможным селекцию сигнала от дефекта. Результаты вычислений с применением моделей РМ1 и ИЗП1 (см. [5]) представлены на рисунке 1.

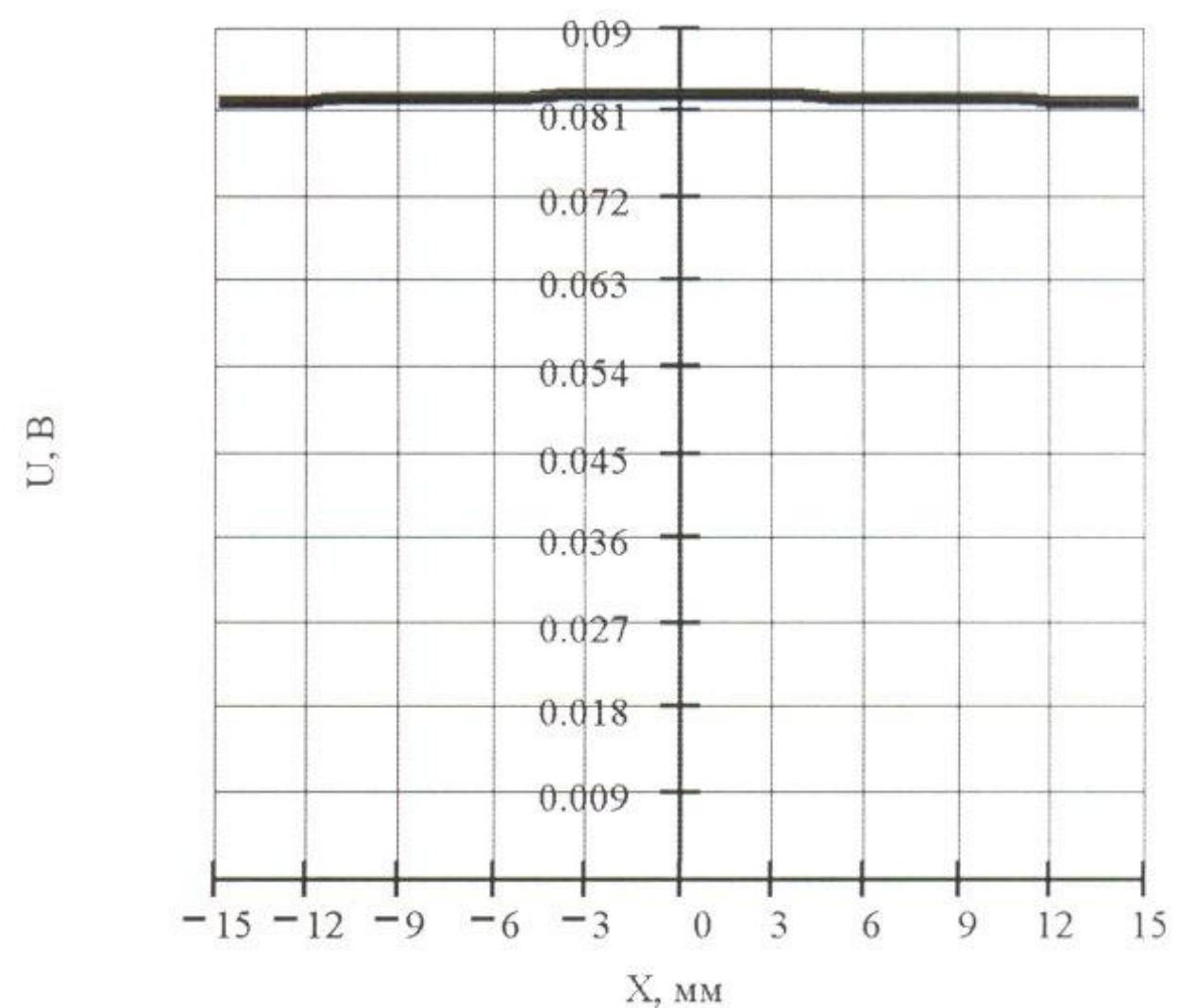
Удобно отработку вариантов дискретизации на начальной стадии производить для бездефектных изделий. Использование в расчетах модели ИЗП2 вносит дополнительные сложности в предварительную подготовку данных, в основе которых лежат не физические процессы, протекающие в объекте, а особенности использования выбранного математического аппарата. Этот эффект отчетливо просматривается при варьировании радиуса источника поля в модели ИЗП2 при контроле бездефектного изделия, что легко заметить анализируя графики на рисунке 2.

Анализ полученных зависимостей и их сопоставление с зависимостями рис. 1 а, б позволяет сделать заключение о значительно большем влиянии на выходной сигнал ВТП степени дискретизации поверхности при моделировании процессов контроля в резко неоднородных полях. В однородных полях правые части СЛАУ, представляющей дискретный аналог теоретической модели (см. часть 1), равны между собой. Поэтому и полученные значения фиктивных источников на близлежащих площадках мало отличаются друг от друга. Следовательно, влияние скачкообразного изменения значений источников на границах соседних площадок не проявляется столь ощутимо на результатах моделирования. Этот факт подтверждается расчетами с

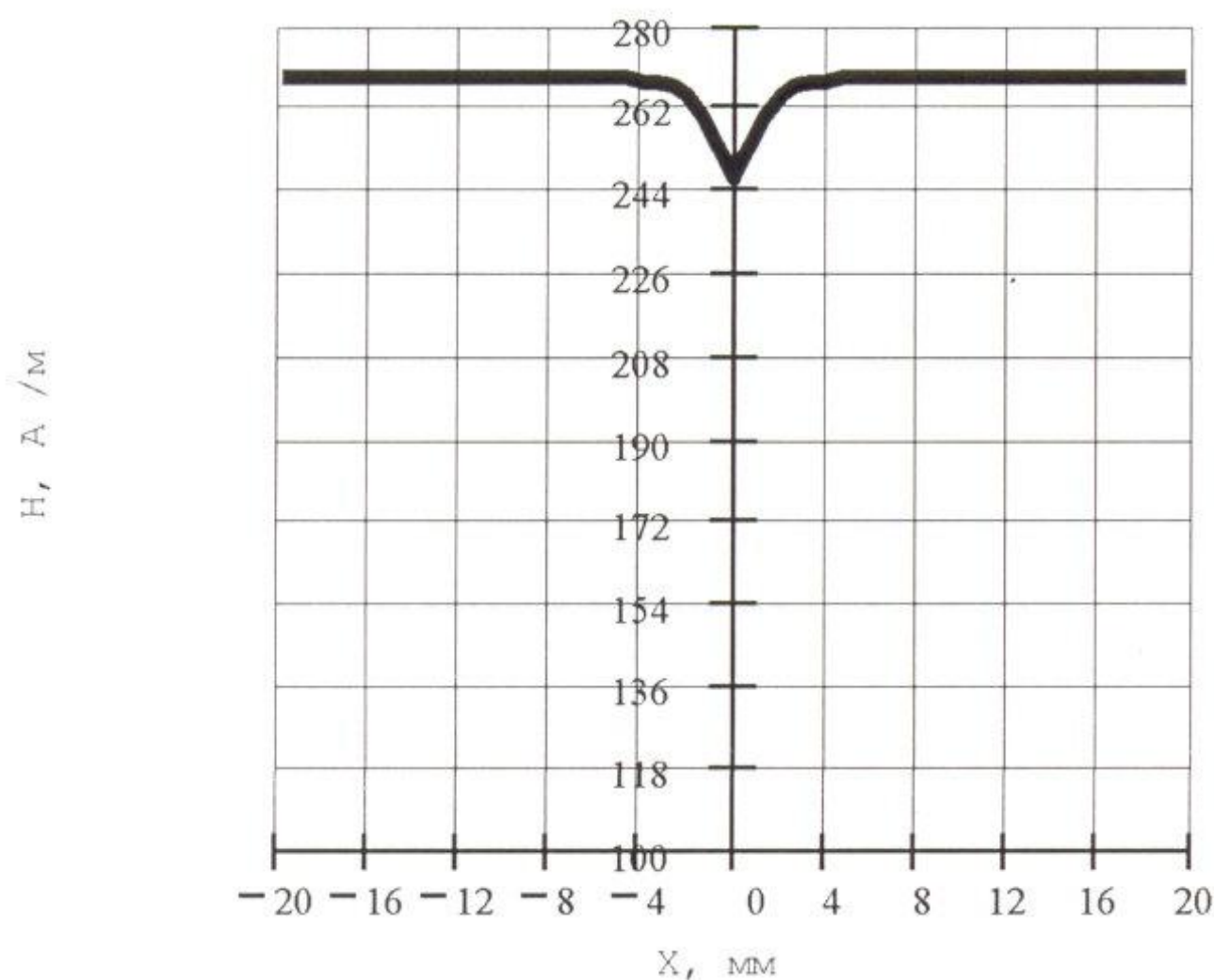
использованием моделей РМ2, РМ3 и ИЗП1 для бездефектных изделий, где полученные контрольные зависимости с графической точностью не отличаются от приведенных на рис. 1 а, б.



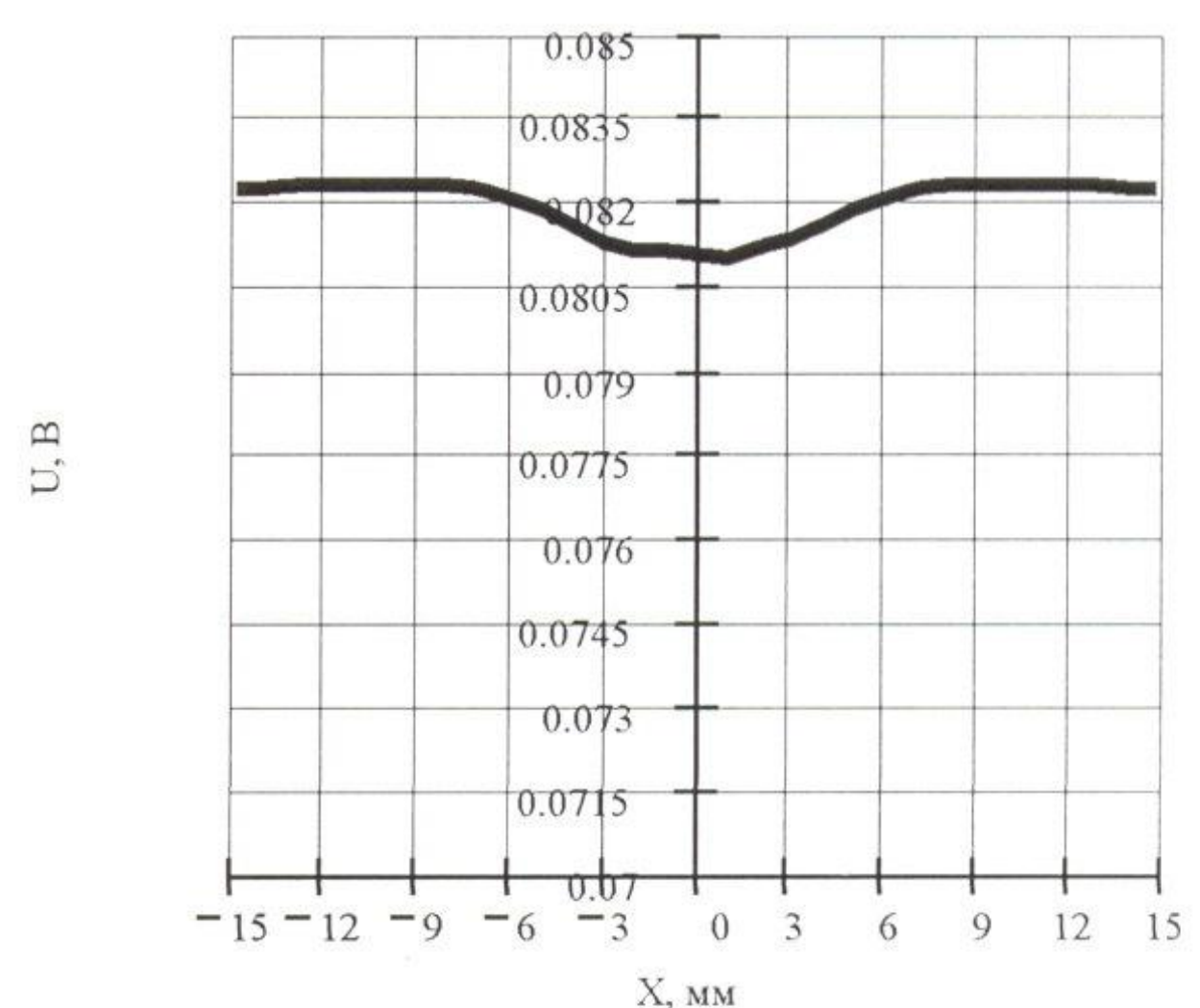
а) распределение модуля составляющей H_z ИЭМП над бездефектным изделием



б) модуль э.д.с. ВТП при перемещении над бездефектным изделием



в) распределение модуля составляющей H_z ИЭМП над дефектным изделием



г) модуль э.д.с. ВТП при перемещении над дефектным изделием

Рисунок 1. – Результаты моделирования процесса контроля объекта с применением моделей РМ1 и ИЗП1.

Достоверность данной гипотезы обосновывается также зависимостями, изображенными на рис 2 а, б. Уменьшение радиуса ИЗП приводит к резко неоднородному характеру распределения поля на контролируемом участке, что проявляется в увеличении разницы между одноименными фиктивными источниками на соседних поверхностных микроэлементах. Расчет поля в контролируемых точках над поверхностью объекта в случае недостаточной дискретизации поверхности приводит к значительным пульсациям значений напряженности ИЭМП, что объясняется только лишь особенностями используемого математического аппарата. Увеличение радиуса ИЗП либо повышение степени дискретизации поверхности приводит к сглаживанию пульсаций значений ИЭМП, а значит и э.д.с. Правильность сделанных выводов подтверждается результатами моделирования процессов контроля бездефектного изделия при совместном ис-

пользовании следующих моделей: РМ3 и ИЗП1; РМ1 и ИЗП2; РМ2 и ИЗП2; РМ3 и ИЗП2. Во всех рассматриваемых случаях расчет поля катушки возбуждения осуществляется при фиксированном радиусе ИЗП $R_b = 6$ мм. Полученные зависимости проиллюстрированы на рисунке 3.

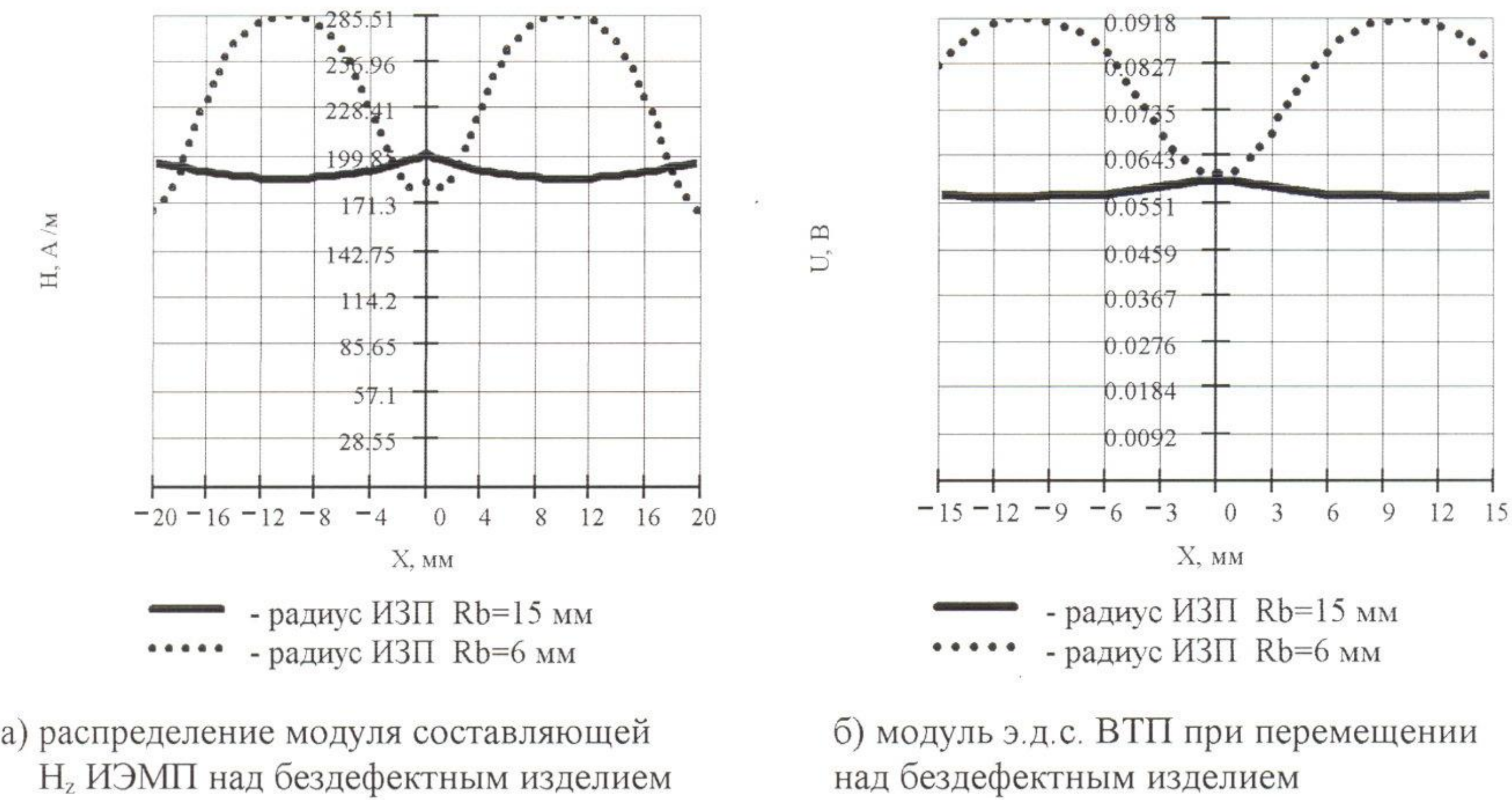


Рисунок 2. – Результаты моделирования процесса контроля объекта с применением моделей РМ1 и ИЗП2.

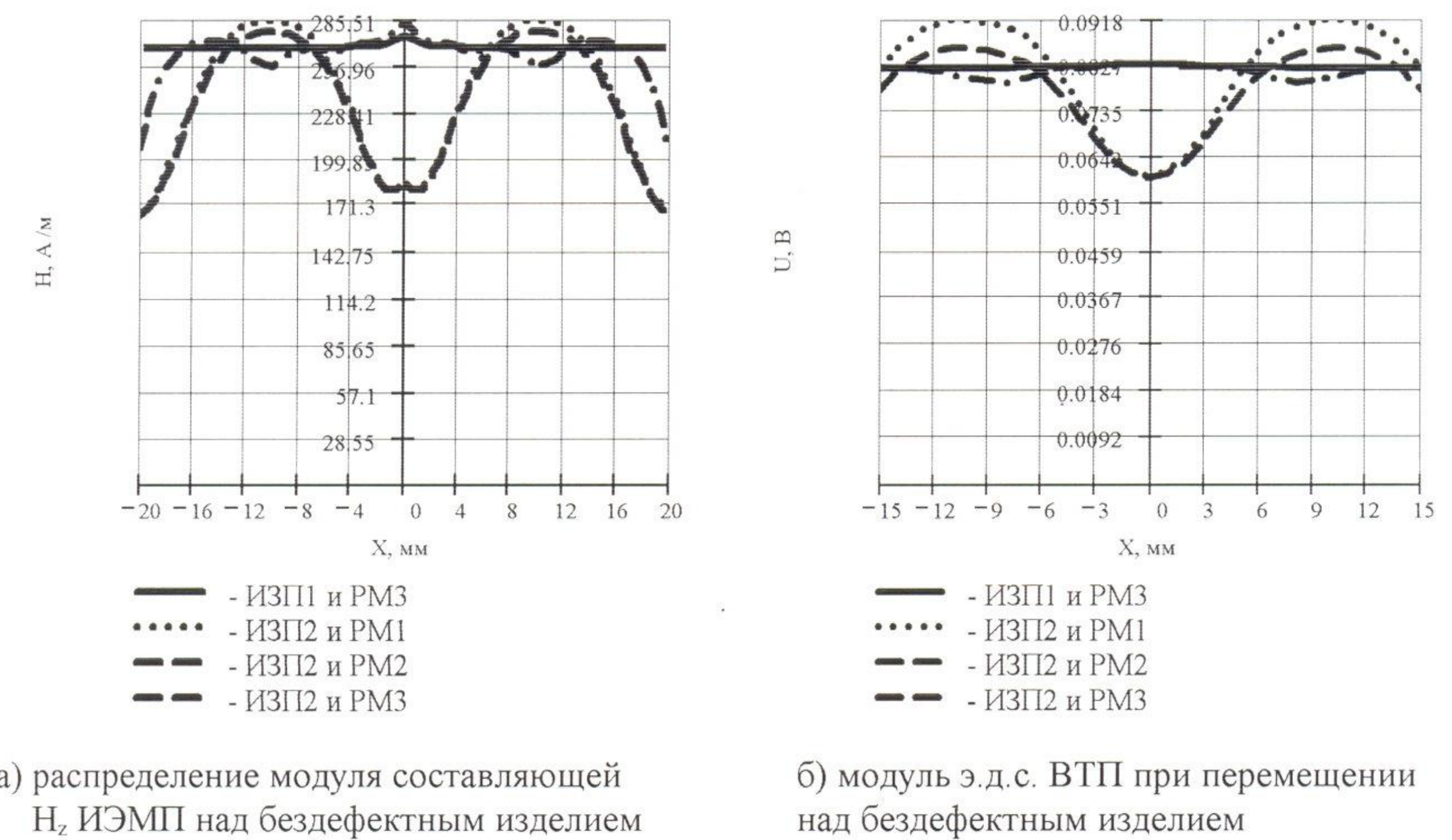
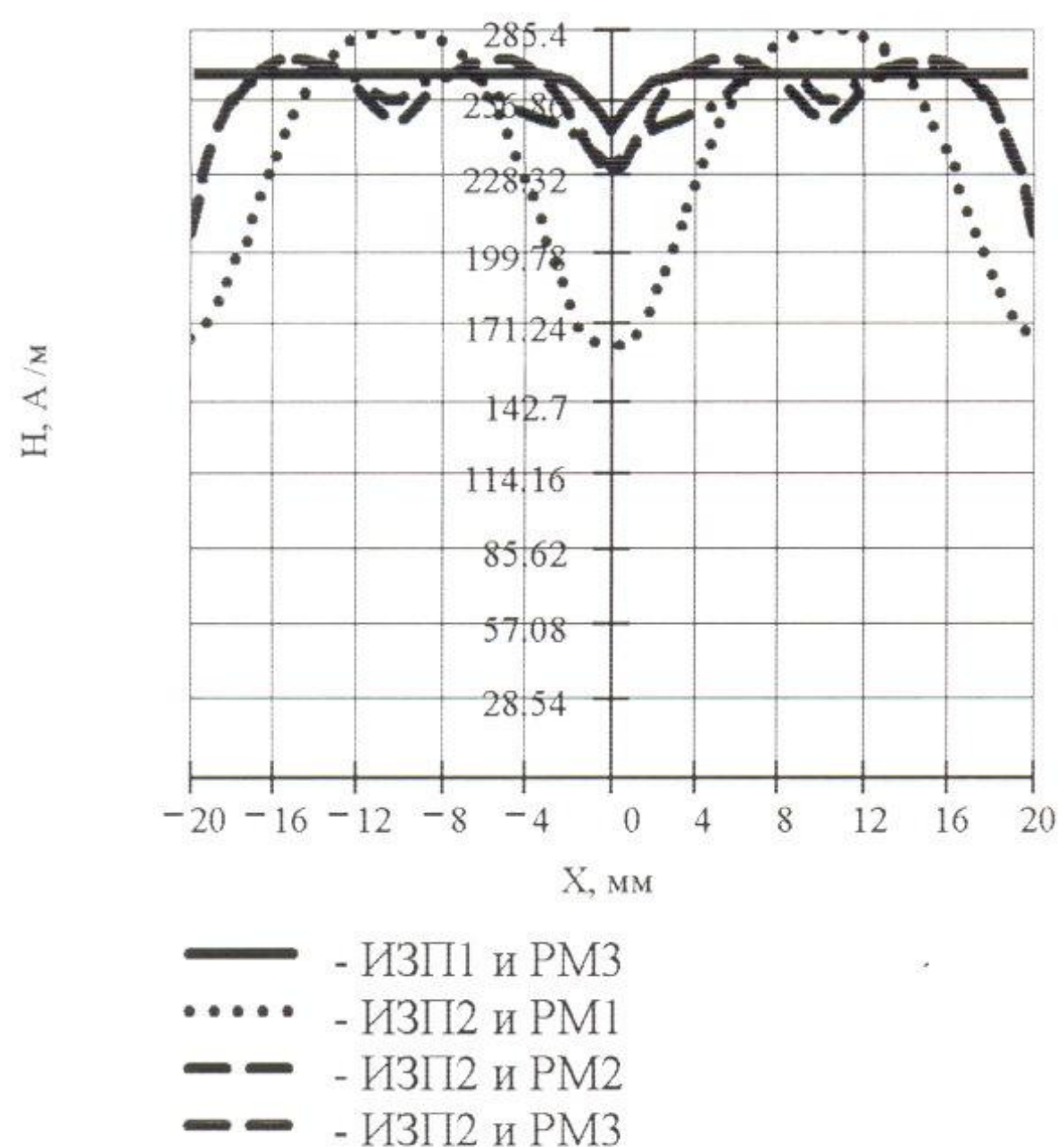


Рисунок 3. – Влияние степени дискретизации поверхности объекта на выходной сигнал ВТП.

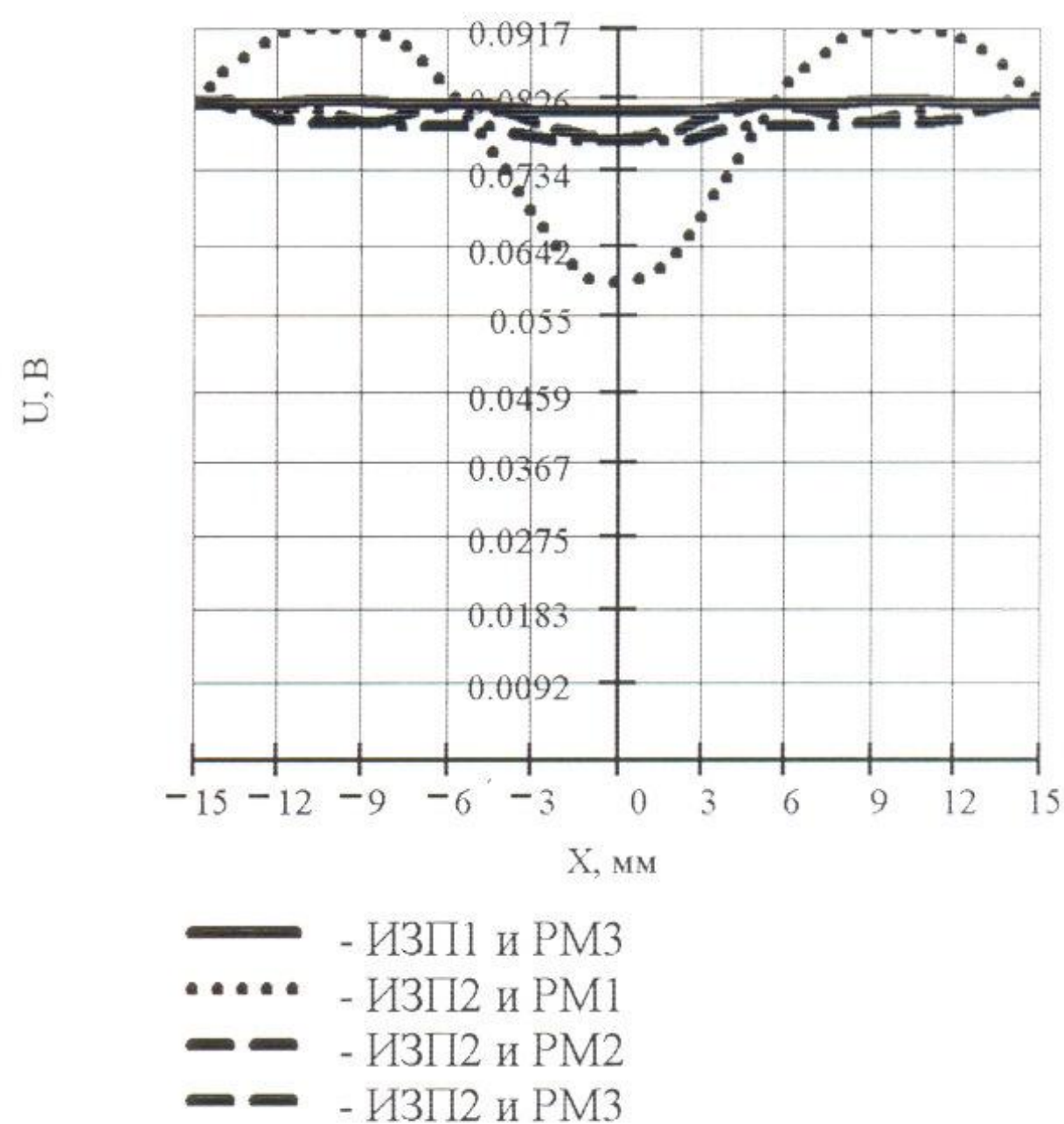
При последовательном переходе от грубой модели (РМ1 + ИЗП2) к более точной (РМ3 + ИЗП2) полученные решения стремятся к условно точному, которым в данном случае является

решение для (PM3 + ИЗП1). Хорошо заметно снижение уровня пульсаций напряженности поля и э.д.с. ВТП при совершенствовании расчетных моделей. В то же время пульсации напряженности поля просматриваются на концах зоны контроля даже при использовании модели (PM3 + ИЗП2), где они имеют место при "сшивании" решений при переходе от микроэлементов 2-го эшелона к пограничным. Очевидно, что модели PM1 и PM2 нецелесообразно использовать в дальнейших расчетах, в чем также можно убедиться на втором этапе моделирования процессов контроля, проводимого для изделий с дефектами.

Проведем аналогичные предыдущим численные эксперименты для дефектных изделий, результаты которых представим в виде графиков на рисунке 4.



а) распределение модуля составляющей H_z ИЭМП над изделием с дефектом базовых размеров



б) модуль э.д.с. ВТП при перемещении над изделием с дефектом базовых размеров

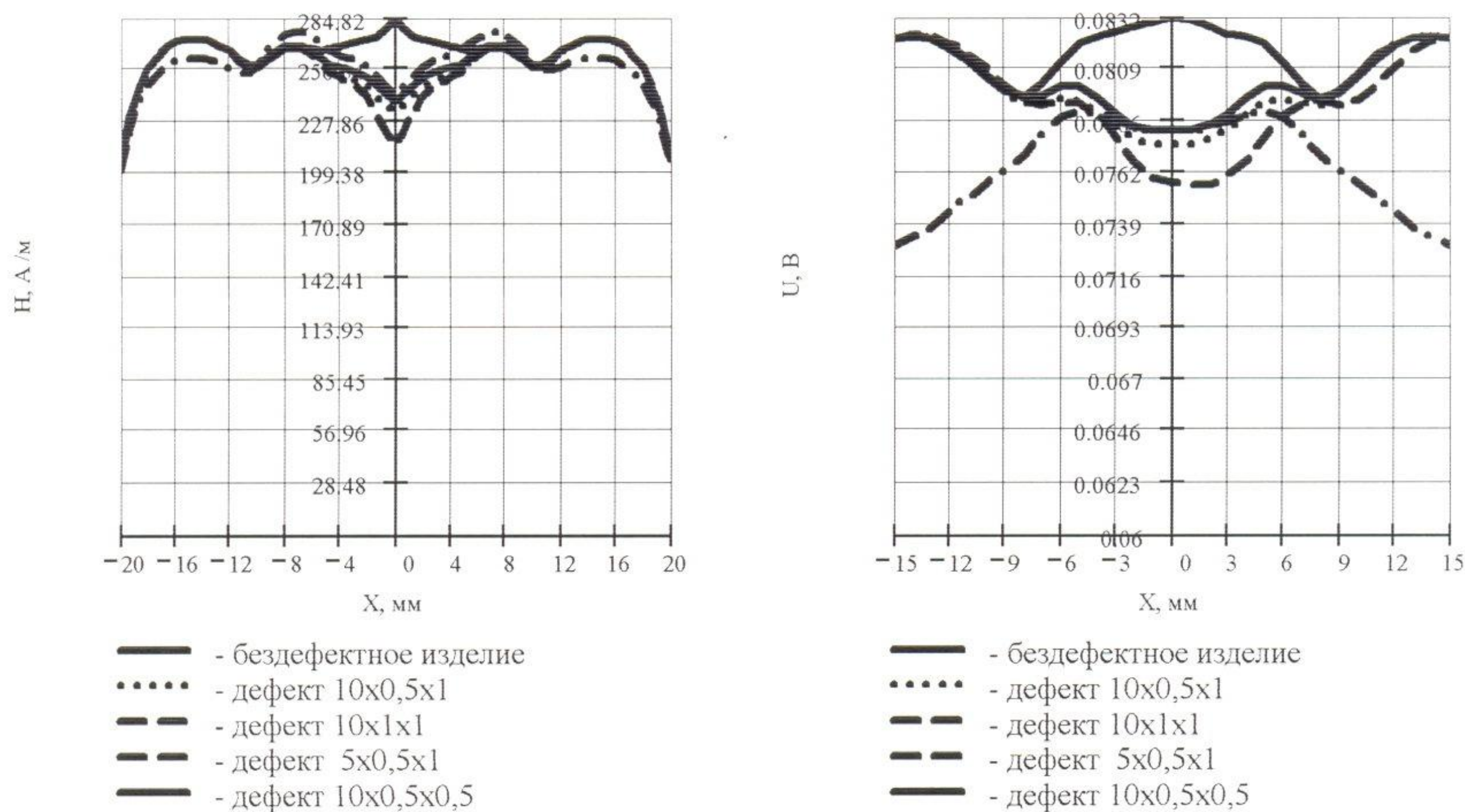
Рисунок 4. – Моделирование процесса контроля дефектного изделия.

Критический анализ функциональных зависимостей для дефектных и бездефектных изделий позволяет убедиться в практической непригодности моделей PM1 и PM2. В свою очередь из графиков на рисунке 4 б достаточно прозрачно просматривается тенденция к повышению чувствительности ВТП при контроле узконаправленными зондирующими полями с резким перепадом значений напряженности в области дефекта.

Значительный интерес представляет возможность изучить чувствительность накладных ВТП к геометрическим параметрам дефекта при использовании моделей ИЗП близких к реальным. При моделировании процесса выявления дефекта в контролируемом объекте изменялись геометрические размеры несплошности и изучалась возможность их отдельного контроля по выходному сигналу ВТП. Результаты исследований проиллюстрированы на рисунке 5. Расчеты проводились при использовании моделей PM3 и ИЗП2 с базовыми значениями исходных данных.

При анализируемом соотношении размеров измерительной катушки и геометрических параметров дефекта выходной сигнал ВТП характеризуется наиболее высокой чувствительностью к раскрытию дефекта, а затем соответственно к его глубине и длине. Раздельный контроль параметров дефекта по выходному сигналу ВТП в этом случае практически невозможен. При использовании в расчетах модели ИЗП2 в качестве тестовых данных для проверки физической корректности полученных результатов удобно использовать зависимости, построенные

при исследованиях с применением модели ИЗП1. Таким образом, удастся внутренними средствами осуществлять контроль за ожидаемым уровнем и характером поведения выходного сигнала ВТП.



а) распределение модуля составляющей H_z ИЭМП над дефектным изделием

б) модуль э.д.с. ВТП при перемещении над дефектным изделием

Рисунок 5. – Чувствительность накладного ВТП к геометрическим параметрам дефекта.

Раздельное управление моделями ИЗП, РМ объекта контроля, измерительной катушки ВТП, входящими в состав информационной модели процессов токовихревого контроля объектов, открывает при грамотном и корректном использовании широкие возможности в подборе режимов селекции дефектов с "предельными" для обнаружения свойствами [1,2]. В сочетании с мерами улучшения условий выявления дефектов путем использования зондирующих полей специальной конфигурации [3,4] такой подход к проектированию ВТП позволяет надеяться на получение новых результатов, способных оказать влияние на основные тенденции в разработке технических средств дефектоскопии [6].

В заключение, обобщая опыт проведения численных расчетов по исследованию приемов уменьшения погрешности дискретизации, сформулируем основные положения методики проведения разбиений поверхности объекта:

1) после дискретизации поверхности бездефектного объекта контроля в первом приближении производится контрольный расчет выходного сигнала ВТП при его перемещении в области наблюдения. Первоначальные разбиения поверхности объекта рекомендуется осуществлять с учетом наличия дефекта, переходя к бездефектной расчетной модели путем вытеснения "дна" дефекта на поверхность объекта и исключая из рассмотрения боковые поверхности полости дефекта;

2) используя расчетную модель пункта 1, проводятся пробные расчеты при применении модели реального источника зондирующего поля, при этом полученные результаты сопоставляются с контрольными из пункта 1;

3) в случае существенного различия сопоставляемых результатов производятся дополнительные разбиения поверхности объекта в зоне области наблюдения. Предпочтительным в

этом смысле является " эшелонированное " опоясывающее разбиение вокруг дефекта, которое осуществляется в соответствии с правилами, изложенными в части 1 статьи [5];

4) каждое изменение расчетной модели сопровождается пробными вычислениями выходного сигнала ВТП при контроле бездефектного изделия, которые повторяются вместе с действиями пункта 3 до получения удовлетворительных результатов;

5) полученная в результате циклического процесса подбора расчетная модель используется для проведения окончательных вычислений для дефектного изделия.

Апробация предлагаемой методики дискретизации поверхности контролируемого объекта при проведении численных экспериментов показала ее пригодность и достаточную эффективность, что в значительной мере способствовало снижению трудоемкости проектных расчетов.

Литература:

1. Гальченко В.Я. Информационные модели в теории и практике электромагнитной дефектоскопии. - Луганск: Изд-во ВУГУ, 1997. - 262 с.
2. Гальченко В.Я., Шаповаленко Т.В., Черепакхин Г.А., Велигура А.В. Расчет трехмерных информационных электромагнитных полей вихретоковых измерительных преобразователей // Вестник Восточноукраинского государственного университета, серия Машиностроение. - 1996. - отдельный выпуск. - С. 20-22.
3. Яковенко В.В., Гальченко В.Я., Велигура А.В. Методика синтеза информационных зондирующих электромагнитных полей вихретоковых преобразователей // Вісник Східноукраїнського державного університету. - 1997. - № 4 (8). - С. 93-95.
4. Яковенко В.В., Гальченко В.Я., Велигура А.В. Реализация методики синтеза информационных зондирующих электромагнитных полей вихретоковых преобразователей // Вісник Східноукраїнського державного університету. - 1997. - № 4 (8). - С. 95-98.
5. Гальченко В.Я. Особенности моделирования процессов токовихревого контроля объектов методом граничных интегральных уравнений // Вісник Східноукраїнського державного університету. - 1997. - с. 141 – 147.
6. Yakovenko V., Galchenko V. Non-destructive electromagnetic testing of objects with defects of finite dimensions. // 8-th International Symposium on Non-Linear Electromagnetic Systems: ISEM Proceedings.-Braunschweig - 12-14may, 1997. - P. 67-71.

УДК 621.318

ОЦЕНИВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ

И.А. Шведчикова

Для очистки сыпучих материалов от случайных ферромагнитных примесей широкое применение находят магнитно-сепарирующие устройства, одним из распространенных типов которых являются магнитные сепараторы с верхней подачей сыпучего материала в рабочую зону между вертикальными пластинами (рис.1) [1].

Эффективность работы магнитно-сепарирующих устройств является функцией производительности (т.е. количества сыпучего материала, проходящего в единицу времени через рабочую зону) и надежности извлечения, зависящей от создаваемой магнитным полем сепаратора силы воздействия на ферромагнитные включения (сила $\vec{F}_p$ на рис.2).