

# ОЦІНКА РИЗИКУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗВАРНИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ПІДСТАВІ МОНІТОРИНГУ ПРОЦЕСІВ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ І ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ МЕТОДАМИ НК І ТД

Ю. К. БОНДАРЕНКО, О. В. КОВАЛЬЧУК

ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України. 03680, м. Київ-150, вул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Визначені особливості побудови системи управління якістю зварювального виробництва згідно нової редакції ISO 9001:2015 на основі розробки процесів системи з позицій ризик – орієнтованого підходу. Більш детальне технічне регулювання і контроль зазнають ті процеси системи, які суттєво впливають на якість зварних конструкцій і які можуть містити підвищену величину ризику. В роботі визначені особливості ризику в зварювальному виробництві, пов'язані з призначенням відповідальної конструкції, з особливостями виробництва – наявністю «спеціального» процесу зварювання, персоніфікованими роботами по технічній експертизі, зварюванню, неруйнівному контролю, невизначеністю результатів випробувань та аудиту. Наведені міжнародні нормативні документи, які визначають вимоги до організації вказаних процесів і проведення неруйнівного контролю. За результатами проведених аудитів системи управління підприємств зварювального виробництва і отриманих даних випробувань в акредитованій випробувальній лабораторії ІЕЗ визначено характер впливу рівня управління якістю на якість і ризик продукції. Дослідження і управління ризиком на основі методології стандарту ISO/IEC 31000 слугує для попередження негативних результатів виробництва, пов'язаних з дефектністю зварних конструкцій, можливими аваріями, шкідливими впливами, проте і виявляє приховані можливості для його вдосконалення. Бібліогр. 12, рис. 6.

*Ключові слова:* ризик, менеджмент ризику, оцінка ризику, якість зварної конструкції і технологічних процесів зварювання, вдосконалення системи управління якістю зварювального виробництва

Необхідність підвищення ефективності діяльності підприємства (збільшення продуктивності, зменшення витрат, поліпшення якості) змушує розробляти ефективні методи управління і впроваджувати вимоги стандартів системи якості, переходячи від контролю готової продукції (поетапного контролю, як одного з методів технічного забезпечення функціонування) до процесного підходу управління. Вимоги стандартів системи управління якістю розвиваються відповідно до вимог розвитку суспільства і розвитку наукових методів управління. Сімейство стандартів системи менеджменту нового покоління, до якого відносяться і ISO 9001:2015, є стандартами структури високого рівня. Термін структура високого рівня введено керівництвом ISO Guide 83:2011 і застосовується до стандартів системи менеджменту, які мають ідентичні вимоги, терміни, ключові визначення і використовують концепцію ризик-орієнтованого мислення.

Дослідження показали, що підприємства чи лабораторії стикаються з низкою ризиків, які можуть впливати на досягнення цілей в сфері якості, безпеки зварної конструкції. Ризик – це вплив невизначеності на цілі [1]. Вплив розглядається як відхилення з позитивними і негативними наслідками. Цілі на виробництві можуть мати різні аспекти і можуть відноситись до різних рівнів

© Ю. К. Бондаренко, О. В. Ковальчук, 2017

управління (таких як стратегічний рівень, організаційний, рівень проекту, продукції, процесу). Ризик експлуатації часто характеризується посиленнями на потенційно можливі події (аварії) і наслідки або їх комбінації. Ризик часто виражається в комбінації події і пов'язаної з нею імовірності інцидентів (аварій). Невизначеність – це також стан часткової відсутності інформації відносно розуміння чи знання подій, їх наслідків або імовірності [1].

Оцінка ризику є загальним процесом ідентифікації ризику, аналізу ризику і виявлення ступеню ризику в зварній конструкції. Рівень ризику – величина ризику, виражена в комбінації наслідків і їх імовірності виникнення дефектів при виробництві і експлуатації зварної конструкції. Критерії ризику – дані, за якими оцінюється значущість ризику. Визначення ступеню ризику – процес порівняння результатів аналізування ризику з критеріями ризику для визначення того, чи можна прийняти величину ризику в кожній зварній конструкції. Неруйнівний контроль – вимірювання, здатне змінити ризик [1].

Дослідження показали, що кожен процес системи управління якістю зварювального підприємства виконує як «корисну роботу» – здійснює діяльність по перетворенню вхідних показників якості на вихідні і розглядається з позицій створення додаткових цінностей, так і несе в собі не-

визначеності (ризик), які впливають на отримувані вихідні показники [2]. При цьому будь-яка невизначеність при випробуванні може мати позитивний чи негативний результат. Позитивний результат, зумовлений відхиленням, може забезпечувати певну можливість і в цьому «прихований» додатковий ресурс для зварювального підприємства, проте не всі позитивні впливи ризику ведуть до можливостей при виготовленні зварної конструкції [2].

Негативний результат спонукає до управління ризиком. З цією метою необхідно, по-перше, інженерному персоналу підприємства (керівнику зварювальних робіт, керівнику лабораторії з НК і ТД) мати знання про ризик: ідентифікувати джерела ризику, визначити природу ризику і рівні ризику (провести аналіз ризику). По-друге, визначити ступінь ризику шляхом порівняння результатів аналізу ризику з критеріями ризику для визначення того, чи можна прийняти величину ризику. За необхідності, провести обробку ризику (включаючи модифікацію ризику) (рис. 1).

З метою зменшення ризику модифікація може включати: знешкодження джерела ризику, зміну ймовірності, зміну наслідків, розподіл відповідальності між іншими процесами або виконавцями процесів [3].

Аналіз показав, що при впровадженні системи управління виробництвом на основі стандарту ISO 9001:2015 рівень регулювання процесами (деталізація вимог системи, додаткові управлінські дії, обсяг вимірювань та неруйнівного контролю, навчання та атестація персоналу) пропорційний ступеню ризиків, пов'язаних з ними. Це дає підприємству можливість сконцентрувати зусилля та кошти на тих ділянках технологічного процесу, де ймовірність виникнення відмов найбільша і не загрузити в управлінні другорядними процесами. Натомість процеси управління ризиками, згідно методології стандартів ISO 9001:2015 та

ISO 31000:2009, мають стати частиною процесів підприємства і бути інтегровані в загальну систему управління зварювального виробництва та експлуатації конструкцій.

При ідентифікації джерел ризиків враховується сфера діяльності організації зварювального виробництва (контекст організації), тип виробництва, випробувальної лабораторії з НК і ТД. Процес керування ризиками допомагає приймати рішення з урахуванням невизначеності та можливості настання майбутніх подій чи обставин і їх впливів на цілі організації в сфері якості і безпеки.

Відзначимо особливості ризиків зварювального виробництва і, як наслідок, системи управління, в тому числі, вимог щодо вимірювань та обсягів контролю з НК і ТД.

Перша група – це ризики, пов'язані з виробництвом та ремонтом відповідальних конструкцій, на які поширюються вимоги Технічних регламентів [5]. В цьому випадку вимоги до управління виробництвом, обсягу контролю відносяться до законодавчо регульованої сфери і мають бути не менш жорсткі, ніж визначені законодавством. Так, «Технічний регламент будівельних виробів, будівель і споруд», до якого може бути віднесена частина зварних конструкцій, вимагає контроль виробництва з боку виробника по модулю  $A$  та  $D$ , підтвердження відповідності продукції по модулю  $B+D$  або  $F$  з боку призначених органів з оцінки відповідності [5].

Стандарти серії EN 1090 «Виконання сталевих та алюмінієвих конструкцій» визначають залежність класу виготовлення конструкцій від ризиків, які з нею пов'язані. Так, стандарт EN 1090-2 Частина 2 «Технічні вимоги до сталевих конструкцій» встановлює чотири класи виготовлення, які позначаються як EXC 1...EXC 4 («EXC» – execution). При цьому жорсткість вимог зростає від EXC 1 до EXC 4. Вибір класу виготовлення здійснюється з врахуванням вирішальних факторів виконання, які впливають на загальну надійність споруд. Так, EN 1090-2 (додаток B) визначає наступні три вирішальні фактори: класи наслідків в залежності від диференціації надійності; ризики, пов'язані з виготовленням конструкції; ризики, пов'язані з використанням конструкції. З метою класифікації конкретної конструкції необхідно визначити критерії для виробничих категорій та категорій використання.

Друга група – це ризики, пов'язані з наявністю спеціального процесу. До спеціальних процесів відносяться технологічні процеси, якість яких формується протягом виконання і не може бути забезпечена результатами заключного контролю (іншими словами це процеси, якими важко управляти). До них відносяться процеси зварювання та

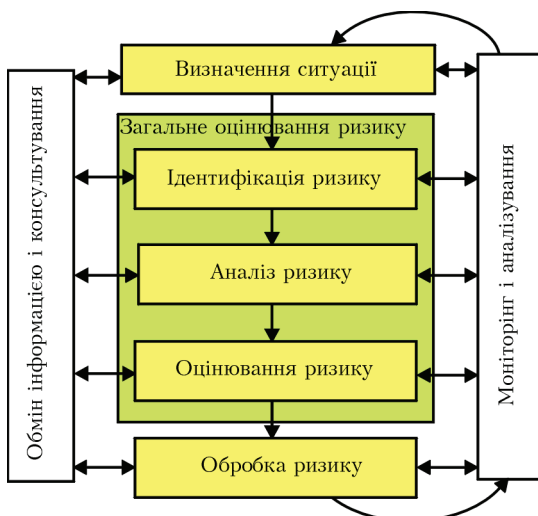


Рис. 1. Вхідні дані процесу керування ризиком [3, 4]

термооброблення. Дійсно, при наявності дефектів, які не можуть бути виправлені (тріщини, несутільності, тощо) зварне з'єднання бракується. При ремонті трубопроводу, наприклад, заміна одного стикового зварного шва вимагає зварювання котушки, що збільшує вартість ремонту мінімум вдвічі. Величина ризику для виробника в цьому випадку дорівнює добутку імовірності виникнення браку на величину збитку ( вартості повного обсягу зварювальної роботи) [6].

Аналіз показав, що вимоги щодо деталізації управління зварювальними процесами та організацією контролю при зварюванні визначаються сімейством стандартів ISO 3834. Ці стандарти регламентують вимоги до менеджменту при зварюванні, обсяг і організацію контролю, зокрема з НК і ТД, необхідні процедури. Серія стандартів ISO 3834 складається з шести частин, об'єднаних загальною назвою «Вимоги до якості виконання зварювання плавленням металевих матеріалів»: Частина 1 «Критерії вибору відповідного рівня вимог до якості»; Частина 2 «Всебічні вимоги до якості»; Частина 3 «Типові вимоги до якості»; Частина 4 «Елементарні вимоги до якості»; Частина 5 «Документи, вимоги яких необхідно задовольняти для того, щоб підтвердити відповідність вимогам ISO 3834-2, ISO 3834-3 або ISO 3834-4»; Частина 6 «Керівництво по впровадженню ISO 3834 (Технічний звіт)».

Стандарт EN 1090-2 містить вказівки по застосуванню частин стандартів ISO 3834 в залежності від необхідного класу виготовлення конструкцій: при класі виготовлення EXC1 слід застосовувати Частину 4 ISO 3834; EXC2 – відповідно Частину 3; EXC3 і EXC4 – Частину 2. Таким чином, клас конструкцій диктує вимоги до рівня деталізації процесів управління якістю зварювального виробництва, а також обсягу застосування НК і ТД.

При аналізуванні вимог стандартів ISO 3834 щодо виконання неруйнівного контролю встановлено, що при зварюванні відповідальних конструкцій, на які поширюється ISO 3834-2, ISO 3834-3, необхідно: вимоги до контролю включати в документований процес планування виробництва і контролю виробничої діяльності; мати плани контролю; процедуру контролю. Також в стандарті ISO 3834-5 (додаток А) визначаються кваліфікаційні вимоги до фахівців, які здійснюють НК.

Всебічні та типові вимоги до якості зварювання вимагають від виробника зварних конструкцій: впровадження системи ідентифікації зварних з'єднань; розробку та виконання плану зварювання (EN 1090-2); технологічні інструкції для зварювання – WPS (welding procedure specification) згідно відповідних частин стандартів ISO 15609; інструкції з термооброблення зварних з'єднань (за необхідності згідно ISO/TR 17663); атеста-

ції технології зварювання згідно стандартів серії ISO 15614. Необхідно впровадити систему підготовки та атестації зварників та операторів-зварників (стандарти серій ISO 9606, ISO 15618, стандарт ISO 14742), та персоналу з НК і ТД згідно EN ISO 9712 [7]. Особливо важливим є забезпечення зварювальних робіт інженерним висококваліфікованим персоналом для координації зварювальних робіт (ISO 14731) та керування зварювальними роботами (кваліфікаційні вимоги – ISO 3834-5, додаток А). Всі ці заходи є методами обробки ризику в зварювальному виробництві.

Третя група ризиків пов'язана з наявністю в зварювальному виробництві персоніфікованих робіт (процесів). Це такі роботи, в яких якість виконання на 80...100 % залежить від кваліфікації, компетентності і відповідальності виконавців. В галузі зварювання це інженерний персонал (керівники, координатори зварювальних робіт), спеціалісти ручного дугового зварювання і спеціалісти з проведення неруйнівного контролю та технічної діагностики. Так, на фахівця з неруйнівного контролю «лягає відповідальність» по ідентифікації статусу компонентів зварної конструкції: чи є вони відповідними вимогам нормативного документу та технічному завданню, чи є бракованими. Величина наслідків ризику (втрат) у випадку видачі недостовірного протоколу фахівцем з НК і ТД для виробника може бути сумірна з затратами на виготовлення, гарантійне обслуговування та ремонт. Для споживачів вона пов'язана з втратами від аварій, тощо. Тому необхідно зменшити вірогідність невідповідної діяльності з НК і ТД і збільшити достовірність результатів вимірювання. Такі додаткові заходи управління персоналом зі зварювання, НК і ТД, як організація періодичного навчання, атестація, сертифікація, наглядання за проведенням робіт з НК і ТД є необхідними з точки зору методології управління ризиком.

Беручи до уваги методології сучасного управління, наприклад, стратегічного управління збалансованою системою показників BSC (Balance, score, card) діяльності організації [8], для забезпечення сталого розвитку підприємства робота з персоналом, який відповідає за ключові процеси утворення якості, має включати такі заходи, як мотивація, заохочення. Разом з тим головний зварник та фахівець з НК і ТД мають бути ознайомлені з політикою і цілями в сфері якості підприємства і мають розуміти, як їх діяльність впливає на виконання конкретних цільових завдань і стратегічних показників. Такі заходи управління, як мотивація, впровадження системи підвищення кваліфікації слугуватимуть тому, що знання кожного спеціаліста стануть корпоративними знаннями і сприятимуть створенню корпоративної культури в



цілому, підвищенню відповідальності за своєчасне якісне виконання виробничих завдань.

Робота фахівців з неруйнівного контролю тісно пов'язана з роботою випробувальної лабораторії підприємства.

Четверта група – ризики, пов'язані з моніторингом та вимірюваннями. Кожне підприємство, яке впроваджує у себе систему управління має організувати систему моніторингу та вимірювань як показників процесів, так і контроль продукції на визначених етапах життєвого циклу (вхідний контроль, операційний, вихідний контроль готової продукції, діагностика експлуатаційних характеристик). Організація випробувань в випробувальній лабораторії (ВЛ) має відповідати міжнародному стандарту ISO/IEC 17025 [9]. На рис. 2 зазначені фактори, які впливають на результати випробувань.

Впровадження якісного управління та контролю за цими процесами (згідно стандарту ISO/IEC 17025) допоможе спрогнозувати та зменшити результуючий ризик випробувань, що пов'язаний з невизначеністю вимірювання.

Невизначеність вимірювання – це параметр, що пов'язаний з результатом вимірювання і характеризує розсіяння значень, котрі обґрунтовано могли б бути приписані вимірюваній величині [10, 11].

Крім традиційних процесів управління в лабораторії, таких, як управління випробувальним обладнанням, документацією, навколишнім середовищем впроваджуються і методи, притаманні саме організації випробувань, зокрема з НК і ТД. Оцінювання якості результатів випробування забезпечується шляхом виконання повторних, дублюючих, міжлабораторних випробувань.

Ця діяльність здійснюється з запланованою періодичністю таким чином, щоб результат кожного методу випробування був оцінений і порівняний з іншим результатом, як мінімум, один раз протягом встановленого лабораторією терміну (але не більше ніж рік). Результати отриманих випробувань (неруйнівних та руйнівних) слугують для аналізу якості діяльності ВЛ. Впроваджується система валідації методів в ВЛ.

Аналіз нормативних документів показав, що в порівнянні зі стандартом ДСТУ 3412-96, в ДСТУ ISO/IEC 17025 відрізняються вимоги до протоколів. Так, протокол може містити думки та тлумачення випробувача, пов'язані з отриманими ре-

зультатами, які не відображені в замовленні на випробування, але які він вважає за суттєві, і які можуть бути втрачені при подальшому управлінні випробуванням зразком чи частиною конструкції.

У випадку порушення процесу випробувань відповідальна особа лабораторії може прийняти рішення про продовження чи припинення випробувань, прийняття або неприйняття результатів випробування (провести аналіз ризику і оцінити ступінь ризику). Проте дані про всі відхилення процесу випробування, прийняті рішення і прізвища відповідальних осіб, дозволи на поступку повинні бути задокументовані, підписані та затверджені. Ця документована інформація може бути використана для подальшого повторного аналізування ризику випробувань та якості конструкції.

Іншим методом вимірювання є аудити. Основні ризики, які можуть бути притаманні аудитам – недостатність компетентності персоналу з перевірки в конкретній галузі (в тому числі в методах проведення НК і ТД для зварювального виробництва), суб'єктивність оцінки, вибіркковість об'єктів перевірки. Проведення аудиту є також персоналізованою роботою, тому розробленню методології виконання аудитів завжди приділялась велика увага як в міжнародній організації зі стандартизації ISO (еволюція стандартів від минулої серії ISO 10011 до ISO 19011, видання нових редакцій ISO/IEC 17021), так і безпосередньо на підприємствах. Методика проведення внутрішнього аудиту підприємства, яка враховує його специфіку, є обов'язковою для впровадження в рамках системи управління якістю.

Таким чином, аудити та випробування руйнівним контролем та методами НК і ТД щодо ризику мають двоїсту властивість з однієї сторони несуть в собі невизначеності і пов'язані з ними ризики, з іншої є методами вимірювань, за результатами яких можна визначити шляхи вдосконалення системи і зменшення ризиків. Підвищення достовірності методів вимірювань в порівнянні з попередніми їх виконаннями може виявити ресурс поліпшення, про який було невідомо досі і зменшити величину рівня ризику прийнятного на даний час для організації і покращити якість продукції в цілому (наприклад, Система 6  $\sigma$ ) [12].

В ході виконання обстежень технічних можливостей організацій, які виконують зварювальні роботи та контроль спеціалістами ІЄЗ ім. Є. О. Патона НАН України були проведені аудити виробництва щодо виконання технологічних процесів зварювання (рис. 3). Серед них: № 1 – підприємство, яке випускає будівельні металоконструкції; № 2 – підприємство, що випускає обладнання з енергетики; № 3 – ремонтний підрозділ ТЕЦ; № 4 – підприємство, яке здійснює монтаж мостових будівельних конструк-

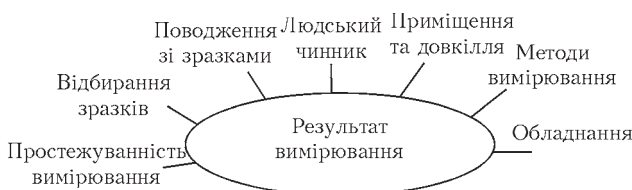


Рис. 2. Фактори, що впливають на результат вимірювання

цій; № 5 – ремонтний підрозділ хімічного комбінату; № 6 – ремонтний завод збагачувального комбінату; № 7 – ремонтний підрозділ хімічного комбінату; № 8 – підприємство теплових мереж; № 9 – підприємство, що випускає парові та водогрійні котли. Методологія аудиту відповідала ДСТУ 3957 з врахуванням вимог ISO 9001. Оцінювались такі елементи системи якості виробництва як: документація, в тому числі розроблення нормативної, конструкторської, технологічної (WPS) документації підприємства; підготовка та атестація персоналу; управління обладнанням; виконання процесів виробництва і виконання зварювання; організація системи контролю та випробувань. Вимоги до показників процесів визначались нормативними документами (НД) ISO 3834, ДСТУ 3951.3, ISO14731, ISO 15614, технічними умовами на виготовлення та експлуатацію (в частині ремонту) конкретних типів конструкцій.

Для вивчення результатів аудитів (вимоги стандарту ISO/IEC 17021) була запропонована класифікація невідповідностей (ранжування): значна – системна повторювана невідповідність, що зменшує відповідність елемента системи на 50 %; середня – несистемна повторювана на 15 %; поодинокі невідповідності (зауваження), на 5 %. Також на підприємствах були відібрані контрольні зварні з'єднання виконаних технологічних процесів та продукції, та були доставлені в акредитовану в Національному агентстві з акредитації України (НААУ) випробувальну лабораторію ІЕЗ, де за розробленими конкретними програмами (з врахуванням ТУ на продукцію) був проведений комплекс неруйнівних і руйнівних випробувань. По кожному підприємству було розраховано відношення кількості отриманих невідповідних (бракованих) з'єднань до загальної кількості випробуваних зразків підприємства, інакше – величину ймовірності виникнення невідповідностей, що співвідноситься з ризиком.

В літературних джерелах залежність рівня ризику від факторів, що на нього впливають, рекомендують розраховувати як сумарну функцій впливу  $i$ -го фактора

$$R = b_0 + \sum_{i=1}^k f_i^{L_i}(x_1, x_2, \dots, x_m), \quad (1)$$

де  $b_0$  – початковий рівень ризику, який не залежить від функції регресії;  $f_i$  – функція впливу  $i$ -го фактора;  $k$  – кількість функцій;  $L_i$  – ступінь функції.

Дослідження показали, що при відсутності великого набору статистичних даних рекомендується кожен фактор ризику оцінювати в системі бальних оцінок [6]. Якщо вплив кожного з перелічених вище факторів прийняти за одиницю, то доцільно побудувати графік (рис. 3) вірогідності бракованих з'єднань в випробуваній партії під-

приємства (ризик  $R_i$ ) в залежності від загального рівня системи управління (усереднений показник відповідності всіх елементів системи на даному підприємстві).

Аналізуючи діаграму встановлено, що при зменшенні рівня відповідності елементів системи на 20 %, починається різке зниження якості готової продукції, а при рівні відповідності елементів 50 % вимогам НД якість зварних з'єднань падає до 0, а ризик відповідно збільшується до 1, незважаючи на те, що підприємство має всі основні технічні ресурси.

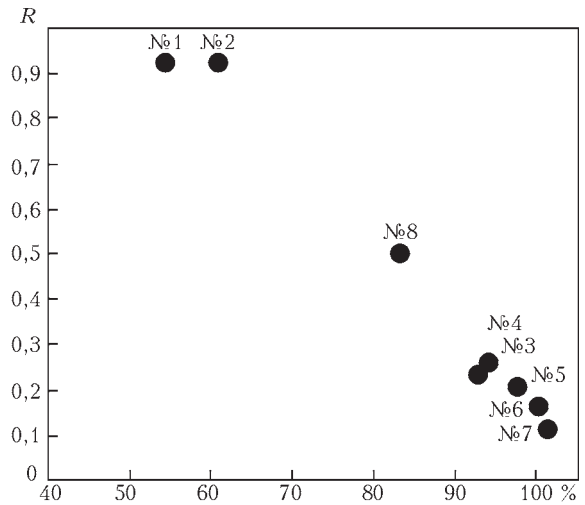


Рис. 3. Результат аналізу стану зварювального виробництва за ДСТУ 3957;  $R$  – ймовірність виникнення браку в партії (ризик)

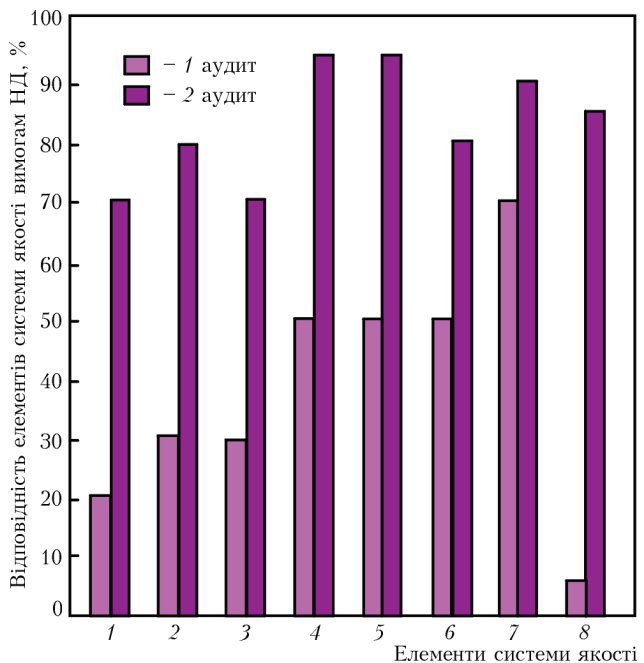


Рис. 4. Результати проведення першого та другого обстеження елементів системи якості на відповідність заданим вимогам (ДСТУ 3957) підприємства, що випускає будівельні конструкції: 1 – документація; 2 – управління процесами виробництва; 3 – контроль та випробування; 4 – виробниче обладнання; 5 – коригувальні дії; 6 – підготовка персоналу; 7 – управління навколишнім середовищем; 8 – відповідність зварних з'єднань вимогам НД

За результатами обстеження стану зварювальних виробництв експертною групою спеціалістів ІЕЗ проаналізовані причини та оцінені можливі наслідки невідповідностей функціонування процесів. За результатами аналізування розроблено коригувальні дії, а на деяких підприємствах – довгострокові програми якості. Коригувальні дії системи якості зварювальних підприємств стосувались доопрацювання технологічної документації та документації системи управління, навчання персоналу, атестації технології зварювання, організації метрологічного забезпечення, діяльності випробувальної лабораторії. На гістограмі (рис. 4) показано стан елементів системи управління за результатами обстеження згідно ДСТУ 3957 підприємства, що випускає будівельні конструкції. Час між аудитами складав приблизно два роки. Результативність досягнення цілей в сфері якості оцінювалась на підставі випробувань в акредитованій випробувальній лабораторії ІЕЗ. Повторні випробування методами НК і ТД та контрольні руйнівні випробування показали, що 85 % з'єднань в партії відповідали вимогам НД. Були розроблені подальші заходи підвищення якості виробництва на підприємстві.

На рис. 5 показано підвищення якості зварювального виробництва на прикладі процентної кількості відповідних контрольних з'єднань до загальної кількості в партії з'єднань підприємств № 1, № 3, № 9, які були відібрані при проведенні першого та наступного аудитів після виконання коригувальних дій та заходів з підвищення якості.

Заходи з удосконалення зварювального виробництва здійснювались за рахунок ресурсів підприємства, часто без залучення значних коштів.

Як видно з діаграм, проводячи аудити і контрольні випробування на підприємствах вперше, аудиторська група стикнулася з критично низьким рівнем якості продукції. Фахівці підприємств не припускали, що виготовляють брак. Коригувальні дії включали: розробку та доопрацювання технологічних інструкцій зі зварювання; доукомп-

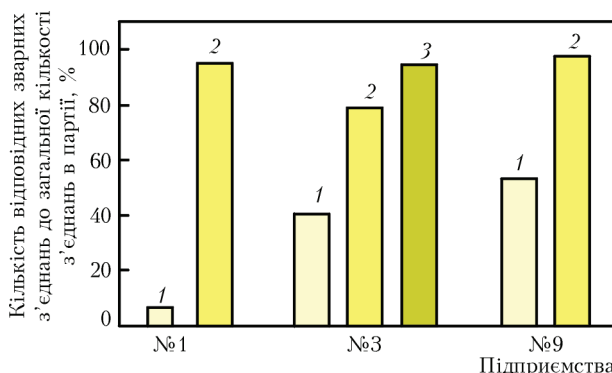


Рис. 5. Підвищення рівня відповідності партій контрольних зварних з'єднань заданим вимогам НД після впровадження коригувальних дій за результатами обстеження. 1 – 3 – порядкові номери аудитів. Тривалість часу між аудитами приблизно 2 роки

лектування необхідними засобами вимірювальної техніки (ЗВТ), посилений контроль за правильним зберіганням і підготовкою електродного матеріалу, ідентифікацію основного і зварювального матеріалу при передачі на виробництво вузлів; ведення необхідної документації зі зварювання (журналу зварювальних робіт або ремонту), дотримання і контроль ЗВТ режимів зварювання, періодичний внутрішній контроль атестованого персоналу зі зварювання та НК і ТД. Велике значення приділялось вимогам повноти проведення контролю та випробувань. На підприємствах був відсутній повний обсяг контролю, який вимагався НД (наприклад, для сталевих будівельних конструкцій ударна в'язкість при негативній температурі), порушувалась його періодичність або якість робіт з випробувань (наприклад застосовувались еталони меншої чутливості для радіографічного контролю). Всі ці невідповідності були усунуті.

Згідно сфери діяльності підприємства № 1, № 3, № 9 випускають відповідальні зварні конструкції. Звичайно, в цьому випадку всі зварні з'єднання мають бути відповідними НД. Для конкретних компонентів зварних конструкцій дефекти, що виявляються при проведенні НК, мають знаходитись в межах рівня прийнятності по ISO 5817:2014 (як визначено технічними умовами на конструкцію). Величина ризику виникнення браку має теоретично наближатись до нуля.

Проте така концепція не адекватна законам техносфери і забезпечити нульовий ризик в діючих технологічних системах неможливою. Навіть після проведення заходів з обробки наявний залишковий ризик. Неможливість досягнення виробничої безпеки спричиняє введення поняття соціально прийнятного (допустимого) ризику. Так визначають стан безпеки, якого можна досягнути по технічним і економічним міркуванням на сучасному етапі науки і техніки. При експлуатації об'єктів підвищеної небезпеки цільовий показник індивідуального ризику працівника має наближатись до рівня ризику людини в звичайному житті від впливів природних факторів.



Рис. 6. Рівні розвитку культури керування ризиком



Як було визначено, моніторинг та вимірювання процесів системи управління на зварювальному підприємстві, контроль продукції (зокрема методами НК і ТД) протягом життєвого циклу, ідентифікація і аналіз ризику дають можливість виявити напрямки удосконалення виробництва з метою підвищення якості зварних конструкцій (рис. 6).

### Висновки

1. Аналіз та дослідження системи управління якістю показали, що впровадження системи забезпечення якості на зварювальному підприємстві на основі ДСТУ ISO 9001:2015 та міжнародних стандартів для зварювання суттєво зменшує ризик при експлуатації зварної конструкції.

2. Застосування системи моніторингу стану технологічних процесів та вимірювання показників якості дає змогу отримати інформацію про ризик при виробництві і експлуатації зварної конструкції та визначити можливості вдосконалення зварювального виробництва.

3. З метою забезпечення якості зварних металоконструкцій необхідна атестація технології зварювання згідно ДСТУ ISO 15610 – ДСТУ ISO 15614, впровадження системи управління згідно ДСТУ 9001:2015, контроль виробництва та підтвердження відповідності зварних конструкцій за ДСТУ Б EN 1090, а також сертифікація персоналу: зі зварювання за ДСТУ ISO 9606, ДСТУ ISO 14732 та ін. та дефектоскопістів з НК і ТД за ДСТУ ISO EN 9712.

### Список літератури

1. ISO Guide 73:2009 *Керування ризиками. Словник термінів.*
2. Потап'євський А. Г., Бондаренко Ю. К., Логінова Ю. В., Артюх К. О. (2016) Технологічне управління якістю та експлуатаційними властивостями виробів у зварювальному виробництві. *Технічна діагностика і неруйнівний контроль*, 4, 56–61.
3. ДСТУ ISO 31000:2014 (ISO 31000:2009, IDT) *Менеджмент ризиків. Принципи та керівні вказівки.*
4. ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013 (ІЕС/ISO 31010:2009, IDT). *Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику.*
5. *Постанова КМУ від 13.01.2016 № 95 «Про затвердження модулів оцінки відповідності, які використовуються для розроблення процедур оцінювання відповідності та правил використання модулів оцінювання відповідності».*
6. Віткін Л., Лапач С. (2007) Як визначити ступінь небезпеки продукції. *Стандартизація, сертифікація, якість*, 3, 48–54.
7. ДСТУ EN ISO 9712:2014 (EN ISO 9712:2012, IDT) *Неруйнівний контроль. Кваліфікація та сертифікація персоналу неруйнівного контролю.*
8. Каплан Р. С., Нортон Д. П. (2003) *Сбалансованная система показателей. От стратегии к действию.* Москва, ЗАО «Олимп-Бизнес».
9. ДСТУ ISO/ІЕС 17025:2006. *Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій.*
10. ДСТУ-Н РМГ 43:2006. *Метрологія. Застосування «Руководства по выражению неопределенности измерений».*
11. EUROLAB Technical Report 1/2006. *«Guide to the Evaluation of Measurement Uncertainty for Quantitative Test Results».* www.eurolab.org.

12. Ватсон Г. (2006) *Методология «Шесть сигм» для лидеров, или как достичь 3,4 дефекта на миллион возможностей*; пер. с англ. А. Л. Раскин, Ю. П. Адлер (ред.). Приложение к журналу «Стандарты и качество». Москва, РИА.

### References

1. ISO Guide 73:2009: *Risk management. Dictionary of terms* [in Ukrainian].
2. Potapievsky, A. G., Bondarenko, Yu. K., Loginova, Yu. V. et al. (2016) Technological control of quality and service properties of products in welding production *Tekhn. Diagnost. i Nerazruch. Kontrol*, 4, 56-61 [in Ukrainian].
3. DSTU ISO 31000:2014 (ISO 31000:2009, IDT) *Risk management. Principles and guidelines* [in Ukrainian].
4. DSTU IES/ISO 31010:2013 (IES/ISO 31010:2009, IDT) *Risk management. Methods of general evaluation of risk* [in Ukrainian].
5. *Decree of Cabinet of Ministers of Ukraine of 13.01.2016, no 95: Approval of modules of conformity evaluation applied in development of conformity evaluation procedures and rules for using modules of conformity evaluation* [in Ukrainian].
6. Vitkin, L., Lapach, S. (2007) How to determine the degree of hazard of products. *Standartyzatsiya, Sertyfikatsiya, Yakist*, 3, 48-54 [in Ukrainian].
7. DSTU EN ISO 9712: 2014 (EN ISO 9712:2012, IDT): *Non-destructive testing. Qualification and certification of nondestructive testing personal* [in Ukrainian].
8. Raplan, R.S., Norton, D.P. (2003) *Balanced system of indicators. From strategy to action.* Moscow, CJSC Olimp-Biznes.
9. DSTU ISO/IES 17025:2006. *General requirements to competence of testing and calibrating laboratories* [in Ukrainian].
10. DSTU-N RMG 43:2006. *Metrology. Application of guidelines on expression of measurement uncertainty* [in Russian].
11. EUROLAB Technical Report 1/2006. *Guide to the evaluation of measurement uncertainty for quantitative test results.* www.eurolab.org.
12. Watson, G. (2006) *«Six sigma» Methodology for leaders or how to reach 3, 4 defects for million of possibilities.* Ed. by A. L. Raskin, Yu. P. Adler. Appendix to journal "Standards and Quality". Moscow, RIA.

Ю. К. БОНДАРЕНКО, О. В. КОВАЛЬЧУК

ІЭС им. Е. О. Патона НАН Украины. 03680, г. Киев-150, ул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Оценка риска эксплуатации сварных конструкций на основе мониторинга процессов системы управления качеством и проведения испытаний методами НК и ТД

Определены особенности построения системы управления качеством согласно новой редакции ISO 9001:2015 на основе разработки процессов системы с позиций риск – ориентированного подхода. Более детально техническому регулированию и контролю подвергаются процессы системы, которые существенно влияют на качество сварных конструкций и могут содержать повышенную величину риска. В работе определены особенности риска в сварочном производстве, связанные с: эксплуатационным назначением конструкции; особенностями производства – наличием «специального» процесса сварки; персонализированными работами по технической экспертизе, сварке и неразрушающему контролю; неопределенностью результатов испытаний и аудита. Приведены международные нормативные документы, которые определяют требования к организации указанных процессов системы менеджмента и проведению неразрушающего контроля. По результатам проведенных аудитов системы управления качеством предприятий сварочного производства и полученным данным испытаний в аккредитованной испытательной лаборатории ИЭС определен характер влияния уровня управления качеством производства на качество и риск продукции. Изу-

чение и управление риском на основе методологии стандарта ISO/IEC 31000 служит для предотвращения отрицательных результатов производства, связанных с дефектностью продукции, возможными авариями, вредными влияниями, однако и выявляет скрытые возможности для его усовершенствования. Библиогр. 12, рис. 6.

Ключевые слова: риск, менеджмент риска, оценка риска, качества сварной конструкции и технологических процессов сварки, совершенствование системы управления качеством сварочного производства

EVALUATION OF RISK OF WELDING STRUCTURES SERVICE USING MONITORING OF PROCESSES OF THE QUALITY CONTROL SYSTEM AND TESTING USING NT AND TD METHODS

Yu. K. BONDARENKO, O. V. KOVALCHUK

E.O.Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine,  
11, Kazimir Malevich str., 03150, Ukraine.  
E-mail: office@paton.kiev.ua

The peculiarities of constructing a quality control system for welding production in accordance with the new edition of ISO 9001:2015 were determined based on the development of the system processes from the standpoint of risk, i.e. oriented

approach. To a more detailed technical regulation and control, those processes of the system are subjected, which significantly affect the quality of welded structures and may contain an increased risk. The work defines the peculiarities of risk in welding production, related to the purpose of a critical structure, to the peculiarities of production – the presence of a «special» welding process, personalized works on technical expertise, welding, non-destructive testing, uncertainty of test results and audit. The international standard documents, which determine the requirements to organization of the mentioned processes and performance of non-destructive testing, are given. According to the results of the carried out audits of the system for control of welding production and the tests data received in the accredited testing laboratory of the PWI, the nature of influence of the level of quality control on the quality and risk of products were determined. The investigations and risk control based on methodology of the standard ISO/IEC 31000 serves to prevent the negative results of production associated with defectivity of welded structures, possible accidents, harmful influences, however it also reveals the hidden possibilities for its improvement. 12 – Ref., 6 – Fig.

Keywords: risk, risk management, risk evaluation, quality of welded structure and technological welding processes, improvement of system for quality control of welding production

Надійшла до редакції  
07.06.2017

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ ім. Є. О. ПАТОНА НАНУ  
МІЖНАРОДНА АСОЦІАЦІЯ «ЗВАРЮВАННЯ»



**Міжнародна конференція  
ЗВАРЮВАННЯ ТА СПОРІДНЕНІ ТЕХНОЛОГІЇ – СЬОГОДЕННЯ І МАЙБУТНЄ**

Присвячується 100-річчю  
Національної академії наук України

5 – 6 грудня, 2018 р.  
Україна, м. Київ

Голова:

академік НАН України Л. Лобанов

НАУКОВІ НАПРЯМКИ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Технології, матеріали і обладнання для зварювання і споріднених процесів
- Міцність зварних конструкцій, теоретичні та експериментальні дослідження напружено-деформуючих станів та їх регулювання
- Вдосконалення зварних конструкцій, автоматизація їх розрахунку і проектування, оцінка і подовження ресурсу
- Нові конструкційні матеріали
- Неруйнівний контроль і технічна діагностика
- Інженерія поверхні
- Зварювання в медицині – технології, обладнання; наноматеріали і нанотехнології
- Проблеми екології зварювального виробництва
- Спеціальна електрометалургія
- Стандартизація, сертифікація продукції зварювального виробництва, підготовка і атестація спеціалістів

Відправлення тез доповідей для участі в роботі конференції – до 01.11.2017 р.

ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України,  
вул. Казимира Малевича (Боженка), 11, м. Київ, 03680  
тел.: (38044) 200-60-16; 200-47-57; факс: (38044) 528-04-86  
E-mail: office@paton.kiev.ua  
www.paton.kiev.ua | www.patonpublishinghouse.com