

УДК 675.92.027.3

Экструзионная сварка – технологические особенности процесса, устройство оборудования

© Д.И. Ким, Р.А. Брюховец

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

На основе практического опыта рассмотрены особенности применения технологии экструзионной сварки полипропиленовых труб при низких температурах окружающего воздуха, а также проведены исследования в условиях низких климатических температур. Проведены эксперименты и принципы сварки экструдером.

Ключевые слова: экструзионная сварка, низкие климатические температуры, экструдер, полипропиленовые трубы

Technological Features of the Extrusion Welding Process and Device Equipment

© Dmitry I. Kim, Roman A. Bryukhovets

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

On the basis of practical experience, the article discusses the features of the use of extrusion welding technology for polypropylene pipes at low ambient temperatures. The experiments have been conducted under conditions of low climatic temperatures. The article describes the extruder welding principles.

Keywords: extrusion welding, low climatic temperatures, extruder, polypropylene pipes

Введение

В соответствии с действующими нормативными документами проводить сварочные работы при строительстве систем холодного и горячего водоснабжения из полипропиленовых труб необходимо при положительных температурах окружающего воздуха. Данный фактор часто служит причиной срыва сроков ввода новых объектов в эксплуатацию. Температурные ограничения по выполнению сварки полимерных труб особенно затрудняют проведение строительных работ в регионах с холодным климатом. Поэтому применение экструзионной сварки особенно актуально в климатических условиях Иркутской области, так как данный вид сварки для соединений полипропиленовых труб водоснабжения применяется в условиях низких температур окружающего воздуха.

Для получения требуемого уровня качества согласно нормативным документам были проведены сварочные испытания раструбных соединений, изготовленных при различных режимах сварки. Было выявлено, что имеющиеся в нормативных документах методы испытания качества сварных соединений полимерных труб не обнаруживают нарушения технологического режима сварки в раструб. Таким образом, применение данной сварки обеспечивает необходимый уровень качества сварных раструбных соединений в условиях низких температур окружающего воздуха.

Целью данной работы является выявление поведения полипропиленовых труб и соединений в условиях реального эксплуатационного режима.

Методика эксперимента

Оборудование для размягчения материалов и придания им соответствующей формы путем продавливания через профилирующий инструмент называется экструдером, а сам процесс экструзией. Экструдеры для экструзионной сварки комплектуются нагревателями воздуха для обеспечения пластификации стыкуемых материалов. Это необходимо для подачи присадочного материала. Поток горячего воздуха поступает к месту сварки через сопло предварительного нагрева, за счет чего происходит нагрев стыкуемых материалов. Температурный режим воздушного потока регулируется специальным контроллером [6].

Исследования были проведены на полипропиленовых трубах марки PPRC PN10. Экструзионная сварка проводилась при различных температурах окружающего воздуха с заданно измененными параметрами сварки, т.е. с нарушениями технологий, а также с предва-

рительным подогревом, продолжительность которого определялась расчетным путем. В условиях температуры окружающего воздуха выше 0 °С сварка проводилась по стандартным параметрам, описанным в действующих нормативных документах по проектированию и строительству полипропиленовых труб [3]. Сварка в раструб полипропиленовых труб в условиях низких температур окружающего воздуха проводилась согласно схеме, представленной на рис. 1.

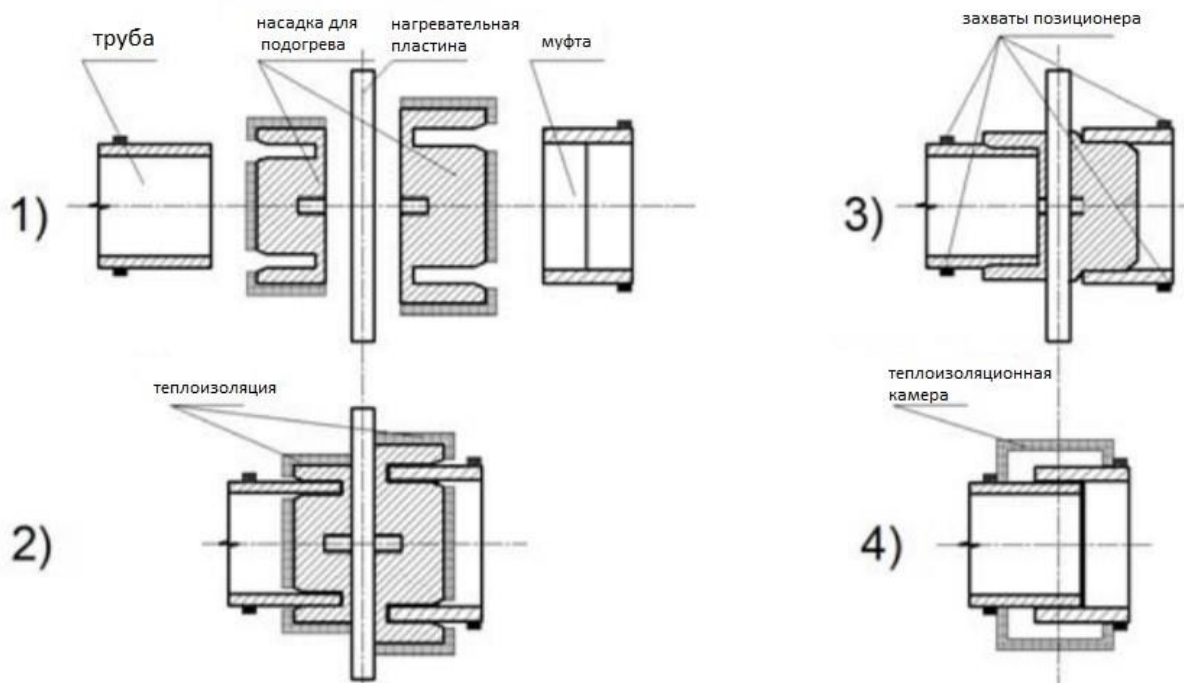


Рис. 1. Технологическая схема сварки полипропиленовых труб при низких температурах: 1, 2 – предварительный подогрев; 3 – оплавление; 4 – охлаждение

В ходе работы проведено математическое моделирование процесса сварки в раструб полипропиленовых труб при низких климатических условиях, на основании данных результатов были получены расчетные данные продолжительности подогрева и свободного охлаждения свариваемых деталей перед сваркой, представленные в табл. 1. Для получения равномерного распределения температур в свариваемых деталях необходимо выдержать определенное время. Известно, что в результате неравномерности температурного поля в сварном соединении возникают температурные напряжения, негативно сказывающиеся на его прочности [2].

Таблица 1
Данные продолжительности подогрева для муфты (М), труб PN10 (Т) и их охлаждения для выравнивания температур (Охл) в секундах

		Температура окружающего воздуха, °С														
		-50			-40			-30			-20			-10		
		М	Т	Охл	М	Т	Охл	М	Т	Охл	М	Т	Охл	М	Т	Охл
Наружный диаметр трубы Ø, мм	50	120	60	30	120	90	40	120	90	50	90	60	60	90	60	90
	63	180	90	40	180	120	50	180	90	60	120	90	80	120	90	120
	75	300	180	50	240	120	60	240	120	70	180	120	90	180	120	150
	90	360	180	50	300	180	60	300	180	90	300	180	120	240	120	150
	110	540	240	60	480	240	60	480	240	90	420	180	120	300	180	180

На рис. 2 показан предварительный подогрев трубы и муфты продолжительностью 4 мин. с применением насадок, используемых для предварительного подогрева.

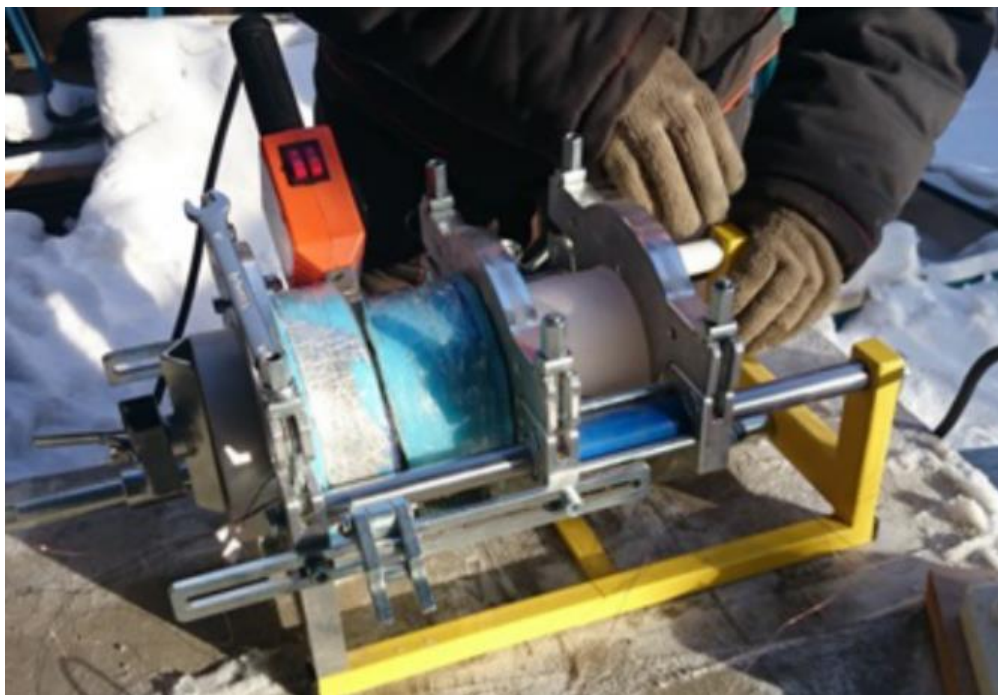


Рис. 2. Предварительный подогрев трубы и муфты

На рис. 3 показано свободное охлаждение трубы и муфты для выравнивания температур продолжительностью 2 мин.

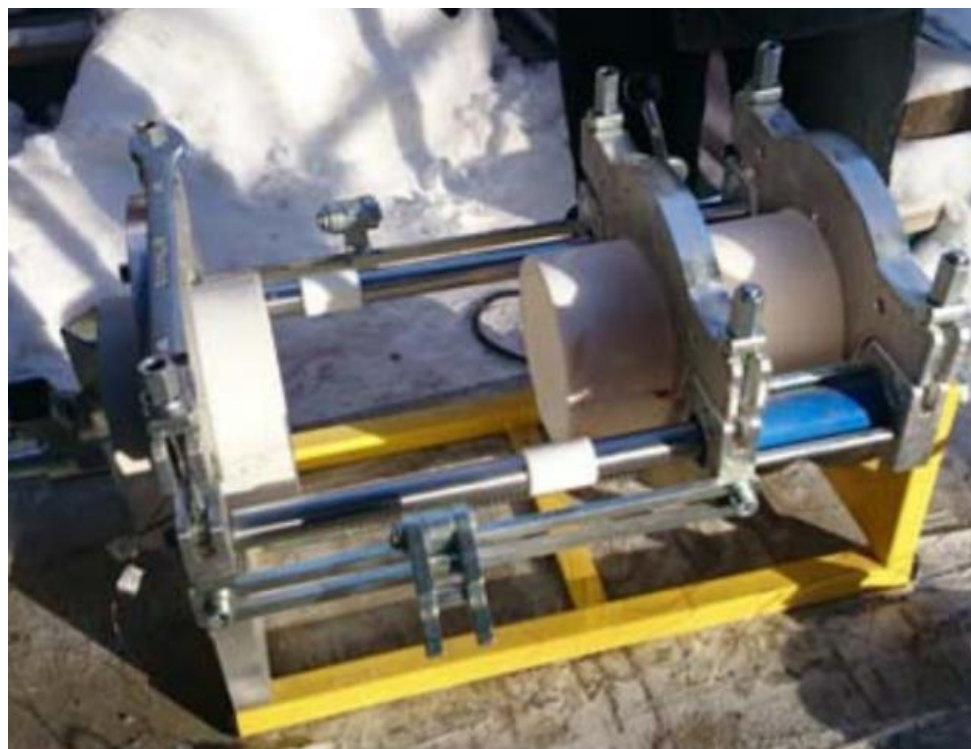


Рис. 3. Свободное охлаждение трубы и муфты

На рис. 4 изображено оплавление внешней поверхности трубы и внутренней поверхности муфты с применением насадок для сварки.



Рис. 4. Оплавление внешней поверхности трубы и внутренней поверхности муфты

На рис. 5 представлено раструбное соединение полипропиленовой муфты и трубы.

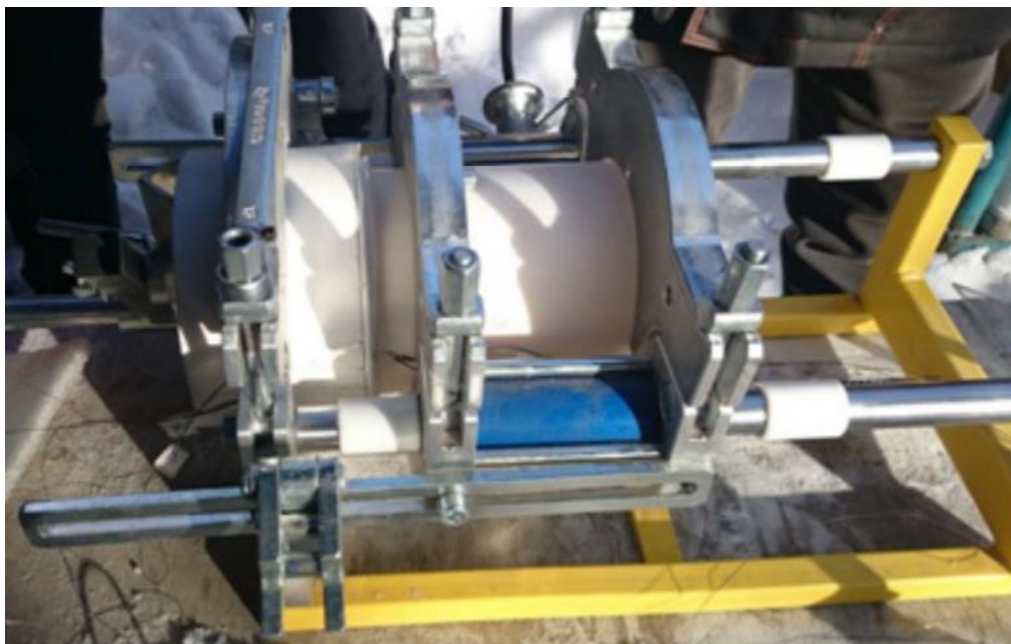


Рис. 5. Раструбное соединение полипропиленовой муфты и трубы

На рис. 6 показано охлаждение сварного раструбного соединения под слоем теплоизоляции после сварки при отрицательных температурах в течение 8 мин.

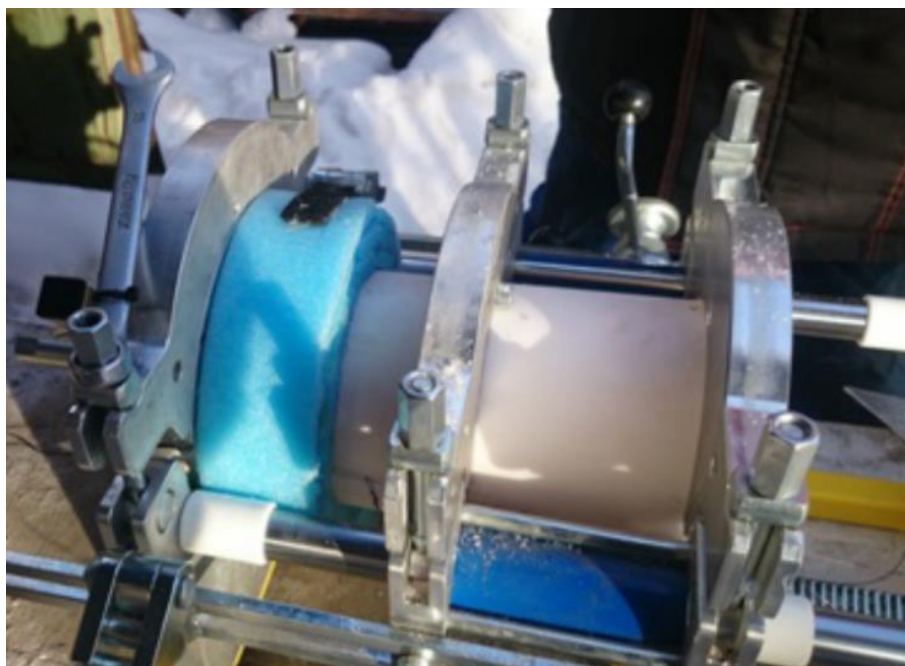


Рис. 6. Охлаждение сварного раструбного соединения под слоем теплоизоляции после сварки

Результаты исследования

Сварка в раструб полипропиленовых труб проводилась в четырех режимах:

1. Стандартная сварка. Сварка при температуре окружающего воздуха $T_{об}$ выше $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, все параметры сохранены в соответствии с нормативными документами.

2. Сварка с нарушением технологии. Сварка при температуре окружающего воздуха $T_{об}$ ниже $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ без укрытия, остальные параметры сохранены в соответствии с нормативными документами.

3. Сварка при температурах окружающего воздуха с предварительным подогревом. Сварка при температуре $T_{об}$ от $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ с применением предварительного подогрева свариваемых муфты и трубы и охлаждением сварного соединения без применения теплоизоляционной камеры. Продолжительность предварительного подогрева и свободного охлаждения была выбрана из табл. 1.

4. Сварка при температурах окружающего воздуха с предварительным нагревом и охлаждением сварного соединения в теплоизоляционной камере. Сварка при температуре $T_{об}$ от $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ с использованием предварительного подогрева (см. табл. 1) свариваемых муфты и трубы и охлаждением сварного соединения с применением теплоизоляционной камеры. Применение теплоизоляционной камеры при отрицательных температурах позволяет поддерживать ту же скорость охлаждения, что и при выполнении сварки при допустимых температурах.

По истечении одних суток после экструзионной сварки образцы сварных соединений подверглись испытаниям по оценке качества в соответствии с требованиями, прописанными в нормативных документах, а именно на стойкость при постоянном внутреннем давлении, гидравлические испытания, на статический отдр, на сдвиг сжатием [7].

Гидравлические испытания напорных трубопроводов выполнялись в соответствии со СП 40-101-96 [5]. Трубопровод выдерживался в течение 0,5 ч при давлении равном рабочему давлению, умноженному на коэффициент 1,5. Все испытываемые образцы прошли испытания.

В процессе испытаний на статический отдр все испытываемые образцы, в том числе сварные соединения, полученные с нарушением технологии по 4 режиму, разрушились по основному материалу.

Испытания раструбных соединений на сдвиг сжатием производились в соответствии

с ВСН 440-83 [8]. Качество раструбного соединения считается удовлетворительным, во-первых, если при испытании трубчатых образцов все разрушения происходили по основному материалу трубы или соединительной детали и, во-вторых, если при испытании кольцевых образцов на сдвиг разрушающее напряжение для образцов из полипропилена составило не менее 16 МПа. Значения разрушающего напряжения при сдвиге испытуемых образцов, сваренных при различных режимах сварки, соответствуют значениям образцов, полученных при положительных температурах окружающего воздуха.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод о том, что данными методами испытаний невозможно адекватно оценить качество сварных соединений труб из полипропилена, произведенных сваркой в раструб при различных условиях и температурах окружающей среды.

В связи с этим было проведено множество длительных испытаний образцов сварных раструбных соединений в среде с поверхностно-активным веществом при температуре 95 °С с варьированием напряжений в интервале от 3,4 до 10,0 МПа, путем изменения площадей сварных швов от 30 до 58 мм² и нагрузки от 20 до 30 кг. В результате экспериментов для проведения дальнейших испытаний было выбрано напряжение 5,7 МПа на образцах с площадью сварного шва равной 35 мм². Длительным испытаниям были подвержены шесть образцов сварных раструбных соединений труб диаметром 63 мм, полученных при различных режимах сварки, результаты представлены в табл. 2 и на рис. 7.

Таблица 2

Результаты длительных испытаний образцов сварных раструбных соединений

Режим сварки	Среднее время до разрушения образцов, ч
Стандартная сварка, T _{об} = +22 °С	174,5
Сварка с нарушением технологии, T _{об} = -16 °С	115,0
Сварка с предварительным подогревом, T _{об} = -40 °С	314,5
Сварка с предварительным подогревом и охлаждением сварного соединения в теплоизоляционной камере, T _{об} = -40 °С	191,0

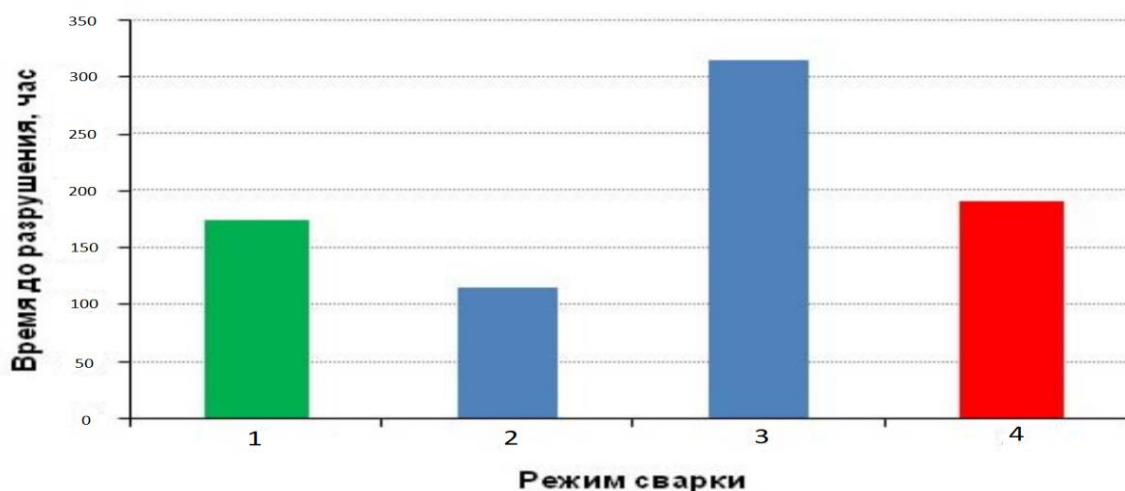


Рис. 7. Время разрушения образцов сварных раструбных соединений, сваренных при различных режимах сварки

Заключение

В условиях низких температур окружающего воздуха возможно получение качественного сварного раструбного соединения путем предварительного подогрева полипропиленовых муфты и трубы дополнительным источником тепла и свободного охлаждения для вы-

равнивания температурного поля непосредственно перед сваркой и охлаждением полученного сварного соединения с применением теплоизоляционной камеры.

Имеющиеся в нормативных документах методы кратковременных испытаний, являются малоинформативными и не дают четкого представления о прочности сварных раструбных соединений. В связи с чем необходимо разрабатывать новые методики испытаний для контроля качества сварных раструбных соединений полипропиленовых труб.

Результатами испытаний на длительное растяжение в среде с поверхностно-активным веществом показана эффективность предлагаемой методики оперативной сварки в раструб полипропиленовых труб при низких климатических условиях без строительства временных отапливаемых укрытий.

Библиографический список

1. Герасимов А.И., Ботвин Г.Б., Данзанова Е.В., Старостин Н.П. Сварка полипропиленовых труб при отрицательных температурах // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. № 4 (55). С. 7–18.
2. ГОСТ ISO 1167-1-2013. Трубы, соединительные детали и узлы соединений из термопластов для транспортирования жидких и газообразных сред. Определение стойкости к внутреннему давлению. Часть 1. Общий метод. Взамен ГОСТ 24157-80. М.: Стандартиформ, 2014. 15 с.
3. Нестеренко Н.П., Сенченков И.К., Червинко О.П., Менжерес М.Г. Моделирование температурных полей и напряжений в полиэтиленовых трубах при сварке нагретым инструментом // Автоматическая сварка. 2009. № 2. С. 11–15.
4. Нестеренко Н.П., Сенченков И.К., Червинко О.П., Менжерес М.Г. Моделирование температурных полей и напряжений в полиэтиленовых трубах при сварке нагретым инструментом // Автоматическая сварка. 2009. № 2. С. 11–15.
5. СП 40-101-96 Свод правил по проектированию и монтажу трубопроводов из полипропилена «Рандом сополимер». М: ГУП ЦПП, 1997. 33 с.
6. Все о сварке: электронный журнал [Электронный ресурс]. URL: <http://www.samsvar.ru> (30.03.2019)
7. Pospelova I.Y., Pospelova M.Y., Bondarenko A.S., Kornilov D.A. Results of thermal modeling of Smart Energy Coating with phase-transition material for independent electricity generation. Journal of Physics: Conference Series. Mathematical simulation and data processing. International Conference Information Technologies in Business and Industry 2018. 18–20 January 2018, Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation. Accepted papers received: 20 April 2018. Published online: 22 May 2018. Published under licence by IOP Publishing Ltd. Volume 1015, 2018, Art N 032108 [Электронный ресурс]. URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1015/3/032108>
8. ВСН 440-83 Инструкция по монтажу технологических трубопроводов из пластмассовых труб. М.: ЦБНТИ Минмонтажспецстроя СССР, 1984. 43 с.

Сведения об авторах / Information about the Authors

Ким Дмитрий Игоревич,

магистрант кафедры инженерных коммуникаций и систем жизнеобеспечения,
Институт архитектуры, строительства и дизайна
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия

Dmitry I. Kim,

Master student of the department of engineering communications and life support systems,
Institute of Architecture, Construction and Design
Irkutsk National Research Technical University,
83, Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia

Брюховец Роман Александрович,

магистрант кафедры инженерных коммуникаций и систем жизнеобеспечения,
Институт архитектуры, строительства и дизайна
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия

Roman A. Bryukhovets,

Master student of the department of engineering communications and life support systems,
Institute of Architecture, Construction and Design
Irkutsk National Research Technical University,
83, Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia