

УДК 621.757

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА  
ПРИ РАЗБОРКЕ СОЕДИНЕНИЙ С НАТЯГОМ**

©Павлова А. А., Смирнов И. П., Лагода А. Н.

*Українська інженерно-педагогічна академія***Інформація про авторів:**

**Павлова Ганна Олександрівна:** ORCID: 0000-0002-7333-4242; pavlova\_aa@mail.ru; кандидат технічних наук; докторант кафедри інтегрованих технологій в машинобудуванні та зварювального виробництва; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

**Смирнов Ігор Петрович:** ORCID: 0000-0002-5982-8123; smirnov\_ip@mail.ru; кандидат технічних наук; доцент кафедри інтегрованих технологій в машинобудуванні та зварювального виробництва; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

**Лагода Анна Миколаївна:** ORCID: 0000-0001-9421-1033; a\_lagoda@mail.ru; асистент кафедри інтегрованих технологій в машинобудуванні та зварювального виробництва; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

Рассмотрены проблемы повышения эффективности разборки соединений с натягом в ремонтном производстве. Так как условием эффективного использования машин и оборудования является высокий уровень их технического обслуживания и ремонта, от которого зависит качество продукции и затраты в производстве. А условием качественной разборки узлов является сохранение детали ремонтируемого изделия. Особенно сложна разборка соединений с натягом, если они крупногабаритные или их конструкция не позволяет применить простые механические съемники, а также соединений, которые, вследствие тяжелых условий эксплуатации, стали неразъемными. Качественная и производительная разборка таких соединений происходит только с использованием индукционного нагрева. Однако нормативно-техническое обеспечение таких технологий практически отсутствует, что делает их применение не эффективным по энергетическим затратам. Поэтому целью работы являлось определение и обоснование принципа создания основ НТО для качественной, энергосберегающей и производительной технологии ремонтного производства на примере разборки соединений с натягом при использовании индукционного нагрева. Предложены структурно-параметрический принцип для создания нормативно-технического обеспечения, система классификаций конструкций соединений с натягом, подлежащих разборке с использованием нагрева, деталей в них входящих, унифицированных операций, основанных на учете параметров, лимитирующих качество изделий, и математическая модель теплового процесса ремонтных технологий на примере разборки соединений с натягом. Которые могут использоваться для управления качеством ремонтного производства в схемах разборки для любых многоэлементных соединений с натягом.

**Ключевые слова:** повышение эффективности; параметры качества; унификация; классификация; ремонтные технологии; лимитирующие параметры; разборка

**Павлова Г. О., Смирнов И. П., Лагода А. М.** «Підвищення ефективності ремонтного виробництва при розбиранні з'єднань з натягом».

Розглянуто проблеми підвищення ефективності розбирання з'єднань з натягом в ремонтному виробництві. Оскільки умовою ефективного використання машин і обладнання є

**Технологія машинобудування**

---

високий рівень їх технічного обслуговування та ремонту, від якого залежить якість продукції і витрати в виробництві. А умовою якісного розбирання вузлів є збереження деталі виробу, що ремонтується. Особливо складним є розбирання з'єднань з натягом, якщо вони великогабаритні чи їх конструкція не дозволяє застосувати прості механічні знімачі, а також з'єднань, які внаслідок важких умов експлуатації стали нерознімними. Якісне та продуктивне розбирання таких з'єднань відбувається тільки з використанням індукційного нагрівання. Проте нормативно-технічне забезпечення таких технологій практично відсутнє, що робить їх застосування не ефективним за енергетичними витратами. Тому метою роботи було визначення та обґрунтування принципу створення основ НТЗ для якісної, енергозберігаючої і продуктивної технології ремонтного виробництва на прикладі розбирання з'єднань з натягом при використанні індукційного нагрівання. Запропоновані структурно-параметричний принцип для створення нормативно-технічного забезпечення, система класифікацій конструкцій з'єднань з натягом, що підлягають розбиранню з використанням нагрівання, деталей, що в них входять, уніфікованих операцій, основаних на врахуванні параметрів, які лімітують якість виробів, і математична модель теплового процесу ремонтних технологій на прикладі розбирання з'єднань з натягом. Які можуть використовуватися для управління якістю ремонтного виробництва в схемах розбирання для будь-яких багатоелементних з'єднань з натягом.

**Ключові слова:** підвищення ефективності; параметри якості; уніфікація; класифікація; ремонтні технології; лімітуючі параметри; розбирання.

*Pavlova A., Smirnov I., Lagoda A.* “Increase productivity of repair production on disassembly of connections with strength”.

The problems of increasing the efficiency of disassembling connections with a tightness in the repair industry. Since the effective use of machinery and equipment is the high level of maintenance and repair, which affects product quality and production costs. A condition for quality disassembly sites is to preserve parts of the repaired product. Especially difficult dismantling joints with interference if they are large or design does not allow to use simple mechanical pullers as well as compounds which, due to heavy-duty, one-piece steel. Quality and productivity disassembly of such compounds occurs only with the use of induction heating. However, normative-technical support for such technologies is virtually absent, which makes their use is not effective in energy costs. Therefore, the aim of the work was to determine and justify the principle of establishing the foundations of NTS for high-quality, energy-efficient and productive technology of repair production on the example of dismantling joints with interference when using induction heating. The structural-parametric principle to create a normative-technical support, system classifications of structures of compounds with an interference fit to be disassembled with heating parts in their inbox, unified operations based on the account settings, limiting quality of products and a mathematical model of the thermal process of repair technologies on the example of disassembling connections with interference. Which can be used for quality control in the production of repair schemes disassembly for any multi-element connections with a tightness.

**Keywords:** increasing the efficiency; quality metrics; unification; classification; repair technologies; limiting settings; disassembly.

## **1. Введение**

В настоящее время для выполнения ремонта оборудования номенклатура и объем запасных частей и деталей, поставляемых в ремкомплекты, значительно уменьшились, а их стоимость возросла. Поэтому условием качественной разборки узлов является сохранение детали ремонтируемого изделия для чего, в большинстве случаев, необходимо использование новых технологий.

Особенно сложна разборка соединений с натягом, если они крупногабаритные или их конструкция не позволяет применить простые механические съемники, а также соединений, которые, вследствие тяжелых условий эксплуатации, стали неразъемными. Качественная и производительная разборка таких соединений происходит только с использованием индукционного нагрева. Однако нормативно - техническое обеспечение (НТО) таких технологий практически отсутствует, что делает их применение не эффективным по энергетическим затратам. Поэтому технологический процесс (ТП) разборки соединений с использованием индукционного нагрева в подавляющем большинстве являются опытными.

## **2. Анализ исследований и публикаций и постановка проблемы**

В ремонтном производстве элементарным объектом является соединение деталей, которое было в производстве получено с использованием тех или иных технологических методов. Поэтому, чтобы унифицировать ТП ремонта изделия, необходимо в первую очередь унифицировать операции по разъединению соединений, для чего необходимо классифицировать соединения и детали входящие в них. Кроме того, необходимо провести структурно – параметрический анализ операций разборки соединений с натягом при индукционном нагреве, получение зависимостей для определения лимитирующих параметров нагрева соединения под разборку (оценки напряженно - деформированного состояния детали ступенчатого профиля).

Основные исследования в области НТО и технологической подготовки ремонта соединений с натягом велись в направлениях разработки инструкций по использованию технических средств ремонта и частных ТП. При этом (за исключением) не использовалась классификация, и унификация конструктивных элементов, не учитывался такой важный фактор в ТП как схема базирования и т.д. [1–3]. ТП строились, в основном, на основе экспериментальных исследований и расчеты, с ними связанные, велись по различным методикам.

В публикациях в области классификации соединений просматриваются разные подходы. В основу классификации кладут разделение всех деталей на базовые и присоединяемые, по конструктивным особенностям деталей, по их массам и габаритам, материалам, видам сопрягаемых поверхностей и типам соединений и посадок [4, 5].

Большое внимание классификации соединений для сборки, уделялось в работах [6, 7]. Разработкой классификации соединений с последующей цифровой шифровкой их признаков, в целях создания типовых схем сборки, занимался Сошников Б. М. Им, на основе выбранных классификационных признаков соединений, разработана конструкторско-технологическая классификация сборочных операций, охватывающая основные технические параметры сборочного процесса и собираемых изделий. Сборочные операции классифицируются по составу собираемого объекта и по структуре операции. Такой подход может быть использован для разборочных операций.

## **Технологія машинобудування**

---

Имеющиеся разработки по унификации ТП сборки [8, 9] основываются на групповой технологии, основой которой, как известно, является технологическая общность. Для сборки технологической общностью считают тип соединения, в частности соединения с натягом. Это бесспорно важный фактор но, поскольку можно иметь неразъемное соединение для разборки, которое стало таковым, вследствие тяжелых условий эксплуатации, представляется, что ТП для разборки с нагревом следует разрабатывать на основе типовой технологии.

### **3. Объект, цель и задачи исследования**

Объектом исследований является обеспечение технологий ремонтного машиностроительного производства.

Целью работы является определение и обоснование принципа создания основ НТО для качественной, энергосберегающей и производительной технологии ремонтного производства на примере разборки соединений с натягом при использовании индукционного нагрева.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

1. На основании анализа документации на технологии, используемые в машиностроительном производстве, теоретических и экспериментальных исследований, предложить принцип создания основ НТО разборки соединений с натягом.
2. Разработать инструментарий реализующий НТО, позволяющий разрабатывать производительные, обеспечивающие сохранность деталей, и экономичные технологические процессы разборки соединений с натягом при использовании индукционного нагрева.
3. Предложить инженерные решения для определения параметров определяющих качество разборки соединений с натягом при использовании термовоздействия.

### **4. Повышение эффективности функционирования ремонтного производства**

В ремонтном производстве элементарным объектом является соединение деталей, которое было в производстве получено с использованием тех или иных технологических методов. Поэтому, чтобы унифицировать ТП ремонта изделия, необходимо в первую очередь унифицировать операции по разъединению соединений, для чего необходимо классифицировать соединения и детали входящие в них.

Осуществление разъединения деталей и, неразрушаемость деталей в процессе разборки соединения с использованием термовоздействия зависит от таких параметров режима нагрева, как температура и скорость ее нарастания – время нагрева. То есть они, являются лимитирующими параметрами. Режим определяется конструкцией соединения и нагреваемой детали. Создать нужный режим, и при этом обеспечить его экономичность, можно только с помощью нагревателя, по своей конструкции так же наиболее соответствующего конструкции изделия.

Разрабатываемые классификаторы соединений с натягом и деталей, входящих в них, предназначены для использования в ремонтном производстве с применением типовых технологий использующих термовоздействие. Их технологический код должен применяться для подбора и группирования соединений по технологическому подобию и соотношения их с унифицированными ТП и типами оборудования ИНУ. Он также должен позволять выбрать подъемно-транспортные средства и вспомогательную технологическую оснастку.

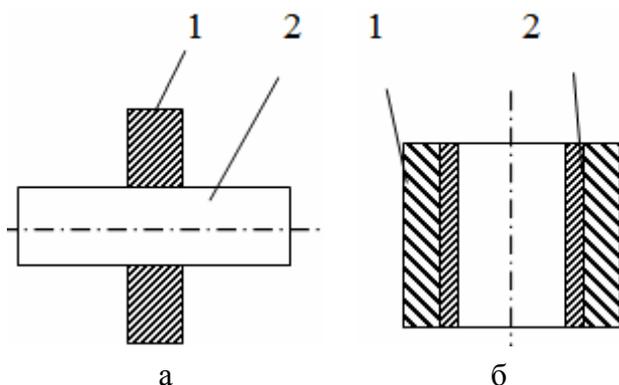
Классификатор соединений, для технологической задачи разборки с применением индукционного нагрева, определяется рядом классификационных признаков, включая и те от которых зависит качество. Лимитирующими качеством получаемых деталей параметрами соединений являются диаметр посадки и величина относительного натяга. От них зависит требуемая температура нагрева охватывающей детали для разборки

При построении классификатора деталей так же необходимо рассматривать несколько признаков. Лимитирующими параметрами и, соответственно, признаками должны быть – масса и материал детали. Масса детали определяет возможный расход энергии, а материал – допустимую температуру нагрева. Следует так же выделить признаки, необходимые для назначения зоны нагрева детали. Связано это с возможной локализацией термовоздействия на деталь при индукционном нагреве и, значит, экономией энергии.

Унифицированная технологическая операция нагрева деталей соединений собственно и определяет качество процесса разборки через температуру, длительность и локальность нагрева. Она должна включать технологические признаки: базирование, расположение в пространстве и т.д. Температура, как было показано ранее, является лимитирующим параметром. Под унифицированные операции выполняется группирование соединений на основании их классификации.

На основе классификации соединений, деталей и унификации операций производится типизация индукционных нагревателей. Выполнить ее необходимо по признакам, определяющим концепцию теплоты генерируемой электромагнитной энергией и конструкцию индуктора, а так же его управление.

Соединения с натягом входят в ту или иную специфицированную сборочную единицу или они сами могут ею являться. Классификация соединений, которые могут быть представлены одним из двух типов (рис. 1) строится по фасетному методу с параллельным разделением множества видов соединений на независимые классификационные группировки, и методически строится аналогично технологическому классификатору деталей [10].



**Рис. 1** – Соединения, разбираемые с использованием теплового воздействия:

а – вал – втулка; б – втулка корпус;

1 – охватывающий элемент; 2 – охватываемый элемент

С точки зрения технологии разборки значение имеют следующие признаки: размерная характеристика – диаметр посадки, величина относительного расчетного натяга, максимальный наружный диаметр (или ширина) сборочной единицы, длина сборочной единицы), далее – соотношение материалов деталей, масса сборочной единицы, характеристика положения деталей в соединении, положение соединения в сборочной единице, доступ к нагреваемой детали в соединении.

Проектирование ТП разборки соединений с натягом при нагреве в настоящее время ведется каждым предприятием, опираясь на свой, или других предприятий, производственный опыт. Поэтому, часто качество процесса разборки невысокое: большой

## **Технологія машинобудування**

---

расход энергии, неправильный нагрев, состоящий в том, что детали перегреваются и в них возникают высокие термические напряжения и (или) происходит, пережог металла. Кроме того, оснастка сложна. Исключение составляют выпускающие предприятия железнодорожного транспорта, где вследствие крупно-серийности производства технологии более или менее отлажены, хотя и не всегда они оптимальны.

Для рассматриваемой технологии использующей нагрев деталей, систематизация технологических решений, состоит в выборе порядка расчленения многоэлементных сборочных единиц на несколько соединений. Оптимизация ТП при проектировании должна вестись по затратам или по производительности или, в лучшем варианте, по тому и другому.

Унифицированные операции характеризуются законченным циклом. Они могут различаться в зависимости от того, какая из деталей является базовой (охватываемая или охватываемая), как расположена ее ось в пространстве, какое направление детали при ее движении, какая используется сила для разъединения деталей (тяжести или специальная), а также по характеристикам нагрева. С учетом этих технологических особенностей можно классифицировать типовые операции разборки с соответствующим кодированием по следующим шести основным отличительным признакам: базирование деталей (базовой деталью является вал или втулка); расположение оси базовой детали (вертикальное или горизонтальное); направление демонтажа (сверху, снизу, боковое); вид силового воздействия для разъединения деталей соединения (сила тяжести или от привода); тип нагрева снимаемой детали (по полноте, длительности и по непрерывности); изменяемостью температуры нагрева. Последний признак связан с качеством охватываемой детали и с функциональностью управления нагревом в ИНУ.

Таким образом, схем типовых операций разборки соединений с натягом будет достаточно много. Для многоэлементных сборочных единиц имеет значение и последовательность разборки элементов. Поэтому целесообразно сгруппировать их в несколько схем.

Предложенные принципы проектирования позволяют разрабатывать типовые ТП для различных соединений с термовоздействием. Следует только стандартизировать методы расчета, что позволит снизить время проектирования и повысить его качество.

Лимитирующий параметр операции - время  $\tau$  определяет производительность, а лимитирующий параметр – температура  $T$  определяет качество разобранных деталей.

Оценка параметров технологии обеспечивающей неразрушаемость деталей соединения при разборке с нагревом это оценка уровня напряжений в охватываемой детали при ее нагреве под разборку соединения, что необходимо для определения возможности выполнения сохранной разборки.

Температурное поле при индукционном нагреве изделий по всей наружной поверхности, имеющих осевую симметрию, является функцией радиуса. Изменением температуры вдоль радиуса можно пренебречь, если рассматриваемые точки нагреваемого элемента находятся в зоне, незначительно превышающей удвоенную глубину проникновения электромагнитного поля. Тогда, если осесимметричная деталь нагревается не по всей наружной поверхности, а только по части, температурное поле будет функцией длины [11].

Полученные достаточно простые аналитические зависимости, с некоторым запасом, дают оценку напряженно-деформированного состояния материала охватываемых деталей трех форм при различных вариантах их нагрева по радиальным  $\sigma_r$ , окружным  $\sigma_\theta$  и суммарным  $\tau$  напряжениям для заданных перемещений посадочной поверхности  $u(r_1)$  [12].

Используя эти зависимости, можно решить вопрос применения скоростного индукционного нагрева для разборки соединений с натягом, без ухудшения качества деталей. На основании этих зависимостей, которые могут быть включены в НТО по технологическим процессам разборки с индукционным нагревом. Зависимости дают несколько завышенные значения напряжений вследствие принятого допущения, состоящего в том, что для деталей ступенчатой формы температуры по ступеням приняты равномерными.

Целью экспериментальных исследований являлось проверка достоверности полученных аналитических зависимостей по оценке напряженно-деформированного состояния материала деталей. В качестве исследуемой детали выбрали зубчатое колесо редуктора по форме представляющее собой трехступенчатый диск. Исследованию подлежало напряженно-деформированное состояние колеса при индукционном нагреве ступицы. Как было сказано выше, в такой конструкции детали при локальном нагреве возникают наибольшие напряжения по сравнению с деталями типа гладкий диск и двухступенчатый диск.

Размеры колеса в соответствие со схемой трехступенчатого диска:  $r_1 = 0,029$  м;  $r_2 = 0,045$  м;  $r_3 = 0,045$  м;  $r_4 = 0,115$  м;  $r_s = 0,13$  м;  $h_1 = h_3 = 0,06$  м;  $h_2 = 0,01$  м; Свойства материала – сталь 45:  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа;  $\nu = 0,3$ ;  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$  град<sup>-1</sup>.

Окружные и радиальные температурные напряжения определяли с помощью высокотемпературных привариваемых тензодатчиков. Характеристика тензодатчиков: коэффициент тензочувствительности: 1,93; омическое сопротивление  $99 \pm 1$  Ом.

Поскольку характер напряженного состояния колеса определялся путем замера деформаций тензодатчиками, то с целью разделения радиальных  $\sigma_r$  и окружных  $\sigma_\theta$  напряжений они приваривались по линиям действия этих напряжений - в окружном и радиальном направлениях. Исключение составил один тензодатчик на посадочной поверхности – только для окружных напряжений. Тензодатчики группировали в розетки.

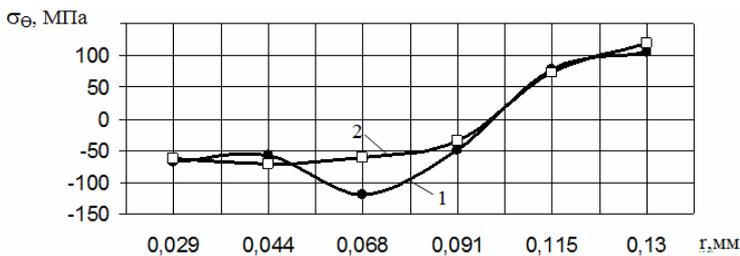
В соответствии с требуемым расширением посадочного отверстия зубчатого колеса для осуществления процесса разборки соединения  $\Delta = 0,09$  мм максимальная температура будет меньше 300 °С. Максимальная величина ошибки вторичного (регистрирующего) прибора была не более 3 °С.

В качестве индукционного нагревателя использовался индуктор, нагревающий ступицу. Такой характер нагрева оказывается наиболее целесообразным во первых, вследствие своей экономичности из – за локальности и во вторых из-за гарантии сохранения, как физико-математических свойств материала зубьев, так и их геометрии. При таком типе индукционного нагрева (когда нагревается ступица зубчатого колеса) его температурное поле является неравномерным – температура от ступицы уменьшается в радиальном направлении. Минимальная температура - на зубчатом венце.

При экспериментальном и расчетном исследованиях радиальные напряжения сжатия имеют наибольшее значение в диске.

На рис. 2 показаны кривые распределения окружных напряжений, в колесе полученные при экспериментальном и расчетном испытаниях в момент времени окончания нагрева – 60 с.

Окружные напряжения сжатия достигают максимума в диске колеса, а окружные напряжения растяжения максимальны в венце колеса. Сравнение полученных расчетом и в эксперименте значений напряжений  $\sigma_r$  и  $\sigma_\theta$  показывает их хорошее совпадение по характеру распределения, и несколько завышенные теоретические значения (что и ожидалось).



**Рис. 2** – Окружні напруження, в колесі отримані експериментальним і розрахунковим шляхом:

1 – експериментальні напруження;  
2 – розрахункові напруження

ремонтного машинобудівного виробництва в схемах розбирання для будь-яких багатоеlementних з'єднань з натягом. Це дозволить регулювати продуктивність і енергозатрати з допомогою системного підходу.

#### Список использованных источников:

1. Зенкин, А. Побудова комплексу нормативних документів для інтегрованих систем якості на основі обмеження різноманітності / А. Зенкин, Г. Хімічева, Б. Барей // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2003. – № 2. – С. 22–25.
2. Чепурко І. П. Многопараметрическая модель сборки соединений с использованием термовоздействия / И. П. Чепурко, А. В. Куприянов // Вестник Харьковского государственного политехнического университета: сб. науч. тр / ХГПУ. – Харьков, 1999 – Вып. 44 : Новые решения в современных технологиях. – С. 35–37.
3. Чепурко И. П. Базирование деталей при сборке соединений с термовоздействием / И. П. Чепурко, Т. В. Макушенко // Прогрессивная техника и технологии машиностроения : тез. докл. междунар науч.-техн. конф. / ДГТУ. – Донецк, 1995. – С. 260–261.
4. Арпентьев Б. М. Типизация технологических процессов сборки с термовоздействием на основе технологического классификатора соединений / Б. М. Арпентьев, А. Г. Зильбер // Стандарты и качество. – 1988. – № 11. – С. 33–34.
5. Базров, Б. М. Унификация в машиностроении с позиций системного подхода / Б. М. Базров // Стандарты и качество. – 1997. – № 3. – С. 16–19.
6. Арпентьев Б. М. Основные принципы технологической классификации и кодирования сборочных единиц / Б. М. Арпентьев, А. Г. Зильбер // Стандарты и качество. – 1986. – № 8. – С. 33–34.
7. Захаров М. В. Конструкторско-технологическая классификация сборочных единиц / М. В. Захаров, В. П. Яременко // Вестник Сумского национального аграрного университета. – 2001. – № 7. – С. 86–92.
8. Арпентьев Б. М. Автоматизированное проектирование технологических процессов сборки с нагревом на базе технологического классификатора / Б. М. Арпентьев, А. Г. Зильбер // Стандарты и качество. – 1989. – № 7. – С. 60–62.
9. Зенкин А. С. Сборка неподвижных соединений термическим методом / А. С. Зенкин, Б. М. Арпентьев. – М.: Машиностроение, 1987 – 128 с.
10. Классификатор ЕСКД. Детали общемашиностроительного применения. – М., 1986.
11. Арпентьев Б. М. Новый метод определения составляющих тепловой проводимости / Б. М. Арпентьев, А. К. Дука, А. Н. Куцын // Сб. научных трудов ХИСП. – Харьков, 1997. – № 2. – С. 186.
12. Павлова А. Управление качеством ремонтного производства при разборке соединений с натягом / А. Павлова, А. Лагода // Технологический аудит и резервы производства. – 2015. – Т. 4, № 1 (24). – С. 73–77.

#### References

1. Zenkin, A., Khimicheva, H & Barei, B 2003, 'Pobudova komplektu normatyvnykh dokumentiv dlia intehrovanykh system yakosti na osnovi обмеження різноманітності', *Standartyzatsiia, sertyfikatsiia, yakist*, no. 2, pp. 22-25.
2. Chepurko, I & Kupriyanov, A 1999, 'Mnogoparametricheskaya model sborki soyedineniy s ispolzovaniem termovozdeystviya', *Vestnik Kharkovskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta: Novye resheniya v sovremennykh tekhnologiyakh*, iss. 44, pp. 35-37.
3. Chepurko, I & Makushenko, T 1995, 'Bazirovaniye detaley pri sborke soyedineniy s termovozdeystviyem', *Tezisy doklada mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii "Progressivnaya tekhnika i tekhnologii mashinostroyeniya"*, *Donetskiy natsionalnyy tekhnicheskiiy universitet*, Donetsk, pp. 260-261.
4. Arpentyev, B & Zilber, A 1988, 'Tipizatsiya tekhnologicheskikh protsessov sborki s termovozdeystviyem na osnove tekhnologicheskogo klassifikatora soyedineniy', *Standarty i kachestvo*, no. 11, pp. 33 – 34.
5. Bazrov, B 1997, 'Unifikatsiya v mashinostroyenii s pozitsiy sistemnogo podkhoda', *Standarty i kachestvo*, no. 3, pp.16-19.
6. Arpentyev, B & Zilber, A 1986, 'Osnovnyye printsipy tekhnologicheskoy klassifikatsii i kodirovaniya sborochnykh yedinit', *Standarty i kachestvo*, no. 8, pp. 33-34.
7. Zakharov, M & Yaremenko, V 2001, 'Konstruktorsko-tekhnologicheskaya klassifikatsiya sborochnykh yedinit', *Vestnik Sumskogo natsionalnogo agrarnogo universiteta*, no. 7, pp. 86-92.
8. Arpentyev, B & Zilber, A 1989, 'Avtomatizirovannoye proyektirovaniye tekhnologicheskikh protsessov sborki s nagrevom na baze tekhnologicheskogo klassifikatora', *Standarty i kachestvo*, no. 7, pp. 60-62.
9. Zenkin, A & Arpentyev, B 1987, *Sborka nepodviznykh soyedineniy termicheskim metodom*, Mashinostroyeniye, Moskva.
10. Be, know, do: *Klassifikator ESKD. Detali obshchemashinostroitelnogo primeneniya* 1986, Moskva.
11. Arpentyev, B, Duka, A & Kutsyn, A 1997, 'Novyy metod opredeleniya sostavlyayushchikh teplovy provodimosti', *Sb. nauchnykh trudov KhISP*, no. 2, pp.186.
12. Pavlova, A & Lagoda, A 2015, 'Quality management of repair production for disassembly of pressure coupling', *Tekhnologicheskiiy audit i rezervy proizvodstva*, vol. 4, no. 1(24), pp. 73-77.

Стаття надійшла до редакції 30 листопада 2015 р.

## 5. Выводы

Полученные расчетные зависимости для оценки напряженно-деформированного состояния материала при нагреве, а также система классификаций соединений с натягом подлежащих разборке и унифицированных операций основанные на учете параметров, лимитирующих качество изделий, могут использоваться в практике