

УДК 65.011.46:66.094.29:621.643.053(476)

## ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СВАРНЫХ КОЛЬЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ДЛИТЕЛЬНОЕ ВРЕМЯ

**А.Н. ЯНУШОНОК, В.Н. СТАХЕЙКО**  
(Полоцкий государственный университет)

*Обеспечение надежности системы транспорта углеводородных энергоносителей является актуальной задачей. В процессе эксплуатации магистральных трубопроводов имеют место процессы деградации структуры и механических свойств металла, непосредственно влияющие на надежность функционирования линейной части. Процессы старения и деградации материала проявляются в первую очередь в снижении сопротивляемости хрупкому разрушению. Наиболее заметно данный эффект проявляется в локальных, структурно-неоднородных областях, которыми и являются сварные соединения магистральных трубопроводов. Из-за значительного снижения уровня ударной вязкости увеличивается потенциальная возможность возникновения и роста трещин. Предлагается к рассмотрению новый метод восстановления эксплуатационных свойств деформационно-состаренного металла сварных соединений трубопроводов при помощи высокотемпературного термического воздействия. Приводится оценка экономической эффективности применения восстановительной термической обработки сварных кольцевых соединений магистральных трубопроводов, эксплуатируемых длительное время.*

**Введение.** Одной из составляющих топливно-энергетического комплекса Беларуси являются системы транспортирования жидких и газообразных углеводородных энергоносителей – магистральные трубопроводы. Срок эксплуатации большей части эксплуатируемых в Беларуси магистральных трубопроводов превышает нормативный срок их службы. В связи с этим задача обеспечения надежности и безопасности линейной части магистральных трубопроводов приобретает повышенную актуальность.

В процессе длительной эксплуатации в трубных сталях в результате физико-химических воздействий перекачиваемого продукта и воздействия внешней среды происходит изменение механических свойств металла труб и сварных соединений, а также изменение структурного состояния металла. Процессы старения и деградации материала, проявляются в первую очередь в снижении сопротивляемости хрупкому разрушению. Наиболее заметно данный эффект проявляется в локальных, структурно-неоднородных областях, которыми и являются сварные соединения магистральных трубопроводов. Из-за значительного снижения уровня ударной вязкости увеличивается потенциальная возможность возникновения и роста трещин, а следовательно, возрастает вероятность аварийного разрушения трубопровода.

Установлено, что восстановление механических и эксплуатационных свойств основного металла труб и металла сварных соединений возможно за счет проведения специальной термической обработки. На основании этого с целью определения оптимальных условий для восстановления эксплуатационных свойств кольцевых сварных соединений проведены экспериментальные исследования на образцах, вырезанных из магистральных нефте-и нефтепродуктопроводов, используемых в работе длительное время.

В результате проведенных исследований определен режим локальной термической обработки кольцевых сварных соединений магистральных трубопроводов, эксплуатируемых длительное время. Установлено, что значения ударной вязкости металла, обработанного по предложенному режиму термической обработки, возрастают приблизительно на 50 %; имеет место увеличение коррозионной стойкости до 4 %, при этом снижение значений предела прочности незначительно и может не учитываться в прочностных расчетах. Опытно-промышленная апробация метода на натурном образце подтвердила его эффективность.

Типовой технологический процесс локальной термической обработки сварных кольцевых соединений магистральных трубопроводов включает следующие технологические операции:

- проведение контроля качества сварных соединений путем измерения твердости, размеров отпечатка пирамидального индентора (метод Виккерса) и расчета значений ударной вязкости;
- выбор типа и количества нагревательных устройств и схемы их рационального размещения и включения;
- установка преобразователей, нагревательных устройств и теплоизоляции;
- включение преобразователей в измерительную цепь потенциометра;
- соединение нагревательного устройства с источником питания;
- осуществление нагрева, выдержки и охлаждения сварного соединения;
- демонтаж теплоизоляции, нагревательного устройства и преобразователей;
- проведение повторного контроля качества сварных соединений с целью оценки результатов обработки;
- оформление документации по производству работ по термической обработке.

Производство работ по термической обработке кольцевых сварных соединений предполагается производить во время капитального ремонта магистрального трубопровода. Для внедрения разработанного метода в практику необходимо выполнить расчеты, подтверждающие его экономическую эффективность.

**Оценка ожидаемого экономического эффекта.** Расчет ожидаемого экономического эффекта производится на основании сравнения затрат на производство ремонтных работ сварного соединения методом вырезки катушки – *первый вариант*, и затрат на восстановление свойств сварного соединения с помощью термической обработки – *второй вариант*. В стоимость работ по обоим вариантам входят затраты на материалы, их транспортировку и хранение, заработная плата рабочих, затраты на эксплуатацию строительных машин и механизмов, накладные расходы и плановые накопления. Для определения затрат составляется перечень необходимых работ и материальных ресурсов, на основании которого, используя нормативную базу (сборники цен на материалы, сборники ресурсно-сметных норм [1 – 9] и др.), определяется сметная стоимость работ. Объем затрат определяется в базисных ценах 2006 года и пересчитывается в текущие цены. В качестве примера в данной работе приведен расчет прямых затрат для магистральных трубопроводов с диаметром 530 мм и толщиной стенки 8 мм. Для эксплуатируемых в Беларуси трубопроводов других диаметров также проведены необходимые аналогичные расчеты.

Приблизительный перечень возможных общих для обоих методов ремонта работ и материальных ресурсов представлен в таблице 1, куда входят подготовительные работы по устройству временных дорог, земляные работы, работы по водоотливу и водопонижению, изоляционные работы, которые проводятся в рамках капитального ремонта. Величина затрат на их проведение и необходимые материальные ресурсы в значительной мере зависят от меняющихся условий производства работ. Таким образом, выполнение приведенных работ не окажет влияния на величину ожидаемого экономического эффекта и расчет затрат на их выполнение не приводится.

Таблица 1

Перечень работ и материальных ресурсов, общих для обоих методов ремонта

№ п/п	Обоснование	Наименование видов работ и материальных ресурсов
1	E27-99-3	Устройство лежневых временных дорог толщиной настила 160 мм, шириной проезжей части 3,5 м
2	E27-99-4	Устройство лежневых временных дорог толщиной настила 160 мм: при изменении ширины на каждые 0,5 м
3	C102-800	Лесоматериалы круглых хвойных пород для строительства длиной 3 – 6,5 м, диаметром 14 – 24 см
4	E27-99-5	Разборка временных лежневых дорог шириной проезжей части 3,5 м
5	E27-99-6	Разборка временных лежневых дорог: при изменении ширины на каждые 0,5 м
6	E1-165-2	Копание ям вручную без креплений для стоек и столбов, без откосов, глубиной до 0,7 м, грунт второй группы
7	E1-30-1	Планировка площадей бульдозерами мощностью 59 (80) кВт (л.с.) (снятие плодородного слоя грунта)
8	E1-27-1	Засыпка и перемещение грунта до 5 м бульдозерами мощностью 59 (80) кВт (л.с.), грунт первой группы
9	E1-27-7	Засыпка и перемещение грунта до 5 м бульдозерами мощностью 59 (80) кВт (л.с.) при изменении расстояния на каждые последующие 5 м грунт первой группы
10	E1-12-8	Разработка грунта в отвал экскаваторами «драглайн» или «обратная лопата» с ковшом вместимостью 0,65 (0,5 – 1) м <sup>3</sup> , грунт второй группы
11	E1-163-8	Доработка грунта вручную в траншеях шириной более 2 м и котлованах площадью сечения до 5 м <sup>2</sup> с креплениями, глубиной траншей и котлованов до 3 м, грунт второй группы
12	E1-134-1	Уплотнение грунта пневматическими трамбовками, грунт первой-второй группы
13	E1-27-2	Засыпка траншей и котлованов бульдозерами мощностью 59 (80) кВт (л.с.) при перемещении грунта до 5 м, грунт второй группы
14	E1-166-2	Засыпка вручную траншей, пазух котлованов и ям, грунт второй группы
15	E1-145-1	Планировка площадей механизированным способом, грунт первой группы
16	E1-24-1	Разработка (возврат) растительного слоя грунта бульдозерами мощностью 59 (80) кВт (л.с.) при перемещении грунта до 10 м грунт первой группы
17	E51-7-1	Погрузка сподручных и навалочных грузов
18	C310-50	Перевозка строительных грузов, легко отделяющихся от кузова автомобиля самосвала (работающего вне карьера) класс груза 1 на расстояние 50 км
19	C310-51	Перевозка строительных грузов, легко отделяющихся от кузова автомобиля самосвала (работающего вне карьера), класс груза 1, на расстояние свыше 50 км добавлять на каждый 1 км
20	E27-36-3	Устройство дорожных покрытий из сборных железобетонных прямоугольных плит площадью до 10,5 м <sup>2</sup> (устройство временных переездов)
21	C401-1	Плиты подкладные прямоугольные плоские, класс бетона C12/15, объемом 1,01 – 4 м <sup>3</sup>
22	E27-100-4	Разборка дорог из сборных железобетонных плит площадью более 3 м <sup>2</sup>
23	E1-30-1	Планировка площадей бульдозерами мощностью 59 (80) кВт (л.с.) под укладку плит
24	E33-259-2	Перевозка на 1 км железобетонных плит дорожных
25	ЦЗ9-21-8	Визуальный осмотр трубопроводов диаметром до 550 мм
26	E13-44-7	Очистка щетками

Окончание таблицы 1

№ п/п	Обоснование	Наименование видов работ и материальных ресурсов
27	E13-45-1	Обезжиривание поверхностей аппаратов и трубопроводов диаметром до 500 мм бензином
28	E25-27-3	Усиленная противокоррозионная изоляция полимерной лентой и укладка в траншею трубопровода диаметром 500 мм
29	C113-3510	Грунтовка ГТ-752
30	C101-59302	Мастика битумно-полимерная
31	C101-51512	Лента полимерная для защиты изоляционных покрытий газонефтепродуктопроводов толщиной 0,5 мм
32	E1-215-10	Гидропогружение обсадных труб с установкой в них иглофильтров с устройством обсыпки, длина иглофильтров до 7 м
33	C109-9409	Фильтр для буровых скважин на воду типа СП-6Ф7В
34	E1-217-1	Монтаж всасывающего коллектора
35	C103-17000	Коллектор из труб электросварных прямошовных из стали марок бСт2кп-бСт4кп, наружный диаметр 152 мм, толщина стенки 4 мм
36	E1-217-2	Демонтаж всасывающего коллектора
37	E1-217-1	Монтаж сбросного коллектора
38	C103-17000	Коллектор из труб электросварных прямошовных из стали марок бСт2кп-бСт4кп, наружный диаметр 152 мм, толщина стенки 4 мм
39	E1-217-2	Демонтаж сбросного коллектора
40	M040104	Электростанции передвижные, 60 кВт
41	M310120	Насосы для водопонижения и водоотлива 110 кВт
42	M310120P	Насосы для водопонижения и водоотлива 110 кВт (резервный)
43	E25-50-3	Гидравлическое испытание трубопроводов на прочность и проверка на герметичность, диаметр трубопровода 500 мм
44	E25-43-3	Продувка воздухом трубопровода, диаметром 500 мм

Расчет оставшихся затрат на материальные ресурсы и производство работ по ремонту сварного соединения методом замены катушки приведен в таблице 2, для метода термической обработки – в таблице 3.

Таблица 2

Расчет затрат на проведение ремонтных работ методом вырезки катушки

№ п/п	Обоснование	Наименование видов работ и материальных ресурсов	Ед. изм., кол-во	Стоимость ед. изм. / всего, руб.				Трудозатраты, чел.-ч		
				зарплата рабочих	эксплуатация машин и механизмов		материальные ресурсы		общая стоимость	
					всего	в том числе зарплата	всего			в том числе транспорт
1	E25-22-1	Транспортировка секций труб от объектного склада трубосварочной базы до места установки на трассе для трубопроводов, диаметром до 800 мм (привоз новых и отвоз старых)	т/км, 100	8 144	472 370	48 110		480 514	3,42	
			0,1	814	47 234	4 811		48 051	0,34	
2	C103-22800	Трубы стальные электросварные прямошовные и спирально-шовные группа А и Б с сопротивлением разрыву 38 кгс/мм <sup>2</sup> , наружный диаметр 530 мм, толщина стенки 8 мм	м				236 633	486	236 633	
			1				236 633	486	236 633	
3	E9-50-1	Ультразвуковой контроль качества сварных соединений, положение шва нижнее и вертикальное, толщина металла до 10 мм	м шва	10 076	767	328	407	9	11 250	3,66
			3,33	33 553	2 554	1 092	1 355	30	37 462	12,19
4	E66-29-5	Вырезка и врезка контрольного участка для определения внутреннего состояния труб диаметром до 500 мм	Вставка 1 м	29 357	19 611	918	246 407	665	295 375	11,73
			1	29 357	19 611	918	246 407	665	295 375	11,73
Итого прямые затраты:				63 724	69 399	6 821	484 395	1181	617 521	24,26

При расчете затрат на транспортировку расстояние принималось равным четверти длины зоны обслуживания аварийно-восстановительного пункта в связи с тем, что аварийно-восстановительный пункт располагается в середине обслуживаемой зоны, а половина расстояния в одну из сторон может быть приблизительно оценена в качестве средней дальности поездки ремонтной бригады. Зона обслуживания аварийно-восстановительной бригады принята 200 км в соответствии с рекомендациями норм технологического проектирования [10].

Таблица 3

Расчет затрат на проведение ремонтных работ методом термической обработки

№ п/п	Обоснование	Наименование видов работ и материальных ресурсов	Ед. изм., кол-во	Стоимость ед. изм. / всего, руб.					Трудозатраты, чел.-ч	
				зарплата рабочих	эксплуатация машин и механизмов		материальные ресурсы			общая стоимость
					всего	в том числе зарплата	всего	в том числе транспорт		
1	Ц12-752-9	Термическая обработка сварных стыков трубопроводов, наружный диаметр и толщина стенки 530 × 16 мм	Стык	77 112	90 541	1 675	92 454	187	260 107	31,42
			1	77 112	90 541	1 675	92 454	187	260 107	31,42
2	Ц39-9-1	Зачистка мест под испытания на твердость	100 мест	112 920	104 765				217 685	46,01
			6	6 775	6 286				13 061	2,76
3	Ц39-31-1	Замер твердости металла сварного соединения	3 замера	1 525					1 525	0,57
			2	3 050					3 050	1,14
Итого прямые затраты:				86 937	96 827	1 675	92 454	187	276 218	35,32

Из представленных данных видно, что трудозатраты на проведение ремонтных работ методом термической обработки сварного соединения выше, чем у работ методом вырезки катушки.

Проведение работ при составлении сетевого графика следует планировать таким образом, чтобы общее время выполнения капитального ремонта магистрального трубопровода не увеличивалось. Этого можно достичь следующим образом: работы по зачистке мест под определение твердости переносными твердомерами, измерение твердости, размеров отпечатков и непосредственно самой термической обработки рекомендуется производить сразу после работ по очистке трубопровода от изоляции в одном технологическом потоке.

Выполнение работ по термической обработке может также осуществляться одновременно с работами по ремонту дефектов и повреждений на другом участке. Тем самым большая трудоемкость выполнения ремонтных работ по второму варианту не приведет к увеличению времени выполнения самого ремонта и, как следствие, не окажет влияния на изменение стоимости выполнения работ по двум рассматриваемым вариантам. Так как сроки проведения капитального ремонта не изменятся, убытков в связи с увеличением времени простоя трубопровода не будет и, следовательно, ожидаемый экономический эффект будет рассчитываться только исходя из стоимости выполнения работ.

Накладные расходы в соответствии с Постановлением № 1 Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь «Об утверждении норм накладных расходов и плановых накоплений» от 16 января 2008 года [11] составляют 156,8 % от суммы заработной платы рабочих и машинистов. Таким образом, накладные расходы по выполнению работ по термической обработке сварного соединения диаметром 530 мм в ценах 2006 года составят  $(86\,937 + 1\,675) \cdot 156,8/100 = 138\,944$  руб., а себестоимость выполнения работ составит  $138\,944 + 276\,218 = 415\,162$  руб.

В случае выполнения работ подрядным способом сметная стоимость дополнительно будет включать в себя плановые накопления строительной организации, налог на добавленную стоимость, взносы в фонд страхования от несчастных случаев на производстве, в фонд социальной защиты населения, платежи в инновационный фонд. Также стоимость может увеличиваться за счет местных налогов, которые в данной работе не будут учитываться в связи с возможной обширной географией проведения работ.

Плановые накопления в соответствии с Постановлением № 1 Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь «Об утверждении норм накладных расходов и плановых накоплений» от 16 января 2008 года [11] составляют 202,1 % от суммы заработной платы рабочих и машинистов. Следовательно, плановые накопления строительной организации при выполнении работ по термической обработке сварного соединения магистрального трубопровода диаметром 530 мм в ценах 2006 года составят  $(86\,937 + 1\,675) \cdot 202,1/100 = 179\,085$  руб.

Взнос в фонд страхования от несчастных случаев на производстве в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь № 110 «О внесении изменений и дополнения в некоторые указы Президента Республики Беларусь по вопросам обязательного страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» от 1 марта 2010 года [12] составляет 0,6 % от фонда заработной платы. Взнос в Фонд социальной защиты населения в соответствии с Законом Республики Беларусь «Об обязательных страховых взносах в Фонд социальной защиты населения Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь» (с изменениями от 06.01.2009) [13] составляет 34 % от фонда заработной платы. Взнос в инновационный фонд в соответствии с Постановлением Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь «Об установлении размеров отчислений в инновационный фонд

Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь на 2011 год» от 20 июня 2011 года [14] для предприятий государственной формы собственности составляет 4,5 % от объема выполненных работ.

Таким образом, отчисления строительной организации составят:

- в Фонд страхования от несчастных случаев на производстве  $(8\ 6937 + 1\ 675) \cdot 0,6 / 100 = 532$  руб.;
- в Фонд социальной защиты населения  $(86\ 937 + 1\ 675) \cdot 34 / 100 = 30\ 128$  руб.;
- в Инновационный фонд  $(415\ 162 + 179\ 085 + 532 + 30\ 128) \cdot 4,5 / 100 = 28\ 121$  руб.

Тогда сметная стоимость выполнения работ при выполнении работ по термической обработке сварного соединения магистрального трубопровода диаметром 530 мм в ценах 2006 года подрядным способом составит:  $415\ 162 + 179\ 085 + 532 + 30\ 128 + 28\ 121 = 653\ 028$  руб.

Аналогичным образом проведены расчеты стоимости выполнения работ по вырезке катушки, а также термической обработке для других диаметров трубопроводов (табл. 4).

Таблица 4

Стоимость выполнения работ по ремонту кольцевого сварного соединения магистрального трубопровода

Диаметр, мм	Метод ремонта	Способ проведения работ	Стоимость работ, руб.
530	Вырезка катушки	Собственными силами	728 136
		С привлечением подрядной организации	935 396
	Термическая обработка	Собственными силами	415 162
		С привлечением подрядной организации	653 028
630	Вырезка катушки	Собственными силами	887 370
		С привлечением подрядной организации	1 134 263
	Термическая обработка	Собственными силами	481 010
		С привлечением подрядной организации	769 493
720	Вырезка катушки	Собственными силами	1 142 033
		С привлечением подрядной организации	1 423 280
	Термическая обработка	Собственными силами	546 858
		С привлечением подрядной организации	885 959
820	Вырезка катушки	Собственными силами	1 319 430
		С привлечением подрядной организации	1 637 878
	Термическая обработка	Собственными силами	625 621
		С привлечением подрядной организации	1 015 496
1020	Вырезка катушки	Собственными силами	2 065 419
		С привлечением подрядной организации	2 588 183
	Термическая обработка	Собственными силами	773 236
		С привлечением подрядной организации	1 254 014

Ожидаемый экономический эффект от внедрения метода термической обработки сварных соединений в зависимости от способа проведения работ (собственными силами или силами подрядной организации) составит соответственно разность между себестоимостью или сметной стоимостью проведения работ по вырезке катушки и по термообработке собственными силами и подрядными организациями. Перевод цен января 2006 года в текущие осуществляется с применением индексов изменения стоимости строительно-монтажных работ. В соответствии с Приказом Министерства архитектуры и строительства от 28.07.2011 № 264 при пересчете затрат на производство строительно-монтажных работ с базисных цен 2006 года на текущие (01.07.2011) утверждены следующие индексы изменения стоимости: заработная плата – 1,9948; эксплуатация машин и механизмов – 2,2188; строительные материалы, изделия и конструкции – 2,5561; в том числе транспортные затраты – 2,4916. Результаты расчета экономического эффекта сведены в таблицу 5.

Таблица 5

Ожидаемый экономический эффект от внедрения метода термической обработки

Диаметр, мм	Способ проведения работ	Ожидаемый экономический эффект, руб.	
		в ценах 2006 года	в текущих ценах
530	Собственными силами	312 974	812 887
	С привлечением подрядной организации	282 368	760 321
630	Собственными силами	406 360	1 048 726
	С привлечением подрядной организации	364 770	976 477
720	Собственными силами	595 175	1 529 510
	С привлечением подрядной организации	537 321	1 429 505
820	Собственными силами	693 809	1 780 622
	С привлечением подрядной организации	622 382	1 655 987
1020	Собственными силами	1 292 183	3 119 391
	С привлечением подрядной организации	1 334 169	3 227 524

**Заключение.** Предлагаемый метод восстановления эксплуатационной надежности кольцевых сварных соединений магистральных трубопроводов, отработавших длительное время, путем проведения восстановительной термической обработки показывает потенциальную технико-экономическую эффективность своего применения. Возможный экономический эффект от внедрения разработанного метода в зависимости от диаметра трубопровода и способа проведения работ может составить от 28 237 до 3 227 524 руб. на один стык.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный комплекс нормативно-технических документов в строительстве. Ресурсно-сметные нормы на строительные конструкции и работы. Сб. 6: Бетонные и железобетонные конструкции монолитные: РСН 8.03.106-2007. – Введ. 01.01.2008. – Минск: М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2007. – 404 с.
2. Национальный комплекс нормативно-технических документов в строительстве. Ресурсно-сметные нормы на строительные конструкции и работы. Сб. 27: Автомобильные дороги: РСН 8.03.127-2007. – Введ. 01.01.2008. – Минск: М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2008. – 410 с.
3. Национальный комплекс нормативно-технических документов в строительстве. Ресурсно-сметные нормы на строительные конструкции и работы. Сб. 1: Земляные работы: РСН 8.03.101-2007. – Введ. 01.01.2008. – Минск: М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2008. – 468 с.
4. Национальный комплекс нормативно-технических документов в строительстве. Ресурсно-сметные нормы на строительные конструкции и работы. Сб. 51: Земляные работы: РСН 8.03.351-2007. – Введ. 01.01.2008. – Минск: М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2008. – 23 с.
5. Национальный комплекс нормативно-технических документов в строительстве. Ресурсно-сметные нормы на строительные конструкции и работы. Сб. 25: Магистральные трубопроводы газонефтепродуктов: РСН 8.03.125-2007. – Введ. 01.01.2008. – Минск: М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2008. – 598 с.
6. Национальный комплекс нормативно-технических документов в строительстве. Ресурсно-сметные нормы на строительные конструкции и работы. Сб. 13: Защита строительных конструкций и оборудования от коррозии: РСН 8.03.113-2007. – Введ. 01.01.2008. – Минск: М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2008. – 330 с.
7. Национальный комплекс нормативно-технических документов в строительстве. Сб. сметных цен на материалы, изделия и конструкции. Ч. 1: Строительные материалы: РСН 8.06.101-2007. – Введ. 01.01.2008. – Минск: М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2008. – 548 с.
8. Национальный комплекс нормативно-технических документов в строительстве. Ресурсно-сметные нормы на строительные конструкции и работы. Сб. 39: Контроль монтажных сварных соединений: РСН 8.03.239-2007. – Введ. 01.01.2008. – Минск: М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2008. – 337 с.
9. Национальный комплекс нормативно-технических документов в строительстве. Ресурсно-сметные нормы на строительные конструкции и работы. Сб. 33: Линии электропередач: РСН 8.03.133-2007. – Введ. 01.01.2008. – Минск: М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2007. – 579 с.
10. Нормы технологического проектирования магистральных нефтепроводов: ВНТП 2-86. – Введ. 01.07.1987. – М.: Миннефтепром, 1987. – 58 с.
11. Об утверждении норм накладных расходов и плановых накоплений: Постановление М-ва архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 16 янв. 2008 г. // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2008. – № 1. – 8/18042
12. О внесении изменений и дополнения в некоторые указы Президента Республики Беларусь по вопросам обязательного страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний: Указ Президента Респ. Беларусь от 1 марта 2010 г. // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2011. – № 110. – 1/11425.
13. Об обязательных страховых взносах в Фонд социальной защиты населения Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь: Закон Респ. Беларусь, 29 февр. 1996 г., № 138-ХІІІ: в ред. Закона Респ. Беларусь от 06.01.2009 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 1999. – № 4. – 2/6.
14. Об установлении размеров отчислений в инновационный фонд Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь на 2011 год: Постановление М-ва архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 20 июня 2011 г. // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2011. – № 36. – 8/23813.

Поступила 29.09.2011

## EVALUATION OF ECONOMIC EFFICIENCY REGENERATIVE HEAT TREATMENT OF WELDED JOINTS OF RING MAIN PIPELINES

A. YANUSHONOK, V. STAKHEIKO

*Ensuring the reliability of hydrocarbon energy transport at the moment is an urgent task. In the operation of pipelines flowing degradation of the structure and mechanical properties of the metal have a direct bearing on the reliability of the linear part. Aging and material degradation, manifested primarily in reducing the resistance to brittle fracture. The most noticeable effect is present in local structural and non-uniform fields, which are the welded joints of pipelines. Because of the significant reduction of impact strength increases the potential for the emergence and growth of cracks. In this article we propose to consider a new method for recovery of operational properties of strain-aged metal of welded joints of pipelines with high heat exposure. An estimate of the cost-effectiveness of reducing heat treatment of welded joints of ring main pipelines, have worked a long time.*