

А.Я. Яковлев, к.т.н., главный инженер, ООО «Газпром трансгаз Ухта»; **В.М. Шарыгин**, д.т.н., г.н.с.;
А.Н. Тильков, инженер, филиал ООО «Газпром ВНИИГАЗ» г. Ухта; **Ю.А. Данилов**, генеральный директор;
А.В. Смирнов, заместитель генерального директора, ЗАО «Новые технологии»

БАЛЛАСТИРОВКА ГАЗОПРОВОДОВ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫМИ ГРУНТОЗАПОЛНЯЕМЫМИ КОНТЕЙНЕРАМИ: ПРЕИМУЩЕСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Устойчивое положение магистрального газопровода (МГ) является необходимым условием его надежной и безопасной эксплуатации. На обводненной и заболоченной местности, в том числе в вечномерзлых грунтах, задача обеспечения устойчивости подземного газопровода решается в основном путем применения различных средств балластировки и закрепления, среди которых широко известны железобетонные утяжелители (ЖБУ) и анкерные устройства.

Основной недостаток ЖБУ – высокая материалоемкость. Так, для балластировки одного километра газопровода сечением 1420х16,5 мм требуется как минимум 513 утяжелителей типа УБО-1420 общей массой 2230 т, в то время как масса металла участка газопровода протяженностью 1 км составляет 571 т, или в 3,9 раза меньше. Для сравнения следует отметить, что металлоемкость анкерных устройств в расчете на 1 км газопровода составляет порядка 15 т, или около 3 % металлоемкости газопровода. Отсюда следует, что использование железобетона в качестве балласта нецелесообразно.

Опыт эксплуатации ЖБУ в системе МГ, проложенных с Ямбургского месторождения на головном участке трассы, показал и другие недостатки этих утяжелителей при эксплуатации в вечномерзлых грунтах, такие как проблемы доставки к месту проведения работ, случаи отрыва поясов от блоков УБО при морозном пучении грунта, повреждение противокоррозионной изоляции в местах ее контакта с поясами и блоками УБО [1]. Также недостаточно работоспособными оказались анкерные устройства вмораживаемого типа по причине снижения несущей способности подстилающих

пород вечномерзлого грунта из-за повышения их температуры в процессе эксплуатации, что приводило к массовым всплываниям участков газопроводов, потерявших устойчивость [2].

Таким образом, тяжелые условия эксплуатации в пучинистых грунтах газопроводов, закрепленных анкерами или забалластированных ЖБУ, приводят к нарушениям устойчивости газопроводов с разрушением средств балластировки и закрепления. А вот опыт балластировки северных газопроводов, в том числе Ямбургских, с применением грунтозаполняемых ковров из эластичных геотекстильных материалов (ГТМ)

в вечномерзлых грунтах оказался положительным [1]. Всплывших участков практически не обнаружено.

Дальнейшее развитие способов балластировки газопроводов пошло по пути использования устройств из полимерных материалов, позволяющих существенно увеличить балластирующую способность грунта – как местного из отвала траншеи, так и привозного минерального из ближайших карьеров.

Недостатками ГТМ, используемых для балластировки, являются необходимость проведения подготовительных работ в трассовых условиях по изготовлению ковров из рулонированного



Рис. 1. Общий вид ПКУ-1220

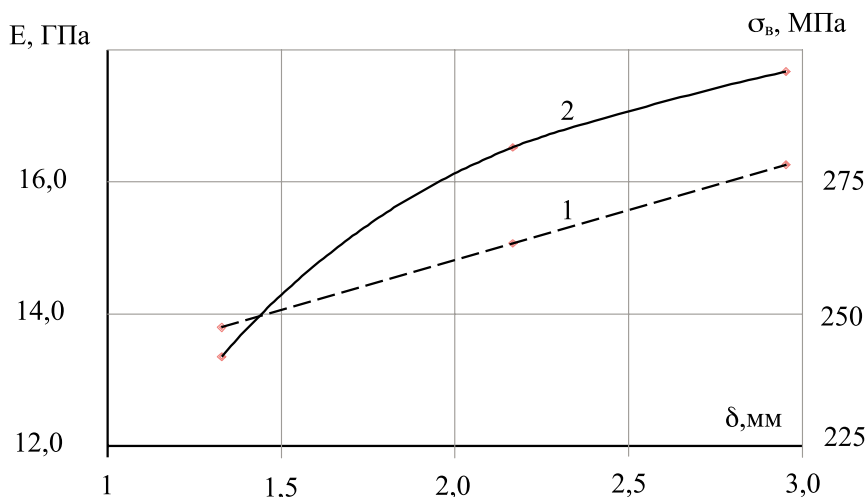


Рис. 2. Зависимости модуля упругости E (1) и предела прочности σ_v (2) образцов от толщины стенки δ

полотна ГТМ и повышенная его эластичность при воздействии растягивающих усилий, вызванных процессом начального всплытия участка газопровода. Этим недостаткам лишены стеклопластиковые полимерно-контейнерные устройства (ПКУ), разработанные специалистами филиала «Газпром ВНИИ-ГАЗ» в г. Ухта и ООО «Газпром трансгаз Ухта» с изготовлением на базе ЗАО «Новые технологии» в г. Перми по специально разработанной технологии (ТУ 2296-001-00158631-97, изм. 1, 2, 3). Устройство и способ балластировки защищены патентами на изобретения [3, 4] и полезную модель [5] (рис. 1). Материал устройства – армированный ламинат по ТУ 2296-003-46774250. Механические испытания образцов ламината

показали, что прочность на разрыв и модуль упругости материала зависят от толщины стенки образцов (рис. 2). Наряду с высокой прочностью и упругостью ламинат обладает следующими физико-механическими характеристиками:

- плотностью 1600–1700 кг/м³;
- относительным удлинением при разрыве 2+4%;
- ударной вязкостью 8,5–12,0 кдж/см²;
- водопоглощением за сутки – не более 1,5%.

Обращает на себя внимание высокая прочность ламината – порядка 250–300 МПа, составляющая около 50% прочности трубной стали, позволяющая изготавливать из него легкие устройства при толщине стенки $\delta = 1,3+3,0$ мм. При



Рис. 3. Определение веса ПКУ с балластом, установленного на трубу

испытаниях образцов, закрепленных по консольной схеме, на ударный изгиб были достигнуты напряжения изгиба, равные 324 МПа, то есть динамическая прочность корпуса ПКУ позволяет с запасом выдерживать ударное воздействие падающего в полость ПКУ балласта без нарушения целостности стенок устройства и мест их сопряжения по малому радиусу закругления, что было показано в процессе динамических испытаний корпуса ПКУ повышенной в 2,5 раза грунтоемкости по сравнению со штатным вариантом.

Суть испытаний состояла в том, что засыпку общим весом 5,9 т проводили автопогрузчиком всего в два приема по

Таблица 1. Первый ряд типоразмеров ПКУ

Параметр ПКУ	Значения параметров в зависимости от диаметра трубопровода, мм							
	1420	1220	1020	820	720	530	426	325
Длина, м	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6
Ширина, м	2,3	2,1	1,7	1,5	1,4	1,0	0,9	0,8
Высота, м	1,65	1,45	1,25	1,05	0,95	0,70	0,60	0,50
Объем вмещаемого грунта, м ³	1,83	1,60	0,86	0,71	0,65	0,25	0,20	0,18
Масса без грунта, кг	48	42	29	24	21	12	10	9,5

Таблица 2. Второй ряд типоразмеров ПКУ

Параметр ПКУ	Значения параметров в зависимости от диаметра трубопровода, мм							
	1420	1220	1020	820	720	530	426	
Длина, м	1,82	1,80	1,77	1,74	1,72	1,70	1,68	
Ширина, м	2,64	2,62	2,59	2,02	1,90	1,67	1,54	
Высота, м	1,62	1,42	1,22	1,02	0,92	0,70	0,60	
Объем вмещаемого грунта, м ³	3,90	3,81	3,58	2,32	2,04	1,45	1,21	
Масса без грунта, кг	73	66	62	46	43	33	28	



Рис. 4. Транспортировка потребного количества ПКУ на трассу одним рейсом



Рис. 5. Перенос ПКУ вручную

2 м³ с высоты не менее 1 м от верхней образующей трубы. Корпус выдержал эту нагрузку с сохранением целостности как во время засыпки, так и при подъеме трубной катушки с заполненным грунтом ПКУ на высоту 0,5 м от поверхности площадки (рис. 3).

Кроме высокой прочности устройства, выполненные из ламината, обладают следующими свойствами:

- высокой противокоррозионной стойкостью;
- стабильностью механических характеристик при температурах ±50 °С;
- сохранностью эксплуатационных свойств (работоспособности) в условиях подземной прокладки не менее 30 лет;
- незначительной массой – не более 73 кг.

Положительным фактором является равномерное распределение контактного давления на трубу после засыпки грунта по значительной площади и обеспечение за счет этого сохранности противокоррозионного покрытия при перемещениях газопровода.

ПКУ изготавливают по двум рядам габаритных типоразмеров. При ремонте

всплывших участков, ремонте изоляции на протяженных участках в болотистой местности применяют ПКУ первого ряда типоразмеров (табл. 1).

В процессе нового строительства предпочтительно применение ПКУ повышенного объема (второй ряд типоразмеров) (табл. 2).

Повышение грунтоемкости ПКУ ограничено его собственной максимальной массой, допустимой для ручной переноски.

В соответствии с правилами ПОТ РО-152-31.8203-96, разрешается перенос двумя рабочими устройства массой не более 80 кг. Это условие соблюдается по всем типоразмерам ПКУ, приведенным в таблицах 1 и 2.

Стеклопластиковые ПКУ стали внедряться в ООО «Газпром трансгаз Ухта» с 2002 года при ремонте всплывших участков МГ диаметром 1220 мм и сразу зарекомендовали себя с положительной стороны. Изделия полной заводской готовности, транспортабельные, удобные и легкие, не требующие защитных для противокоррозионной изоляции технических средств, позволили решить ряд проблем с доставкой, размещением,

установкой и последующей засыпкой их грунтом (рис. 4, 5).

Устанавливают ПКУ на газопровод групповым способом по 8–10 штук в группе вплотную друг к другу, заполняя пазухи между ПКУ и боковыми стенками траншеи торфом для повышения устойчивости устройств против опрокидывания (рис. 6). Дополнительно с этой же целью устройства связывают между собой проволочными скрутками.

Засыпка полостей ПКУ производится ковшевым экскаватором в достаточно быстром темпе – 10 ПКУ за 13 мин. (рис. 7). Весь цикл работ по балластировке одной группы ПКУ из 10 штук, включающий перенос ПКУ с бермы траншеи и установку на трубу, скрепление устройств скрутками, обсыпка группы и засыпка полостей ПКУ с верхом занимает не более 45+50 минут при работе одного экскаватора и двух рабочих.

По некоторым факторам ПКУ превосходят широко используемые в практике строительства магистральных газопроводов полимерконтейнерные балластирующие устройства типа ПКБУ-МК по ТУ 4834-1002-17179339-2005, а именно: по удобству и скорости установки



Рис. 6. Обсыпка торфом группы ПКУ



Рис. 7. Засыпка группы ПКУ экскаватором

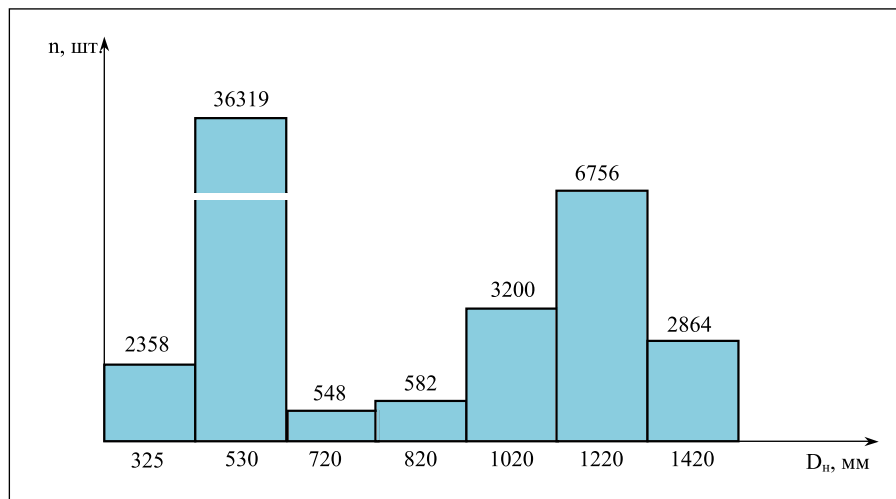


Рис. 8. Диаграмма распределения произведенных ПКУ по диаметрам труб

устройств на трубу за счет отсутствия подготовительных операций по сборке, по причине отсутствия металлических элементов в конструкции, подверженных коррозии и оказывающих повреждающее воздействие на противокоррозионное покрытие газопровода, а также из-за снижения объема земляных работ при раскопке траншеи, которая для ПКБУ-МК выполняется с уширением. Указанные недостатки делают эти устройства малопригодными при выполнении ремонтных работ на участках действующих МГ, связанных с обеспечением их устойчивости в обводненных грунтах.

На применение ПКУ имеется разрешение Приуральского управления Ростехнадзора № РРС 41-00177, действующее до 18.06.2015 г, а также эти устройства включены в Реестр средств балластировки ОАО «Газпром» по состоянию на 01.02.2011 г. со сроком действия на три года. ООО «Газпром трансгаз Ухта» заключило лицензионные договора по производству ПКУ с ЗАО «Новые

технологии» (г. Пермь). По состоянию на 30.06.2011 г за 5,5 лет изготовлено более 52 тыс. изделий для разных диаметров труб (рис. 8).

Из рисунка 8 видно, что 69% общего объема изготовленных ПКУ относится к ПКУ-530. Этот факт говорит о востребованности устройств данного типа для трубопроводов диаметром 530 мм, применяемых для транспортировки газа (газопроводы-отводы), нефти и нефтепродуктов, а также газового конденсата. Незначительное количество ПКУ-1420, несмотря на строящиеся северные газопроводы диаметром 1420 мм, объясняется отсутствием разрешения Центрального аппарата Ростехнадзора на применение ПКУ при строительстве объектов транспорта газа давлением более 5,4 МПа.

На газопроводах ООО «Газпром трансгаз Ухта» в процессе ремонта коротких всплывших участков и выполнения переизоляции протяженных участков МГ применено 2716 устройств типа ПКУ-1020 (140 шт.), ПКУ-1220 (2340 шт.) и

ПКУ-1420 (236 шт.). Основные объемы использования ПКУ относятся к объектам переизоляции МГ диаметром 1220 мм, а именно: МГ Пунга – Вуктыл – Ухта 1 (4-я нитка) – 379 шт., МГ Ухта – Торжок 1 (1-я нитка) – 1106 шт., МГ Ухта – Торжок 2 (2-я нитка) – 768 шт.

В процессе эксплуатации газопроводов отремонтированные всплывшие участки, забалластированные ПКУ, сохранили свое устойчивое положение. Персонал, выполняющий работы по балластировке с применением ПКУ, отмечает их положительные качества – быстроту и безопасность работ при их установке и засыпке, что позволяло в кратчайшие сроки проводить ремонтные работы.

Перспектива широкого использования ПКУ связана с магистральными газопроводами диаметром 1420 мм с давлением 7,4 и более МПа. Благодаря своим высоким эксплуатационным свойствам и работоспособности стеклопластиковые ПКУ могут быть использованы для балластировки МГ, прокладываемых в обводненных, болотистых и вечномёрзлых грунтах, например при строительстве системы МГ Бованенково – Ухта.



ЗАО «Новые технологии»
614007, г. Пермь, ул. Островского, д. 60, оф. 511, 513
Тел.: +7 (342) 210-79-55
Факс: +7 (342) 210-79-55
e-mail: info.znt@yandex.ru
www.zaont.ru

Литература:

1. Шарыгин В.М., Яковлев А.Я. Прокладка и балластировка газопроводов в сложных условиях. – М.: ЦентрЛитНефтегаз, 2009. – 214 с.
2. Харионовский В.В. Анализ технического состояния газопроводов на участке Ямбург – Ныда / В.В. Харионовский, Д.И. Ремизов, О.Н. Попов // Газовая промышленность. – 2006. – № 1. – С. 34–38.
3. Пат. № 2047035 RU, МПК F 16 L 1/06. Утяжелитель трубопровода и способ его балластировки / В.Н. Лисин, В.М. Шарыгин, Н.Н. Цибенко, Г.Н. Поляков, А.Я. Яковлев, М.Б. Катранов. – № 5060682/29; Заявл. 29.06.92; Оpubл. 27.10.95. – Бюл. № 30.
4. Пат. № 2185561 RU, МПК F 16 L 1/06. Утяжелитель трубопровода и способ его балластировки / В.М. Шарыгин, А.Я. Яковлев, В.Н. Воронин, А.Н. Колотовский, С.Г. Алеников, Ю.А. Теплинский, А.З. Шайхутдинов, В.А. Вагин. – № 2000127569/06; Заявл. 3.11.2000; Оpubл. 20.07.2002 – Бюл. № 20.
5. Патент на полезную модель 68635 RU, МПК F 16 L 1/12 (2006.01). Утяжелитель трубопровода / В.М. Шарыгин, А.А. Захаров, А.Я. Яковлев, А.И. Филиппов, А.В. Тертышный. – № 2007122124/22; Заявл. 13.06.2007; Оpubл. 27.11.2007. – Бюл. № 33.