

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 621.179

Критерии качества ультразвукового контроля сварных соединений

А. С. Коробцов, Д. В. Рогозин

(Донской государственный технический университет)

Рассмотрены области корректного использования показателей и критериев качества ультразвукового контроля сварочной продукции. Предложен интегральный показатель качества системы контроля.

Ключевые слова: сварные соединения, ультразвуковой контроль, качество.

Введение. Ультразвуковой контроль является главным источником информации о реальном состоянии сварных объектов ответственного назначения (резервуары, ядерные реакторы, магистральные нефтепроводы и газопроводы, котлы теплостанций, корпуса химических и биологических объектов, судов) [1]. Большинство данных объектов в настоящее время выработало плановый ресурс на 50–70 %. Поэтому проблема качества результатов контроля напрямую связана с проблемой техногенной безопасности [2].

Достоверность ультразвукового контроля и надёжность сварных конструкций предопределяются вопросами валидации, оптимизации систем контроля, аттестации операторов на основе объективных количественных критериев. Однако удовлетворительного количественного критерия оценки достоверности ультразвукового контроля в России до сих пор нет, а отсутствие унифицированных показателей, критериев, методики и инструментальных средств оценки результатов контроля существенно осложняет проблему. Более того, из-за многообразия используемых на практике показателей и критериев наблюдается субъективная интерпретация понятий и показателей качества, их подмена, не учитываются имеющиеся ограничения на корректное использование ряда критериев.

Критерии качества ультразвукового контроля. Сложность проблемы количественной оценки результатов контроля, многообразие объективных и субъективных факторов, влияющих на погрешности дефектоскопии, обусловили использование различных показателей и критериев качества контроля.

Наиболее часто употребляются следующие термины, с помощью которых характеризуют результаты работы как оператора ультразвукового контроля, так и системы контроля в целом: точность, достоверность, надёжность, информативность и эффективность.

Нередко данные показатели употребляют весьма субъективно с качественных позиций на основе лишь информации о количестве выявленных дефектов, о погрешностях измерения параметров и координат дефектов, ошибок, допущенных операторами на различных этапах процесса контроля. При этом часто не оговариваются ни глубина залегания, ни размеры, ни ориентация выявленных дефектов.

При количественных оценках результатов контроля с целью сравнительного анализа различных систем или аттестации операторов находят применение следующие: вероятность выявления дефектов при заданной эквивалентной площади [3], матрица достоверности [4], оперативная и оперативная относительная характеристики выявляемости дефектов [5], оперативная характеристика системы контроля (зависимость вероятности принятия альтернативных решений от параметров сигналов и дефектов) [6], информативность (в энтропийном представлении) [7].

Точность. Термин «точность» часто используется при анализе информации о погрешностях дефектоскопии. Данный показатель отражает результаты контроля, так как точность — свойство, характеризующее близость результатов испытаний к действительным значениям характеристик объектов (ГОСТ 16504-81), а погрешность — отклонение действительного значения параметра от его номинального значения (ГОСТ 15895-77).

Целевое функциональное назначение системы ультразвукового контроля — поиск, восприятие информации о реальной дефектности объекта контроля, её анализ и принятие решения о

недопустимости обнаруженных дефектов. Поэтому возможными основными погрешностями ультразвукового контроля являются следующие: а) пропуск (необнаружение) недопустимых дефектов, б) неправильная идентификация типа дефекта, в) неточная оценка параметров и, соответственно, допустимости дефекта, г) неправильное определение координат залегания дефекта.

Данные погрешности дефектоскопии напрямую влияют на показатели качества систем контроля, однако количественная оценка суммарных погрешностей с целью сравнительного анализа разных систем контроля связана с большими трудностями, так как степень значимости отдельных погрешностей различная.

Следует акцентировать внимание, что сравнительный анализ систем контроля по показателю «точность» корректен лишь для идентичных условий контроля, так как на погрешности ультразвукового контроля влияет большое количество факторов: конструктивно-технологические особенности изделия, особенности дефекта, аппаратурные факторы, технология контроля, среда, оператор.

Достоверность. Данный показатель постоянно применяется при обсуждении результатов ультразвукового контроля и имеет довольно субъективную интерпретацию. О достоверности контроля чаще говорят с качественных позиций (выше — ниже, лучше — хуже), на основе сравнения таких данных, как вероятность обнаружения дефектов, погрешности дефектоскопии, ошибки операторов.

Под достоверностью контроля подразумевают также способность используемой методики обнаруживать и оценивать недопустимые дефекты в соответствии с действительным состоянием объекта. При этом за критерий достоверности принимается оперативная характеристика выявляемости дефектов — вероятность правильного обнаружения дефектов с минимальным недопустимым характеристическим размером.

При оценке достоверности результатов контроля для учёта ошибок первого рода (недоработка) и второго рода (перебраковка) было предложено [4] использовать матрицу достоверности.

По своему физическому смыслу показатель «достоверность» должен характеризовать не точности выполнения возложенных на систему контроля функций. Поэтому его корректнее трактовать не как способность методики контроля, а как показатель конкретного результата контроля, так как результаты дефектоскопии одного и того же объекта одной и той же системой могут существенно отличаться.

Учитывая, что целевое назначение ультразвукового контроля — оценивание дефектной ситуации в объекте контроля, количественная оценка достоверности контроля в общем виде должна учитывать как результативность выявляемости дефектов, так и точность идентификации величины и координат дефектов. Поэтому, если рассматривать достоверность D как показатель, характеризующий суммарные относительные погрешности Δ_i оценивания реальной дефектности в объекте контроля, то можно записать:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^n \Delta_i. \quad (1)$$

То есть чем меньше погрешности оценивания реальной дефектной ситуации в объекте контроля, тем выше достоверность системы контроля.

Если рассматривать качество контроля только с позиции обнаружения-необнаружения недопустимых дефектов, то, по-видимому, количественная оценка достоверности может быть произведена по следующей формуле:

$$D = 1 - P_{нев} \quad (2)$$

где $P_{нев}$ — вероятность невыявления недопустимых дефектов.

При данной трактовке достоверность в ряде случаев может быть практически применена при сравнительном анализе систем контроля. Однако при таком подходе не учитываются факты выявления-невыявления допустимых дефектов, которые также несут дополнительную информацию о возможностях сравниваемых систем контроля, не учитываются факты и последствия перебраковки и недоработки, а также погрешности измерения координат дефектов.

Информативность. Критерий «информативность» как показатель качества ультразвукового контроля является наиболее вольно трактуемым, отмечается подмена понятий. Путаность возникает из-за того, что отождествляются разные, но созвучные понятия: «количество информации», являющееся количественным критерием информативности измерения при энтропийном подходе, и «точность информации» о реальной дефектности. В ГОСТ по контролю качества продукции ин-

формативность как показатель отсутствует, а на практике применяется чаще с качественных позиций при оценке точности полученной информации по принципу: точнее результаты дефектоскопии — выше информативность. Хотя об информативности контроля реального изделия некорректно говорить, если мы не знаем конкретной информации о его истинной дефектности.

Использование данного показателя для количественной оценки результатов контроля было вызвано стремлением найти комплексный критерий качества контроля, который учитывал бы в целом погрешности и обнаружения, и измерения дефектов. Такой подход к проблеме рассмотрен в работе [7], в которой для количественной оценки результатов дефектоскопического измерения критерий «информативность» предлагается использовать на основе энтропийного определения количества информации по К. Э. Шеннону. Авторами предлагается использовать информативность как единый параметр дефектометрического измерения, учитывающий операции поиска и оценки дефектов и определяемый по сумме энтропии обнаружения дефектов и энтропии по оценке их параметров (типа, размеров, координат). Тогда, по их мнению, можно сравнивать системы с разными возможностями в части обнаружения и оценки дефектов.

Практическое использование данного показателя сталкивается с существенными трудностями, заключающимися в необходимости предварительного сбора большой статистической информации, без которой невозможна количественная оценка информативности. Это связано с тем, что, по Шеннону, всем понятиям даётся вероятностный смысл, а итог измерения истолковывается как сокращение области неопределённости измеряемой величины.

Данный показатель взят из теоретических основ кибернетики в виде теории информации, направленной на получение количественной оценки точности передачи и преобразования информации в измерительных устройствах [8]. К. Э. Шеннон на основе теоретико-вероятностного подхода ввёл понятие «количество информации» [9], которая вычисляется по энтропии $H(x)$, характеризующей меру неопределённости измеряемой величины x . То есть энтропия по Шеннону это — характеристика закона распределения вероятностей погрешности измерения как случайной величины и рассматривается как некоторая весовая функция всех точек кривой закона распределения.

В соответствии с десятой теоремой Шеннона, если на вход канала передачи информации подаётся сигнал с энтропией $H(x)$, а шум в канале имеет энтропию $H(\Delta)$, то количество информации I на выходе канала

$$I = H(x) - H(\Delta). \quad (3)$$

На основе данной теоремы количество информации (информативность) при ультразвуковом контроле авторы работы [7] предлагают определять как разницу энтропий до контроля и после. Тогда в соответствии с теорией для системы, имеющей n независимых событий, доконтрольную энтропию предлагается вычислять по выражению:

$$H(x) = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i, \quad (4)$$

где p_i — вероятность i -го события.

Получается, что чем больше мы знаем об объекте контроля, тем меньше неопределённость и меньше энтропия. Ноль соответствует полной определённости.

Послеконтрольная ситуация определяется энтропией закона распределения погрешностей, так называемой условной энтропией $H(\Delta)$ или $H(x/z)$, если о значении измеряемой величины x судят по величине аналога z . Вычисляемая по закону распределения вероятностей погрешности вокруг полученного от прибора показания z , условная энтропия является сжатой характеристикой дезинформации, мерой неопределённости, остающейся после получения от прибора показания z при данном законе распределения вероятностей различных значений погрешности, возникающих при измерении. Согласно 16-й теореме Шеннона, условная энтропия может быть найдена на основании лишь статистики распределения погрешности Δ безотносительно к закону распределения самой измеряемой величины x .

Тогда разность энтропии $H(x)$ исследуемой системы (измеряемой величины) и условной энтропии $H(x/z)$, принимают за меру количества информации $I = H(x) - H(x/z)$.

По-видимому, применительно к ультразвуковому контролю данный критерий более приемлем для построения шкал глубиномерных устройств дефектоскопов, а не для оценки качества контроля. Использование информативности в энтропийном представлении для количественной оценки результатов контроля тест-образцов с искусственными отражателями представляется во-

обще неправомерным, так как не выполняется условие нормировки, ограничивающее область применения теоретических предпосылок. Следовательно, вычисление энтропии некорректно, а количественный подсчёт информативности не правомерен.

К вопросу о применимости критерия «информативность» к оценке качества контроля необходимо добавить следующее. Информация, с инженерных позиций, — сведения о реальной дефектности объекта контроля. Погрешности её измерения характеризуют достоверность контроля. А в энтропийном подходе мы отталкиваемся при количественных оценках не от реальной дефектности объектов контроля, а от энтропии объекта, то есть от вероятности наличия дефектов в нём.

Спорным, в принципе, остаётся вопрос о правомерности оценки информативности с вероятностных позиций. Так, по мнению А. В. Шилейко, наличие в системе некоторого количества информации — внутреннее свойство системы, поэтому любые выводы, основанные на вероятностных отношениях, нельзя считать информацией, так как информация — физическая величина, то есть допускает измерения.

Надёжность. Данный показатель широко применяется на практике для оценки любых систем, в том числе систем «машина — оператор», и рассматривается как комплексное свойство, состоящее в общем случае из безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости. По ГОСТ 27.002-89 надёжность — это свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения.

При ультразвуковом контроле понятие надёжность применяется часто в вероятностном аспекте как характеристика объекта контроля, системы контроля и оператора. При этом имеются определённые различия в смысловой трактовке данного понятия, что следует учитывать при практическом использовании термина.

Чтобы не было субъективного трактования данного показателя, под надёжностью объектов контроля в процессе эксплуатации предлагается [10] понимать вероятность невозникновения аварийной ситуации в проконтролированных объектах при регламентированных условиях эксплуатации в заданный период времени.

В качестве показателя надёжности системы контроля принимают вероятность осуществления возложенных на систему функций контроля в заданных условиях.

Надёжность оператора ультразвукового контроля, по мнению А. К. Гурвича, определяется вероятностью точного, безошибочного и своевременного выполнения в течение времени контроля всех порученных ему функций контроля объекта в заданной производственной среде.

Данное определение надёжности представляет собой интерпретацию результатов работы в большей степени с качественных позиций. Для практических целей при сравнительном анализе или аттестации существенную значимость имеет возможность количественной оценки показателя «надёжность».

Следует отметить, что некорректно сравнивать надёжность работы разных операторов, не оговаривая особенности проведения контроля, так как надёжность оператора ультразвукового контроля существенно зависит от многих объективных и субъективных факторов. К объективным факторам относятся аппаратные (методика контроля, чувствительность) и внешние. Внешние факторы характеризуют физические условия работы (температура, влажность, освещённость, радиоактивность, наличие помех), эргономические факторы условий работы, а также организационные (режим труда и отдыха, отрезок рабочего дня) и эмоциогенные факторы деятельности оператора (степень ответственности, аварийная ситуация). Субъективные факторы надёжности оператора принято называть человеческим фактором. Степень влияния субъективных факторов зависит от характеристик восприятия, внимания, памяти, темперамента, возраста, квалификации, функционального состояния оператора, мотивации и др.

Количественная оценка качества работы оператора по показателю «надёжность» с позиции данного ему определения связана с определёнными трудностями. Сложно провести количественную оценку показателя, если, например, все недопустимые дефекты обнаружены, но имеют место погрешности в определении их координат или факты ошибочной браковки. Очевидно, что при наличии ошибок надёжность как вероятность безошибочной работы снижается. Но как учесть весовую значимость различных допущенных ошибок при сравнительном анализе? Как учесть при оценке качества работы тот факт, что на контроль разными операторами было затрачено разное

время? С позиции надёжности сделать это проблематично. Большое количество факторов надёжности также существенно затрудняет проведение сравнительного анализа.

По-видимому, в некоторых случаях при сравнительном анализе, когда за количественный показатель надёжности контроля принимается вероятность выявления недопустимых дефектов, это может быть правомерным. Однако только при определённых идентичных условиях.

Например, при аттестации специалистов требуется сравнить результаты работы двух операторов, проконтролировавших разные тест-образцы, содержащие однотипные искусственные отражатели. Каждый тест-образец содержит равное количество отражателей одного типоразмера, относящегося к категории недопустимых. Отличаются образцы только характеристическим размером дефектов. В результате контроля на каждом образце выявлено одинаковое количество дефектов. С точки зрения определения надёжности как вероятности безошибочного выполнения функционального назначения (выявление недопустимых дефектов) в течение определённого времени, операторы показали одинаковые результаты. Но означает ли такой результат, что они продемонстрировали работу одинаковой квалификации? Представляется, что нет, так как при таком подходе не учитывается тот факт, что вероятность выявления дефекта существенно зависит от его характеристического размера. Поэтому, по нашему мнению, в таких случаях более объективным критерием качества работы будет показатель, который учитывает вероятность выявления данного типоразмера дефектов данной системой контроля, например коэффициент относительной выявляемости дефектов:

$$K_{отн} = P_{тип} / P_B \quad (5)$$

где $P_{тип}$ — относительное количество выявленных дефектов в образце, P_B — вероятность выявления данного типоразмера дефектов данной системой контроля.

Если испытательный тест-образец содержит несколько типоразмеров искусственных отражателей, то за критерий результативности следует принять *интегральный коэффициент относительной выявляемости дефектов*:

$$K''_{отн} = \sum_{i=1}^n P_{тип}^i / P_B^i \quad (6)$$

где $P_{тип}^i$ — относительное количество выявленных дефектов типоразмера i , P_B^i — вероятность выявления дефектов типоразмером i данной системой, n — количество типоразмеров искусственных отражателей в образце.

Учитывая, что вероятность выявления крупных и протяжённых дефектов высока, данный количественный показатель результативности работы будет выше в тех случаях, когда вырастает количество выявленных наиболее мелких дефектов.

Следует особо отметить, что о количественной оценке надёжности как показателе качества правомерно вести речь только при анализе результатов контроля объектов, содержащих искусственные дефекты известных формы, размеров и местоположения. При контроле реальных объектов некорректно использование термина «надёжность» до тех пор, пока информация о реальной дефектности остаётся неизвестной. В таких случаях, когда неизвестно общее количество имеющихся дефектов и их истинные размеры, по нашему мнению, для сравнительной оценки результатов контроля можно пользоваться критерием, учитывающим количество выявленных дефектов и их относительную выявляемость:

$$K = \sum_{j=1}^n \frac{n_j}{p_j} \quad (7)$$

где n_j — количество выявленных дефектов типоразмера j , p_j — вероятность выявления дефектов типоразмером j для данной технологии контроля в течение заданного времени (или, например, для штатной технологии).

Однако если при контроле тест-образцов имеют место факты перебраковки и недобраковки дефектов, то и интегральный коэффициент относительной выявляемости дефектов $K''_{отн}$ не даёт нам объективной оценки качества проведённого контроля, поэтому требуется использование более комплексных показателей качества.

Эффективность. Данный показатель оценки качества как системы, так и оператора ультразвукового контроля позволяет учесть помимо вероятности обнаружения также вероятность «перебраковки» и «недобраковки».

По мнению А. К. Гурвича, основным фундаментальным комплексным показателем качества любой системы контроля является интегральный критерий эффективности, представляющий собой отношение технической эффективности системы (приращение надёжности объекта контроля вследствие устранения обнаруженных дефектов) к суммарным затратам, благодаря которым достигаются поставленные цели. То есть данный показатель характеризует как степень соответствия системы её целевому функциональному назначению, так и экономические показатели.

В инженерной психологии эффективность также рассматривается как комплексный параметр, позволяющий дать обобщённую оценку работе оператора системы «человек — машина». Однако, несмотря на многочисленность исследований, посвящённых деятельности оператора, целостной концепции эффективности его деятельности не существует. Нерешённым можно назвать и вопрос о выборе критериев эффективности, поскольку существующие критерии не обеспечивают её точной количественной оценки.

Фактическую эффективность работы оператора $\mathcal{E}_{оп}$ как и любой системы контроля, представляется возможным в общем случае представить как отношение надёжности $H_{оп}$ (или другого интегрального критерия) к суммарной экономической эффективности ΣZ его работы:

$$\mathcal{E}_{оп} = H_{оп} / \Sigma Z, \quad (8)$$

где $\Sigma Z = Z_1 + Z_2 + Z_3$ — основные составляющие суммарных затрат: Z_1 — стоимость (средства, время) непосредственного контроля; Z_2 — затраты, связанные с ошибочной браковкой годного объекта контроля (перебраковка); Z_3 — убытки (разрушения, аварийная ситуация), связанные с нерегистрацией (пропуск, ошибочная оценка размеров) недопустимых дефектов (недобраковка).

Данный показатель расширяет возможности сравнительного анализа результатов контроля. Например, при 100-процентной выявляемости дефектов и отсутствии фактов перебраковки и недобраковки эффективность работы будет выше у того оператора, у которого значение Z_1 будет минимальным. При наличии же фактов перебраковки или недобраковки значимость величины Z_1 существенно снижается и в сравнительных расчётах во многих случаях ею можно пренебречь.

Так как реальные затраты, в частности последствия недобраковки, подсчитать не так просто, представляется возможным определять количественную оценку эффективности систем контроля через значения вероятностей перебраковки и недобраковки по результатам контроля тест-образцов.

Интегральный показатель качества. Значения вероятностей перебраковки и недобраковки могут быть использованы как самостоятельные критерии качества конкретной системы контроля. Они могут также учитываться при определении интегрального показателя качества системы ультразвукового контроля, предлагаемого в данной работе:

$$P_{кач} = K_{отн}'' - P_{пер} - P_{нед} \quad (9)$$

где $K_{отн}''$ — интегральный коэффициент относительной выявляемости дефектов, $P_{пер}$ — вероятность перебраковки, $P_{нед}$ — вероятность недобраковки.

Для практического использования при сравнительном анализе показателя «эффективность» и интегрального показателя качества как наиболее комплексных критериев качества ультразвукового контроля сварных соединений, необходимо изготовление специальных тест-образцов, содержащих искусственные дефекты определённых унифицированных типоразмеров.

Выводы. 1. Некорректно использование показателей «точность», «достоверность», «информативность», «надёжность» как количественных критериев качества ультразвукового контроля сварных соединений, пока не получена объективная информация о реальной дефектности объекта контроля (например, на основе послойной разрезки).

При сравнительном анализе различных систем контроля и аттестации операторов данные показатели качества правомерно использовать только по результатам контроля испытательных образцов, содержащих искусственные дефекты нормированных размеров, формы и местоположения.

2. Предложен интегральный показатель качества результатов ультразвукового контроля.

Библиографический список

1. Щербинский, В. Г. Технология ультразвукового контроля сварных соединений / В. Г. Щербинский. — Москва: Тиссо, 2005. — 214 с.
2. Клюев, В. В. Техническая диагностика — основа безопасности страны / В. В. Клюев, В. Т. Бобров // Контроль. Диагностика. — 2011. — № 6. — С. 55—61.

3. Crutzen, S. Summary of the PISC II project: PISC II report N 1 — June 1985 / S. Crutzen // International Journal of Pressure Vessels and Piping. — 1987. — V. 28. — P. 311—346.
4. Волченко, В. Н. Вероятность и достоверность оценки качества металлопродукции / В. Н. Волченко. — Москва: Metallurgiya, 1979. — 88 с.
5. Performance demonstration in NDT by statistical methods: ROC and POD for ultrasonic and radiographic testing / C. Nockeman [et al.] // 6th European Conference on Non Destructive Testing, 24—28th October, Nice, 1994. — V. 1. — P. 69—79.
6. Давиденко, В. Ф. Развитие методов и средств неразрушающего контроля сварных соединений и методов оценки их качественных характеристик / В. Ф. Давиденко, В. А. Троицкий // Дефектоскопия. — 1991. — № 5. — С. 47—54.
7. Розина, М. В. Оценка информативности систем неразрушающего контроля, применяемых при строительстве и дефектации судов / М. В. Розина, Л. М. Яблоник // Дефектоскопия. — 1991. — № 4. — С. 87—94.
8. Новицкий, П. В. Основы информационной теории измерительных устройств / П. В. Новицкий. — Ленинград: Энергия, 1968. — 98 с.
9. Шеннон, К. Работы по теории информации и кибернетике / К. Шеннон. — Москва: Изд-во иностр. лит-ры, 1963. — 112 с.
10. Гурвич, А. К. Системы неразрушающего контроля: эффективность, достоверность, информативность и надёжность / А. К. Гурвич, Г. Я. Дымкин // Ультразвуковая дефектоскопия металлоконструкций. Информативность и достоверность. УЗДМ-98: сб. докл. XVI Петербургской конф. 3—5 июня 1998 г., Санкт-Петербург, 1998. — С. 12—16.

Материал поступил в редакцию 16.12.2011.

References

1. Shherbinskij, V. G. Texnologiya ul'trazvukovogo kontrolya svarny'x soedinenij / V. G. Shherbinskij. — Moskva: Tisso, 2005. — 214 s. — In Russian.
2. Klyuev, V. V. Texnicheskaya diagnostika — osnova bezopasnosti strany' / V. V. Klyuev, V. T. Bobrov // Kontrol'. Diagnostika. — 2011. — # 6. — S. 55—61. — In Russian.
3. Crutzen, S. Summary of the PISC II project: PISC II report N 1 — June 1985 / S. Crutzen // International Journal of Pressure Vessels and Piping. — 1987. — V. 28. — P. 311—346.
4. Volchenko, V. N. Veroyatnost' i dostovernost' oenki kachestva metalloprodukcii / V. N. Voldchenko. — Moskva: Metallurgiya, 1979. — 88 s. — In Russian.
5. Performance demonstration in NDT by statistical methods: ROC and POD for ultrasonic and radiographic testing / C. Nockeman [et al.] // 6th European Conference on Non Destructive Testing, 24—28th October, Nice, 1994. — V. 1. — P. 69—79.
6. Davidenko, V. F. Razvitie metodov i sredstv nerazrushayushhego kontrolya svarny'x soedinenij i metodov oenki ix kachestvenny'x xarakteristik / V. F. Davidenko, V. A. Troiczkiy // Defektoskopiya. — 1991. — # 5. — S. 47—54. — In Russian.
7. Rozina, M. V. Ocenka informativnosti sistem nerazrushayushhego kontrolya, primenyaemy'x pri stroitel'stve i defektacii sudov / M. V. Rozina, L. M. Yablonik // Defektoskopiya. — 1991. — # 4. — S. 87—94. — In Russian.
8. Noviczkiy, P. V. Osnovy' informacionnoj teorii izmeritel'ny'x ustrojstv / P. V. Noviczkiy. — Leningrad: E'nergiya, 1968. — 98 s. — In Russian.
9. Shennon, K. Raboty' po teorii informacii i kibernetike / K. Shennon. — Moskva: Izd-vo inostr. lit-ry', 1963. — 112 s. — In Russian.
10. Gurvich, A. K. Sistemy' nerazrushayushhego kontrolya: e'ffektivnost', dostovernost', informativnost' i nadyozhnost' / A. K. Gurvich, G. Ya. Dy'mkin // Ul'trazvukovaya defektoskopiya metallokonstrukcij. Informativnost' i dostovernost'. UZDM-98: sb. dokl. XVI Peterburgskoj konf. 3—5 iyunya 1998 g., Sankt-Peterburg, 1998. — S. 12—16. — In Russian.

QUALITY CRITERIA OF WELDED JOINT ULTRASONIC TESTING

A. S. Korobtsov, D. V. Rogozin
(Don State Technical University)

The correct usage fields of the quality values and criteria for the ultrasonic testing of welded products are considered.
Keywords: welded joints, ultrasonic testing, quality.