

## ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕВРОПЕЙСКИХ СТАНДАРТОВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПРОЦЕДУР НАПЛАВКИ

Е. ТУРЫК<sup>1</sup>, И.А. РЯБЦЕВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт сварки. 44100, г. Гливице, Польша, ул. Б.Чеслава, 16-18. E-mail: eugeniusz.turyk@glivice.pl

<sup>2</sup> ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины. 03680, г. Киев, ул. Боженко, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Описан опыт применения аттестации процедуры наплавки в соответствии с европейскими стандартами. Приведены и объяснены основные термины, которые применяются в стандартах. Аттестация сварочных (наплавочных) работ на предприятии проводится внешним независимым экспертным органом с аккредитованной испытательной лабораторией неразрушающего и разрушающего контроля. При аттестации предварительно проводится отработка процедур наплавки на стандартных контрольных образцах в виде пластин или труб. В виде исключения допускается проведение аттестации процедур наплавки на нестандартных контрольных образцах, имитирующих наплавляемую деталь. Качество наплавленных контрольных образцов проверяется сначала с использованием неразрушающих методов контроля. При положительных результатах этих методов контроля образцы подвергаются разрушающим методам контроля. Если в результате испытаний не обнаружено недопустимых дефектов, то экспертный орган составляет протокол аттестации процедуры наплавки WPQR. Библиогр. 5, рис. 8, табл. 2.

*Ключевые слова:* процедура наплавки, аттестация, европейский стандарт, контрольный образец, неразрушающий контроль, разрушающий контроль

Необходимость аттестации процедур сварки (наплавки) появилась в связи с введением международных и европейских стандартов системы менеджмента качества, в которых сварка считается специальным процессом, т. е. процессом, «в котором подтверждение соответствия конечной продукции затруднено» (ИСО 9000:2000). В требованиях стандарта ИСО 9001:2008 записано: «Организация должна подтверждать все процессы производства и обслуживания, результаты которых нельзя проверить посредством последовательного мониторинга или измерения, вследствие чего их недостатки становятся очевидными только после начала использования продукции или после предоставления услуги». Подробные требования к качеству сварки (наплавки) определяет серия стандартов ИСО 3834 по обеспечению качества в сварочном производстве.

Для лучшего понимания проблем аттестации процедур сварки (наплавки) необходимо ознакомиться с терминологией, применяемой в этих стандартах. В соответствии с ГОСТ Р ИСО 15607–2009 «Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов» вводятся следующие термины:

– **процедура сварки** (welding procedure): установленный порядок действий для выполнения сварки, включая указания на процесс(ы) сварки, оборудование, основные и сварочные материалы, подготовку под сварку, предварительный подогрев (при необходимости), метод и управление свар-

кой, термическую обработку после сварки (при необходимости);

– **процесс сварки** (welding process): в стандарте использованы процессы сварки, перечень и определения которых приведены в ИСО 857-1, и система нумерации процессов сварки по ЕН ИСО 4063;

– **предварительные технические требования к процедуре сварки** (preliminary welding procedure specification (pWPS)): документ, содержащий значения параметров процедуры сварки, которая должна быть аттестована;

– **технические требования к процедуре сварки** (welding procedure specification (WPS)): документ, который был аттестован одним из методов, и который содержит значения параметров процедуры сварки, обеспечивающих повторяемость ее выполнения в производстве;

– **рабочая инструкция** (work instruction): документ, содержащий упрощенные технические требования к процедуре сварки, пригодный для применения в цехе;

– **протокол аттестации процедуры сварки** (welding procedure qualification record (WPQR)): протокол, содержащий все необходимые данные для аттестации предварительных технических требований к процедуре сварки.

Практически все эти термины можно отнести к наплавке как родственному сварке процессу, заменяя термин «сварка» на термин «наплавка».

Для выполнения стандартных требований к качеству сварочных (наплавочных) работ изготовитель должен применять аттестованные техноло-

гии, а метод аттестации должен соответствовать стандартам на продукцию или техническим условиям. Наличие аттестованных технологий (процедур) наплавки является доказательством того, что производственные технологии полностью соответствуют установленным требованиям. Аттестация должна быть проведена до выполнения сварочных (наплавочных) работ на производстве. Рекомендуется проведение аттестации сварочных (наплавочных) работ внешним независимым экс-

пертным органом с аккредитованной испытательной лабораторией неразрушающего и разрушающего контроля.

**Контрольные образцы.** Обязательным требованием стандарта ИСО 15614-7 [1] является предварительное проведение отработки процедур наплавки на стандартных контрольных образцах в виде пластин или труб (рис. 1, 2).

В ИСО 15614-7 приведена нормативная ссылка на стандарт ИСО 15613 [2], который допускает проведение испытаний наплавленного нестандартного контрольного образца, имитирующего по форме и размерам производственные детали, в том случае, когда их геометрия, особые граничные условия, теплоотвод и т.д. не могут быть воспроизведены стандартными образцами. В этом случае при проведении аттестации, основанной на так называемом предпроизводственном испытании, необходимо согласование с экспертным органом подробностей подготовки нестандартных контрольных образцов, объема испытаний и требований к результатам испытаний. Наплавка контрольных образцов выполняется в соответствии с разработанными изготовителем «Предварительными техническими требованиями к процедуре наплавки» (pWPS) в присутствии эксперта, назначенного экспертным органом.

**Объем испытаний и оценка результатов.** Испытания включают неразрушающие и разрушающие методы в соответствии с требованиями табл. 1. Неразрушающие испытания контрольного образца необходимо проводить перед тем, как вырезать образцы для испытаний. Термическая обработка после наплавки, которая задана техническими требованиями, должна быть выполнена до неразрушающего контроля.

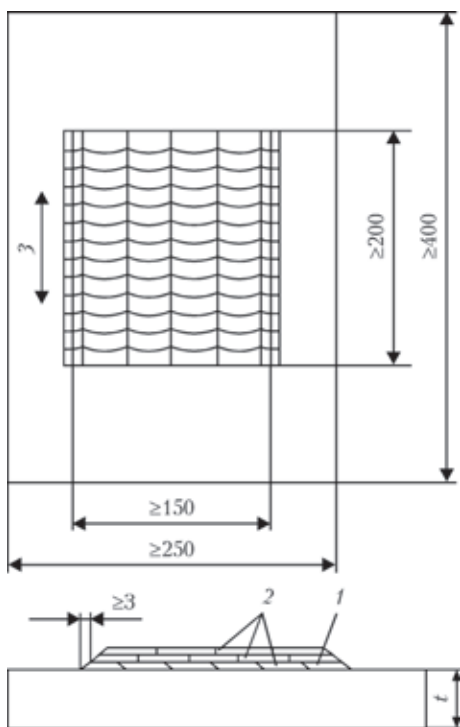


Рис. 1. Наплавленный контрольный образец (пластина): 1 — буферный слой (подслой, наплавляется по необходимости); 2 — номера слоев согласно pWPS или общая толщина наплавленного слоя; 3 — направление наплавки; *t* — толщина основного металла [1]

Таблица 1. Виды испытаний наплавленных контрольных образцов [1]

Образец	Вид испытания	Объем контроля	Примечание
Все виды наплавки, кроме износостойкой	Визуальный осмотр	100 %	-
	Ультразвуковая дефектоскопия	100 %	<i>a</i>
	Обнаружение поверхностных трещин	100 %	<i>б</i>
	Боковой изгиб	2 образца	<i>в</i>
	Исследование макроструктуры	1 образец	-
	Исследование микроструктуры	-?-	<i>г</i>
	Химический анализ	-?-	-
	Содержание дельта-феррита/ферритное число FN	-?-	<i>a</i>
Износостойкая наплавка	Замер твердости	1 измерение	<i>г</i>
	Визуальный осмотр	100 %	-
	Обнаружение поверхностных трещин	100 %	<i>б</i>
	Исследование макроструктуры	1 образец	-
	Замер твердости	1 измерение	-
	Исследование микроструктуры	1 образец	<i>г</i>

*a* — если требуется по соответствующим стандартам;

*б* — цветная или магнитопорошковая дефектоскопия;

*в* — изгиб в поперечном направлении можно заменить ультразвуковой дефектоскопией, плюс два дополнительных исследования макроструктуры;

*г* — не требуется для металла группы 1 по ИСО/ТО 15608 [3].

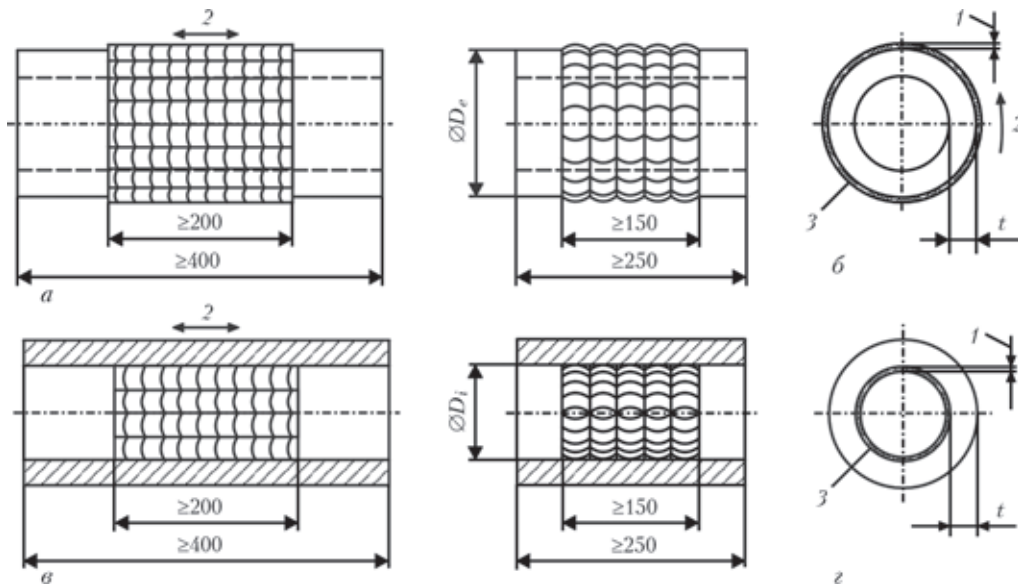


Рис. 2. Наплавленный контрольный образец (труба): а — продольная наплавка наружной поверхности; б — кольцевая наплавка наружной поверхности; в — продольная наплавка внутренней поверхности; г — кольцевая наплавка внутренней поверхности (1 — буферный слой (подслой, наплавляется по необходимости); 2 — направление наплавки; 3 — номера слоев согласно rWPS или общая толщина наплавленного слоя;  $D_e$  — наружный диаметр трубы;  $D_i$  — внутренний диаметр трубы;  $t$  — толщина основного металла) [1]

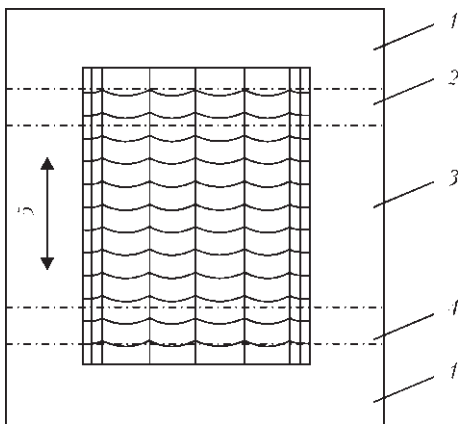


Рис. 3. Порядок вырезки образцов из наплавленной пластины (контрольный образец): 1 — неконтролируемая область  $\geq 25$  мм; 2 — область для вырезки образца для испытаний на поперечный изгиб; 3 — область для вырезки образца для исследований макроструктуры, образца для химического анализа и определения содержания дельта-феррита; образца для исследований микроструктуры с замером твердости; область для вырезки образцов для повторных исследований; 4 — область для вырезки образца для испытаний на поперечный изгиб; 5 — направление наплавки

Если контрольный образец удовлетворяет требованиям визуального осмотра (трещины и другие подобные плоскостные дефекты недопустимы) и неразрушающих методов контроля, тогда из него изготавливают образцы для разрушающего контроля (рис. 3, 4).

Образцы для исследований макро- и микроструктуры должны быть подготовлены и протравлены с одной стороны так, чтобы четко выявить линию сплавления, зону термического влияния (ЗТВ) и наплавленные слои. Образцы для исследования макроструктуры должны включать ос-

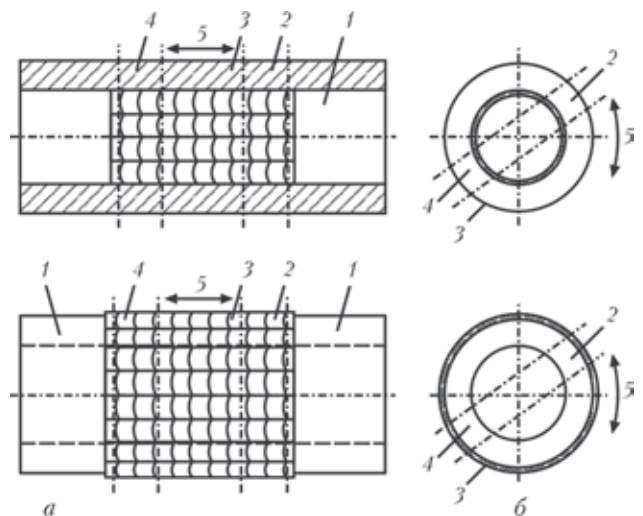


Рис. 4. Порядок вырезки образцов из наплавленной трубы (контрольный образец): а — продольный наплавленный слой; б — кольцевой наплавленный слой (обозначения те же, что и на рис. 3)

новной металл, не затронутый тепловым воздействием наплавки.

Твердость измеряется методом Виккерса при нагрузке  $HV 10$  или  $HV 5$ . Твердость наплавленного слоя необходимо замерять под углом около  $15^\circ$

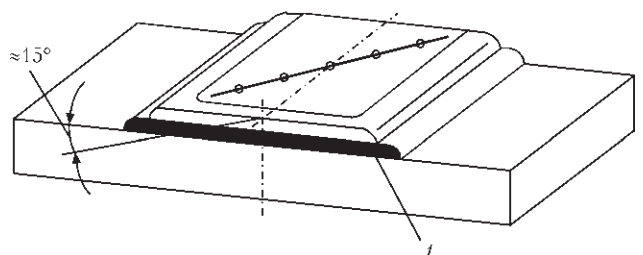


Рис. 5. Линия замера твердости наплавленного образца: 1 — буферный слой (подслой)

Таблица 2. Допустимые максимальные значения твердости металла ЗТВ ( $HV 10$ )

Группа сталей по ИСО/ГО 15608	Без термообработки	С термообработкой
1 <sup>а</sup> (стали нелегированные и мелкозернистые)	380	320
2 (стали термомеханически упрочненные)	380	320
3 <sup>б</sup> (стали термоупрочненные и дисперсионноупрочненные)	450	380
4 (стали низкованадиевые Cr–Mo–(Ni))	380	320
5 (стали безванадиевые Cr–Mo с $C \leq 0,35\%$ )	380	320
6 (стали Cr–Mo–(Ni) с повышенным содержанием V)	-	350

<sup>а</sup>Если требуется определение твердости.  
<sup>б</sup>Для сталей с  $R_{сН} > 890 \text{ Н/мм}^2$  максимальную твердость необходимо согласовать.

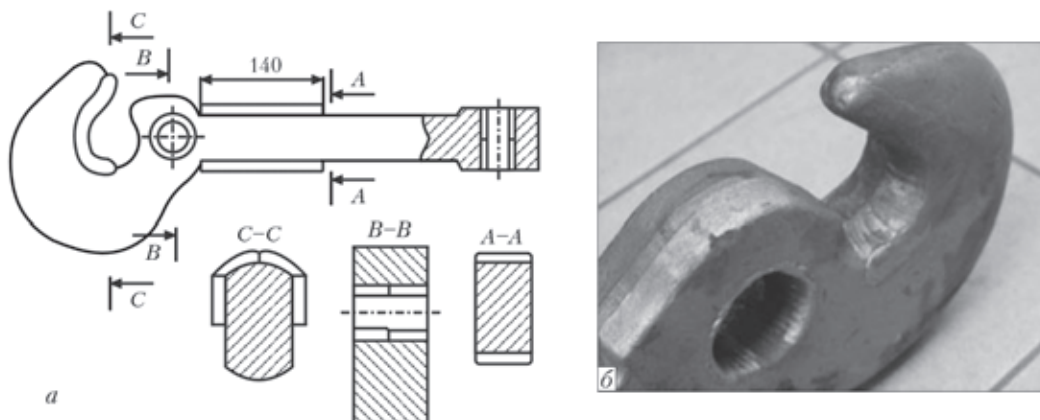


Рис. 6. Схема (а) и внешний вид тягового крюка (б) (толщина наплавленного слоя 4,0...6,2 мм)

к торцевой поверхности (рис. 5). В случае износостойкой наплавки надо выполнить минимум пять замеров на шлифованной наплавленной поверхности контрольного образца. Твердость определяется как среднее по пяти замерам.

Твердость основного металла в ЗТВ не должна превышать допустимых максимальных значений, приведенных в табл. 2. В случае износостойкой наплавки необходимо определить максимальные значения твердости наплавленного слоя. При испытании на боковой изгиб на образце не должно быть одиночных трещин длиной более 3 мм в любом направлении.

**Протокол аттестации процедуры наплавки.**

Если в результате испытаний не обнаружено недопустимых дефектов, то экспертный орган составляет протокол аттестации процедуры наплавки WPQR. Этот протокол содержит следующие данные:

- область распространения аттестации;
- информацию по технологии наплавки и термообработке контрольного образца;
- результаты испытаний.

В разделе протокола WPQR, посвященном области распространения аттестации, указывается:

- процесс наплавки по ЕН ИСО 4063;
- применение наплавки (износостойкая или другая);
- конструкция наплавленного слоя (однослойная или многослойная, количество слоев).

При всех методах наплавки, кроме износостойкой, аттестация однослойной наплавки распространяется на многослойную, если применяется

аналогичная технология наплавки. Однако аттестация многослойной наплавки не распространяется на однослойную наплавку. В случае износостойкой наплавки аттестация однослойной наплавки не распространяется на многослойную наплавку. Аттестация многослойной наплавки с  $N$  слоев распространяется также на многослойную наплавку с количеством слоев до  $(N + 4)$ .

**Марка, обозначение и размер электродного (присадочного) материала.** Разрешение на электродный (присадочный) материал, использованный при аттестации, распространяется на другие электродные (присадочные) материалы при условии, что они имеют эквивалентные механические свойства, тот же тип покрытия, такой же химический состав согласно обозначению в соответствующем стандарте на электродный (присадочный) материал.

**Ток наплавки (сварки), его род и полярность.** Количество введенной теплоты при наплавке (сварке) определяется по ЕН 1011-1. Верхний предел области распространения аттестации по количеству введенной теплоты для каждого слоя разрешается устанавливать на 25 % выше количества введенной теплоты для такого слоя при наплавке контрольного образца. Нижний предел устанавливают на 10 % ниже количества введенной теплоты при наплавке такого же слоя контрольного образца.

**Положение при наплавке.** Разрешается проводить наплавку в том положении, в котором производилась наплавка контрольного образца.

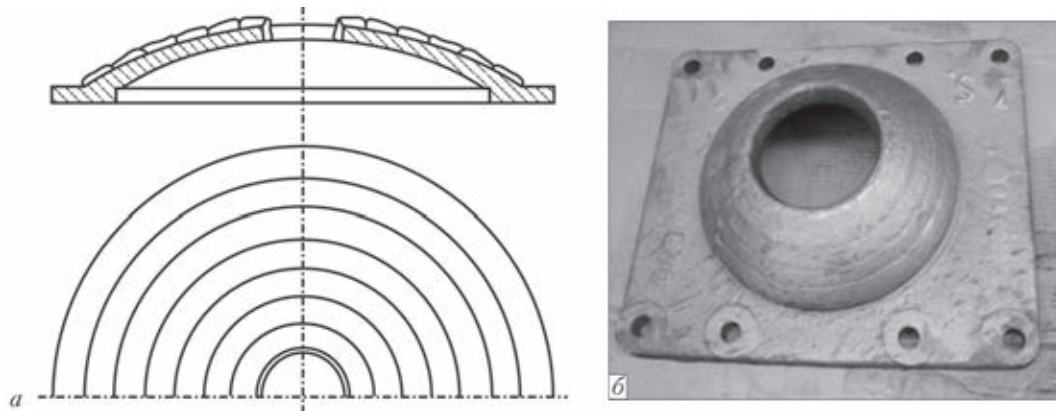


Рис. 7. Схема литой цапфы поворота из стали 45Л (наружный диаметр 350 мм, толщина стенки 30 мм) (а) и внешний вид наплавленной детали (б) (толщина наплавленного слоя 4,0...13,8 мм)

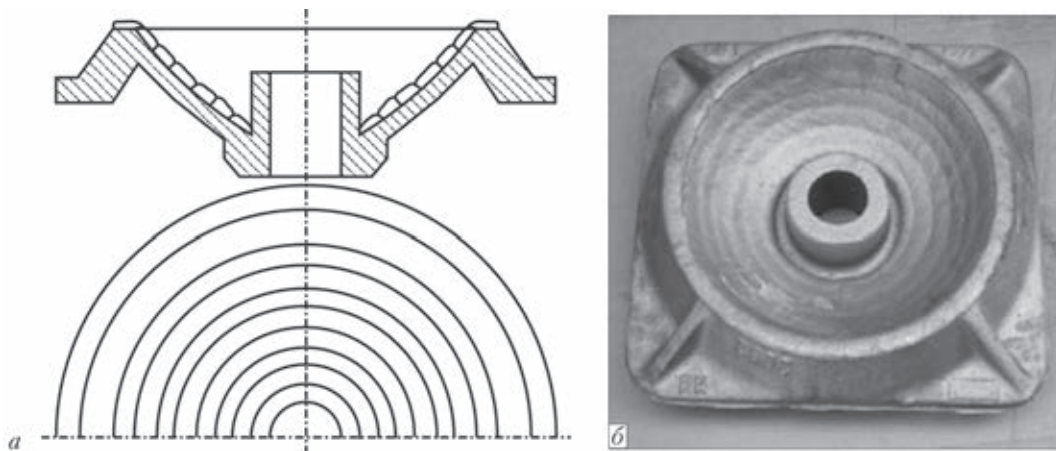


Рис. 8. Схема литого гнезда поворота из стали 45Л (наружный диаметр 380 мм, толщина стенки 32 мм): схема (а) и внешний вид наплавленной детали (б) (толщина наплавленного слоя 9,0...13,0 мм)

**Температура предварительного подогрева, температура между проходами и термическая обработка после наплавки.** Добавление или отмена термической обработки после наплавки не допускается.

**Примеры аттестации процедур наплавки.** В промышленной практике проводят аттестацию процедур наплавки (сварки) в соответствии со стандартом ИСО 15614-1 [4, 5]. К деталям, технологии наплавки которых аттестовали по этому стандарту, выполняя наплавку стандартных контрольных образцов, относятся штоки гидравлических крепей. Была проведена аттестация механизированной наплавки плавящимся электродом в среде активных газов, под флюсом и лазерной наплавки штоков диаметром 38...329 мм из стали 40Х, 32ХА и 45Г2. Предпроизводственные испытания наплавленных нестандартных контрольных образцов по стандарту ИСО 15613, с учетом требований ИСО 15614-7, выполняли применительно к крановым колесам, дета-

лям энергетической арматуры и деталям железнодорожных вагонов (рис. 6–8).

В результате испытаний была проведена аттестация процедур наплавки всех упомянутых выше деталей в соответствии со стандартом ИСО 15614-7. Протоколы аттестации процедуры наплавки WPQR переданы предприятиям, которые проводят наплавку этих деталей.

1. EN ISO 15614-7:2007. Specification and qualification of welding procedures for metallic materials – Welding procedure test – Part 7: Overlay welding.
2. EN ISO 15613. Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов. Аттестация, основанная на предпроизводственном испытании.
3. ИСО/ТО 15608. Сварка. Руководящие указания по системе группирования металлических материалов.
4. ИСО 15614-1:2009. Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов. Проверка процедуры сварки. Ч. 1. Дуговая и газовая сварка сталей и дуговая сварка никеля и никелевых сплавов.
5. Kuzio T. Kwalifikowanie technologii spawalniczych przez Instytut Spawalnictwa // Biuletyn Instytutu Spawalnictwa. – 2007. – № 2. – S. 50–54.

Поступила в редакцию 10.04.2015