

Сравнение режимов работы ультразвукового сканера

А. Бунаков

Санкт-Петербургский
государственный
электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

anton_bunakov@mail.ru

А. В. Теплякова

Санкт-Петербургский
государственный
электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

smaest@mail.ru

М. А. Суворова

Санкт-Петербургский
государственный
электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

suvorovamsh19@gmail.com

Аннотация. В работе рассмотрено несколько режимов работы ультразвукового сканера – шаговый и непрерывный, в том числе непрерывный с использованием дополнительного торможения. Описаны принципы работы каждого из режимов. Также проведена серия измерений с использованием этих режимов работы при различной скорости сканирования. В результате сравнения результатов измерений даны рекомендации по использованию указанных режимов работы ультразвукового сканера и выбору скорости сканирования.

Ключевые слова: ультразвуковой сканер; шаговый и непрерывный режим; скорость сканирования; С-скан

I. ВВЕДЕНИЕ

Ультразвуковые сканирующие устройства позволяют формировать изображения взаимодействия звуковых волн с материалами. Эти изображения могут быть получены во время механического сканирования путем записи амплитуды отраженных сигналов. В настоящее время ультразвуковые сканирующие устройства часто применяются в неразрушающем контроле и решают две основные задачи автоматизированного контроля – это замена ручного перемещения ультразвуковых преобразователей механическим сканированием и обеспечение записи эхосигналов на пространственной сетке, привязанной к системе координат контролируемого изделия [1].

Термин «сканирование» обычно используется для описания процесса, состоящего из измерения сигналов от датчиков. Существует два вида сканирования: пошаговое (шаговый режим) и непрерывное сканирование (непрерывный режим). При пошаговом сканировании запись сигналов с датчика и движение привода выполняются последовательно, а при непрерывном эти операции выполняются одновременно и синхронно [2].

Было проведено несколько исследований работы шагового режима сканирования в различных областях техники, а также возможности использования непрерывного режима [3–5]. Главным преимуществом шагового режима сканирования является возможность достижения высокой точности позиционирования датчика. Однако есть некоторые недостатки, к числу которых можно отнести увеличение времени, затрачиваемого на сканирование, а также наличие вибраций, возникающих в связи с принудительным

запуском и остановкой движения. Показано, что непрерывное сканирование не обладает такими недостатками и может быть использовано наряду с пошаговым.

В данной статье представлено сравнение шагового и непрерывного режимов работы ультразвукового сканера в иммерсионном исполнении, используемого для неразрушающего контроля. Помимо этого, проводится исследование зависимости результатов ультразвуковых измерений от скорости сканирования (25, 50 и 100 мм/с) в этих режимах.

II. ОПИСАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СКАНЕРА

Шаговый режим работы ультразвукового сканера представляет собой последовательное перемещение электроакустического преобразователя по узлам сетки, которые заданы оператором. В каждом узле этой сетки движение сканера прекращается до тех пор, пока блок управления не получит от управляющей программы команду о перемещении в следующий узел. При этом указанная команда не может быть отправлена, пока не будет завершено сканирование дефектоскопом в текущей точке (текущем узле сетки), и блок управления сканером не «сообщит» об этом управляющей программе. На рис. 1 представлена блок-схема, которая иллюстрирует шаговый режим работы сканера.

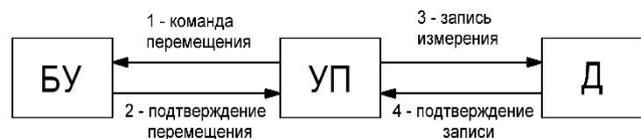


Рис. 1. Блок-схема работы шагового режима. БУ – блок управления; УП – управляющая программа; Д – дефектоскоп

Непрерывный режим работы ультразвукового сканера подразумевает движение электроакустического преобразователя без остановок в процессе сканирования объекта контроля. При этом данные об измеряемой области, шаге и скорости сканирования инициализируются оператором до начала проведения измерений. Блок управления сканером получает эти данные всего один раз при запуске сканирования. Идея заключается в том, что после получения данных блок управления сканером сам рассчитывает координаты, в которых необходимо произвести измерения, и каждый

раз, достигая этих координат, отправляет команду для записи результата измерений. При этом процесс сканирования не прекращается. Также в этой команде зашифрована сама координата, в которой производилось измерение. На рис. 2 представлена блок-схема, иллюстрирующая непрерывный режим работы сканера.

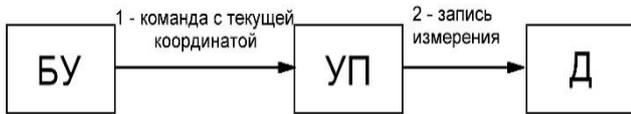


Рис. 2. Блок схема работы непрерывного режима. БУ – блок управления; УП – управляющая программа; Д – дефектоскоп

Также при проведении испытаний ультразвукового сканера был выявлен его конструктивный недостаток – «дребезг» по краям сканируемых вертикалей. Этот эффект возникает из-за резкого изменения ускорения при смене направления движения. Для его устранения было решено уменьшать скорость перемещения на краях сканируемых вертикалей. При этом большую часть пути (80 %) перемещение происходит с заданной оператором скоростью, а оставшаяся часть с линейно возрастающей (10 %) и убывающей скоростью (10 %) после смены направления движения и перед его сменой соответственно.

III. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

Сравнение режимов работы ультразвукового сканера будем проводить на основе результатов сканирования образца из латуни размерами 230 x 75 x 44 мм с некоторым количеством отверстий (рис. 3). Результатами измерений являются С-сканы исследуемого образца (рис. 4–5), которые отображают проекцию контролируемого объема исследуемого объекта на поверхность сканирования с отображением амплитуды эхо-сигналов в каждой точке измерения. Все измерения и результаты их обработки проводились при одинаковых настройках ультразвукового сканера.

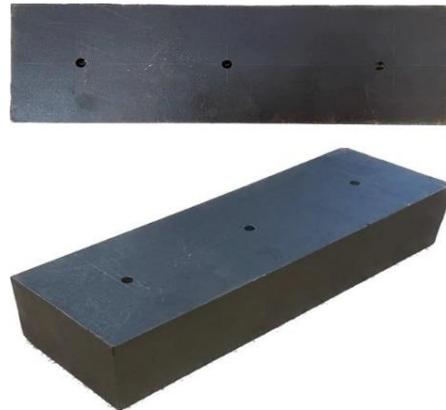


Рис. 3. Исследуемый объект

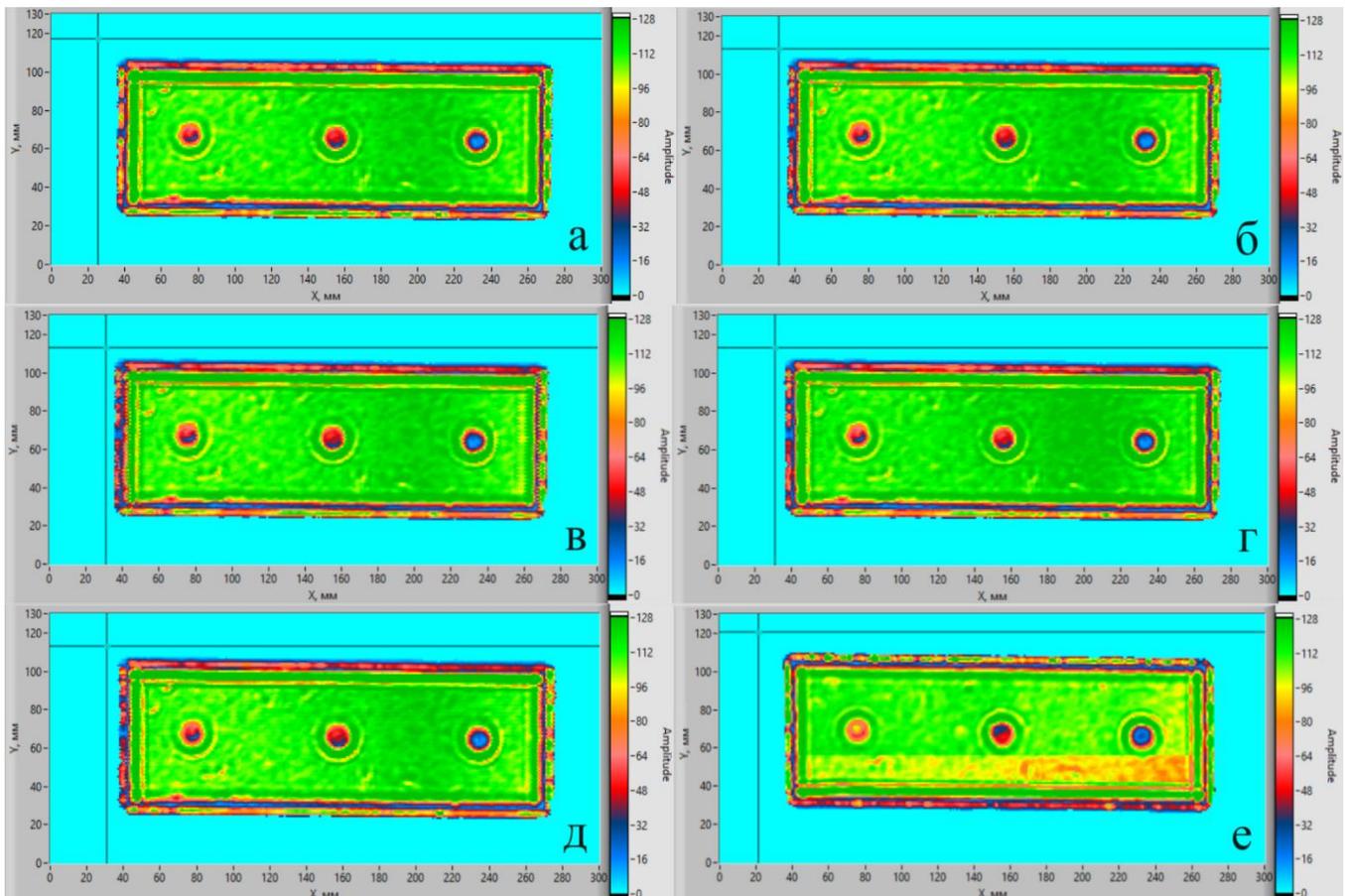


Рис. 4. С-сканы с отображением амплитуды эхо-сигналов. (а) непрерывный с торможением 25 мм/с; (б) непрерывный с торможением 50 мм/с; (в) непрерывный с торможением 100 мм/с; (г) непрерывный 25 мм/с; (д) непрерывный 50 мм/с; (е) шаговый 25 мм/с

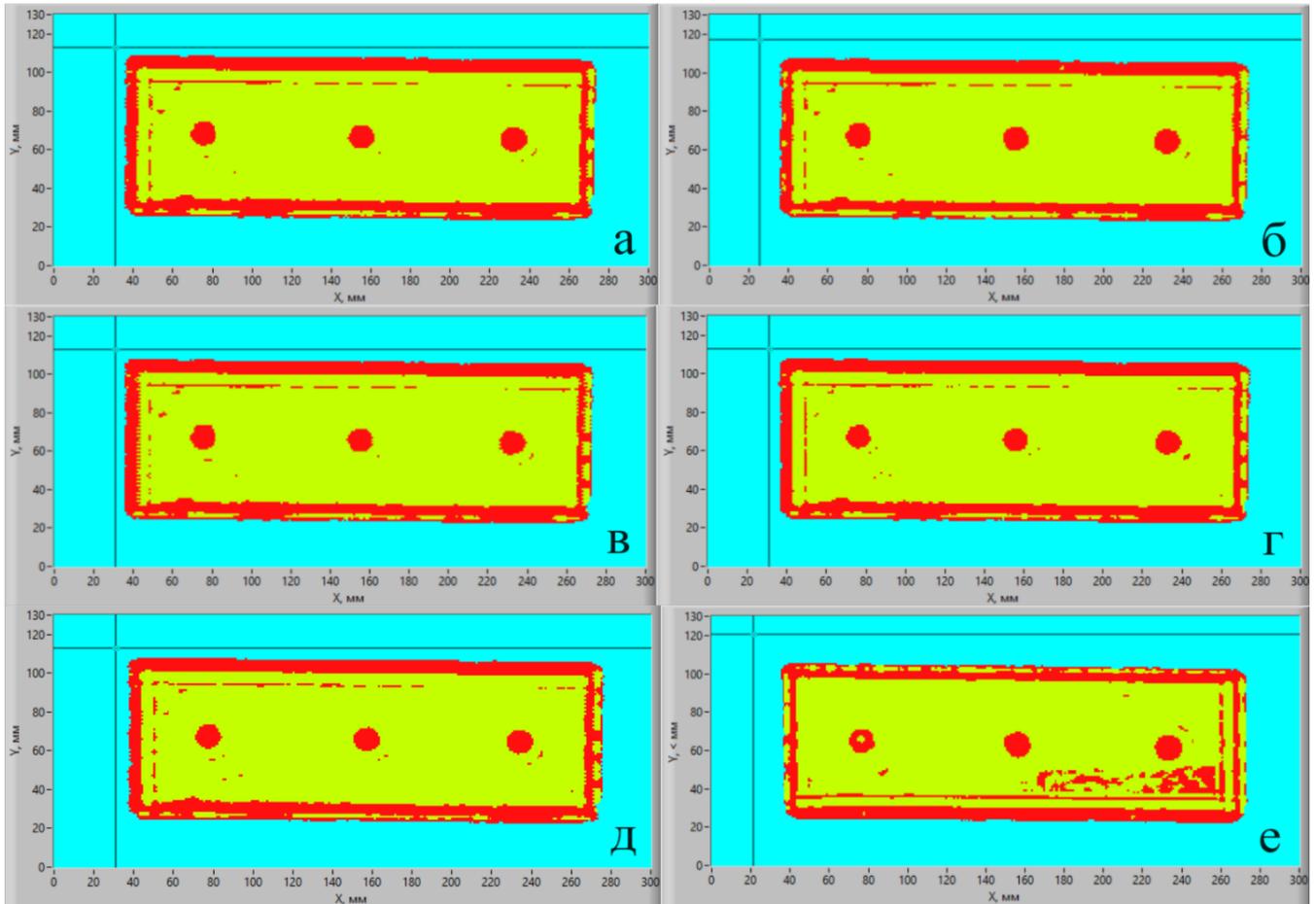


Рис. 5. С-сканы, построенные по трем уровням. (а) непрерывный с торможением 25 мм/с; (б) непрерывный с торможением 50 мм/с; (в) непрерывный с торможением 100 мм/с; (г) непрерывный 25 мм/с; (д) непрерывный 50 мм/с; (д) шаговый 25 мм/с

В табл. 1 представлено время (в минутах), затраченное для сканирования образца в каждом режиме при различных скоростях. Следует отметить, что в данном случае под скоростью понимается скорость вращения приводов механизированной части сканера без учета времени ожидания команды для шагового режима, а также времени, затрачиваемого на торможение и ускорение для непрерывного режима с торможением.

ТАБЛИЦА I. ВРЕМЯ СКАНИРОВАНИЯ (МИНУТЫ)

Режим	Скорость, мм/с		
	25	50	100
Шаговый	58	-	-
Непрерывный	28	14	-
Непрерывный с торможением	31	19	13

В табл. 1 для шагового режима при скоростях 50 и 100 мм/с, а также для непрерывного режима при 100 мм/с стоят прочерки. Они означают, что сканирование на данных скоростях произвести не удалось. Это связано с тем, что при такой скорости перемещения положение преобразователя отклонялось от первоначально заданного, которое соответствовало нормальному вводу ультразвукового луча в объект контроля. Тем самым стало понятно, что шаговый и стандартный непрерывный режимы имеют

существенные ограничения в используемой скорости сканирования.

IV. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Использование непрерывного режима работы ультразвукового сканера позволяет сократить время контроля примерно в два раза по сравнению с шаговым режимом. Также использование торможения при непрерывном сканировании на скорости 100 мм/с с точки зрения выигрыша во времени совершенно бессмысленно, так как оно сравнимо со временем, затрачиваемым на сканирование при скорости 50 мм/с без использования торможения.

Помимо оценки времени, затрачиваемого на сканирование объекта в каждом из режимов, следует оценить качество полученных С-сканов. Из рис. 4–5 видно, что С-сканы, полученные при пошаговом сканировании, имеют ярко выраженную зону выбросов. Для количественной оценки качества С-сканов определим количество точек измерений, в которых амплитуда эхо-сигналов не превышает опорный уровень (амплитуду), заданный оператором (на рис. 5 – области красного цвета, за исключением конструктивных отражателей объекта контроля), по отношению ко всему количеству точек измерений в области объекта. Такой показатель позволит судить о зашумленности С-сканов, а следовательно, и о их качестве. Результаты представлены в табл. 2.

ТАБЛИЦА II. Относительная зашумленность С-сканов

Режим	Скорость, мм/с		
	25	50	100
Шаговый	7,0%	-	-
Непрерывный	3,8%	4,2%	-
Непрерывный с торможением	3,2%	3,8%	4,1%

Видно, что С-сканы, полученные с использованием непрерывного режима менее зашумленные, чем С-скан, полученный в результате шагового режима работы. Такой результат с учетом времени, затрачиваемого на сканирование, показывает, что использование шагового режима работы ультразвукового сканера неэффективно.

При непрерывном режиме с увеличением скорости сканирования зашумленность С-скана также увеличивается как с использованием торможения, так и без него. Если сравнивать непрерывные режимы, то можно сказать, что использование торможения сильно уменьшает зашумленность С-скана при одинаковой скорости сканирования. В целом, использование торможения позволяет увеличить скорость сканирования почти в два раза без ухудшения качества измерений. Поэтому сканирование с торможением в моменты времени, когда изменяется направление движения, более предпочтительно.

При сравнении С-сканов, полученных при сканировании в непрерывном режиме для различных скоростей, можно отметить, что с увеличением скорости перемещения увеличивается «размытие» границ объекта контроля. Особенно это заметно при скорости 100 мм/с.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы было проведено сравнение шагового и непрерывного режимов работы ультразвукового сканера при различных скоростях сканирования. По итогам проведенных измерений можно дать некоторые рекомендации по выбору режима работы и скорости сканирования:

- Использование шагового режима сильно увеличивает время сканирования по сравнению с непрерывным режимом, причем качество

полученных измерений ниже. Следует отметить, что качество измерений, получаемых с использованием шагового режима, может быть существенно улучшено с увеличением жесткости конструкции механизированной части сканера. Несмотря на это, выбирая между шаговым и непрерывным режимами сканирования, стоит отдать предпочтение второму.

- Использование торможения при непрерывном режиме сканирования позволяет получать С-сканы с заметно лучшим качеством. При этом время сканирования возможно уменьшить путем уменьшения области измерений, что невозможно без использования торможения, так как появляется эффект «размытия» границ.
- При контроле изделий больших размеров рекомендуется проводить сканирование со скоростью 100 мм/с. При этом сканируемую область следует выбирать немного больше размеров самого объекта (например, для контроля объекта с размерами 200 x 200 мм более чем достаточная сканируемая область – 300 x 300 мм). При контроле изделий со значительно меньшими размерами рекомендуется выбирать скорость – 50 мм/с или 25 мм/с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Ультразвуковая дефектометрия — 25 лет. Юбилейный сборник трудов ООО «НПЦ «ЭХО+» под ред. А. Х. Вopilкина. — Москва, Санкт-Петербург: Свен, 2015. 140 с.
- [2] G. Renaud, G. Abeillé, F. Langlois, J. Malik, E. Elkaim, E. Fonda, “Continuous scan at synchrotron soleil”, Proceedings of ICALEPCS2009, Kobe, Japan, pp 507-509 (2009).
- [3] Park Jun Beom, Youn Hanbean, Kim Seung Ho, Kim Junwoo, Kam Soohwa, Park Eunpyeong, Kim Ho Kyung, “Comparison of step-and-shoot and continuous scanning methods in cone-beam computed micro-tomography for NDT”, Proceedings of the KNS 2015 spring meeting.
- [4] C. L. Li, A. M. Kiss, W. J. Zhang, “Investigation of continuous scan methods for rapid data acquisition”, 6th International Particle Accelerator Conference, pp 1243-1245 (2015).
- [5] Abdullah Al Kafi, Umar Mwidu, Belal Mofitah, “Continuous versus step-by-step scanning mode of a novel 3D scanner for CyberKnife measurements”, Applied Radiation and Isotopes, volume 15, November 2015, pp 88-91.