

ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ

УДК 696.2;678.742.2-462(476)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПЕРВОЙ КАТЕГОРИИ, ВЫПОЛНЕННЫХ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБ, В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

канд. техн. наук, доц. В.В. БУЛАХ,
В.Н. СТАХЕЙКО, О.В. КАРТАВЦЕВА, С.В. БАРАТЫНСКАЯ
(Полоцкий государственный университет)

В статье рассмотрены вопросы применения полимерных газопроводов, отмечены их преимущества. Рассмотрены вопросы о коэффициентах запаса прочности и применении ПЭ 80 и ПЭ 100 для полиэтиленовых газопроводов и о повышении давления газа в системах газоснабжения без снижения критериев безопасности. Перепад давления газа в газопроводах высокого давления оказывает существенное влияние на материаловложения, что доказано гидравлическим расчетом газовой сети. Появившиеся на зарубежном и российском рынках трубы ПЭ 100 с SDR 9 позволят проектировать системы газоснабжения с рабочим давлением до 1,2 МПа. Приведено экономическое сравнение затрат четырех вариантов укладки линейной части газопровода высокого давления. С точки зрения технологических аспектов увеличение начального давления газа до 1,2 МПа и проектирование систем газоснабжения высокого давления первой категории, выполненных из полиэтиленовых труб марки ПЭ 100, не несет за собой каких-либо сложностей и вполне может быть реализовано в Республике Беларусь.

Один из путей снижения себестоимости поставки газа населению и промышленным предприятиям – использование более экономичных материалов для строительства газопроводов. Поэтому всё большее внедрение при строительстве газопроводов получают неметаллические трубы.

Пластмассовые трубы в газовой промышленности стали применяться начиная с 1944 года, в Советском Союзе – с 1957 года. Особенно широкое распространение пластмассовые трубы получили в США, Канаде, странах Западной Европы. Так, 88,6 % газопроводов, построенных в США за 1983 год, являются пластмассовыми [1]. С переходом на новый тип хозяйственных отношений резко увеличилось использование пластмассовых труб в странах СНГ. В частности, в Российской Федерации за 90-е годы построено около 60 % пластмассовых трубопроводов от имеющихся в эксплуатации на данный момент [2].

Интенсивное внедрение полиэтиленовых газопроводов обусловлено тем, что они по сравнению со стальными обладают рядом преимуществ:

- значительное увеличение пропускной способности;
- долговечность;
- совершенная коррозионная стойкость;
- значительное сокращение сроков и стоимости строительно-монтажных работ;
- невысокие затраты на эксплуатацию;
- эластичность материала и высокая механическая прочность;
- экологическая безопасность и гигиеничность.

Полиэтиленовые газопроводы по сравнению со стальными трубами обладают более гладкой внутренней поверхностью, что способствует увеличению их пропускной способности.

Для систем газоснабжения *низкого давления*, выполненных из полиэтиленовых труб, пропускная способность увеличивается всего на 5 %. Незначительное увеличение пропускной способности полиэтиленовых труб в системах газоснабжения низкого давления по сравнению со стальными трубами обусловлено тем, что газовые сети низкого давления работают в режиме гидравлически гладких труб. Особенность такого режима – наличие ламинарного подслоя, закрывающего выступы шероховатостей, вследствие чего газовый поток скользит по этому ламинарному подслою и шероховатость внутренней поверхности трубы не оказывает дополнительного влияния на потери давления в газопроводе.

В системах газоснабжения *среднего или высокого давления*, работающих в режиме гидравлически шероховатых труб, шероховатость внутренней поверхности газопровода оказывает значительное влияние на потери давления в нем. Этот режим течения соответствует квадратичному закону сопротивления. Преимущество полиэтиленовых труб по сравнению со стальными в этом режиме работы очевидно, причем результат ощутим и увеличивается с ростом располагаемого перепада давления, который в конечном счете зависит от начального давления газа. Известно, что располагаемый перепад давления при расчете газовых сетей среднего и высокого давления не лимитирован и зависит, с одной стороны, от начального давления газа (ограничено давлением 1,2 МПа), а с другой – от конечного давления, которое принимается на основании технических характеристик газоиспользующего оборудования потребителей. Исходя из

этих соображений необходимо максимально возможно использовать имеющийся перепад давления. При таком подходе в вопросе проектирования газовых сетей среднего и высокого давления обосновывается наиболее экономически выгодный вариант без снижения надежности и безопасности газоснабжения. В случае же использования полиэтиленовых газопроводов, пропускная способность их по сравнению со стальными газопроводами (при прочих равных условиях) увеличивается до 50 %.

Действующими нормативными документами гарантийный срок использования газопроводов из полиэтиленовых труб составляет 50 лет, однако предполагаемый срок эксплуатации производителями заявляется в 100 лет. Безусловно, это – один из критериев, объясняющих приоритетное использование полиэтиленовых труб в газоснабжении. Трубы из полиэтилена не требуют дополнительной изоляции, имеют коррозионную стойкость ко всем видам грунтов, стойки к химически активным веществам и всем веществам, сопутствующим газу. Они не требуют катодной защиты. Защита от коррозии стальных газопроводов увеличивает их стоимость на 10...15 % [2].

Конструктивные особенности материала позволяют эффективно комбинировать металлические и пластиковые трубопроводы, что весьма существенно при проведении ремонтных работ. Кроме того, при просадках грунта и фундаментах зданий трубопровод не разрушается. Еще одним преимуществом полиэтилена является значительное облегчение работ по монтажу трубопровода. Полиэтиленовые трубы в 2...4 раза легче стальных, поэтому и небольшие перемещения их при монтаже не требуют грузоподъемных механизмов. Одно и то же автотранспортное средство может перевозить в 2...4 раза больше полиэтиленовых труб, чем стальных [3]. Полиэтиленовые газопроводы не нуждаются ни в наружной, ни во внутренней защите, в связи с этим отпадает необходимость в трудоёмких и дорогостоящих операциях очистки, изоляции. Они быстро свариваются, имеют гладкую внутреннюю поверхность, что способствует, как было отмечено выше, снижению потерь на трение и увеличению их пропускной способности. Полиэтиленовые трубы, в отличие от металлических, выпускаются бухтами от 200 м до 5 км, в зависимости от диаметра трубопровода. В этой связи значительно возрастает скорость прокладки трубопровода, а сроки выполнения строительного-монтажных работ сокращаются с 5...6 лет до одного года. Экономическая целесообразность применения пластмассовых труб в основном определяется стоимостью самих труб, расходами на их транспортировку, монтаж, эксплуатацию [4]. При температурах до минус 15...20 °С и исключении прямого воздействия солнечной радиации, особенно при укладке под землёй, процесс старения полиэтилена резко замедляется. Таким образом, трубы из этого материала рекомендуются к широкому применению для подземных газопроводов природного газа.

В Российской Федерации и других зарубежных странах уже созданы полиэтиленовые газопроводы из труб ПЭ 100 с SDR 9, позволяющих эксплуатировать газопроводы с рабочим давлением до 1,2 МПа. При этом коэффициент запаса прочности C составляет не менее 2, что достаточно для обеспечения безопасности эксплуатации [1]. В настоящее время в Республике Беларусь в соответствии с нормативными документами применение полиэтиленовых газопроводов ограничено рабочим давлением газа 0,6 МПа [5; 10]. Это ограничение на данном этапе развития науки и техники не дает в полной мере реализовать преимущества применения полиэтиленовых труб и, как следствие, приводит к значительному удорожанию всей системы газоснабжения в целом. В этой связи вопросам проектирования систем газоснабжения в плане выбора материалов, из которых изготовлены трубы, а также выбора оптимальных гидравлических режимов работы систем газоснабжения должно уделяться особое внимание. Кроме того, для расчета газовых сетей необходимо использовать методы гидравлического расчета с учетом минимальных материаловложений.

В Российской Федерации в настоящее время активно прорабатывается вопрос о возможности повышения давления в межпоселковых распределительных газопроводах при одновременном уменьшении

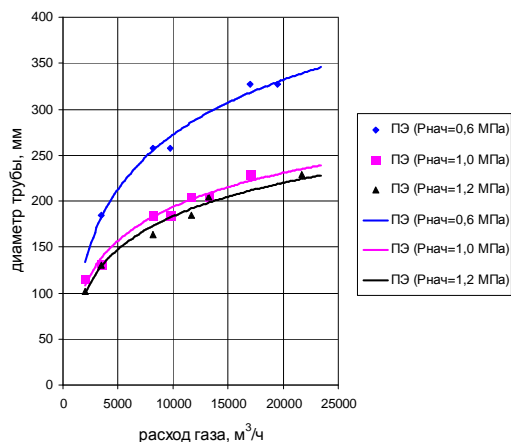


Рис. 1. Зависимость диаметра полиэтиленового газопровода от расхода газа при различных значениях начального давления газа

их диаметра, что позволит снизить затраты на строительство и эксплуатацию. При этом не должны снижаться критерии безопасности в течение всего срока эксплуатации, что достигается благодаря применению труб из новых марок полиэтилена (ПЭ 100), обладающих большой длительной прочностью и достаточным коэффициентом запаса прочности [6; 7]. Аналогичная задача стоит и в Беларуси, однако эта проблема пока не решена.

Рассмотрим варианты газовой сети с различным начальным давлением, произведем её гидравлический расчет и расчет, связанный с определением экономической эффективности.

Гидравлический расчет выполнен с помощью программного комплекса «GasPro» [8]. При расчете использовались различные начальные давления газа и различные материалы труб. На рисунке 1 представлен график зависимости диаметра полиэтиленового газопровода от расхода газа при различных значениях на-

чального давления газа [11]. Видно, что с увеличением начального давления при постоянном значении конечного давления (у потребителей) происходит уменьшение диаметров полиэтиленового трубопровода. При максимальном начальном давлении газа (1,2 МПа), а следовательно и максимальном его перепаде значение диаметра полиэтиленового газопровода уменьшается в 1,5 раза по сравнению с начальным давлением газа, равным 0,6 МПа. Значительное же уменьшение диаметра газопровода приводит в свою очередь к снижению материаловложений, а следовательно и капиталовложений в систему газоснабжения. Из рисунка 1 также видно, что при увеличении начального давления с 0,6 до 1,2 МПа при постоянном значении конечного давления величина расхода газа при прочих равных условиях (одинаковом значении диаметра газопровода) возрастает более чем в 2 раза.

Использование полиэтиленовых труб взамен стальных при одновременном повышении давления в них позволяет улучшить надежность и долговечность сооружаемых газораспределительных сетей и повысить их удельные расходные характеристики и экономичность.

Выше было отмечено, что существующее в СНБ 4.03.01-98 ограничение рабочего давления в газопроводах из полиэтиленовых труб до 0,6 МПа обходится применением до настоящего времени труб из полиэтилена ПЭ 80 со стандартным размерным соотношением SDR 11 и SDR 17,6. Появившиеся на российском рынке трубы из ПЭ 100 с SDR 9 дают возможность проектировать газопроводы с рабочим давлением уже до 1,2 МПа. При этом коэффициент запаса прочности C составляет не менее 2, что достаточно для обеспечения безопасности эксплуатации. Двукратный коэффициент запаса прочности позволяет полностью компенсировать дополнительные напряжения в трубах, возникающие от перепада температур, давления и подвижек грунта, влияние небольших поверхностных дефектов. В России ранее массово сооружались газопроводы давлением 0,6 МПа из труб ПЭ-63 с SDR 11 с коэффициентом $C = 2,1$. Реальная безопасность полиэтиленовых труб обусловлена не только запасом прочности, но и совокупностью трех ключевых параметров: минимальной длительной прочности (MRS), стойкости к медленному растрескиванию и стойкости к быстрому растрескиванию. Последний фактор тем важнее, чем больше вероятность внешних повреждений, чем ниже качество сварных швов и чем суровее условия эксплуатации (особенно опасны низкие температуры). Поэтому использование ПЭ-100, превосходящего по показателю стойкости к быстрому растрескиванию ПЭ 63 и ПЭ 80 на давление 1,2 МПа, не менее безопасно, чем труб из ПЭ 63 или ПЭ 80 на давление 0,6 МПа.

В европейском EN 1555, международном стандарте ИСО 4437, российском ГОСТ Р 50838-97. Трубы из полиэтилена для газопроводов, а также украинском стандарте ДСТУ Б-В.2.7-73-98 на газораспределительные полиэтиленовые трубы введено два условия для определения максимального рабочего давления (MOP) газопровода [9; 10]:

1) по значению MRS :

$$MOP = 2 \cdot MRS / C \cdot (SDR - 1), \text{ МПа}, \quad (1)$$

где MRS – минимальная длительная прочность полиэтилена, МПа; C – коэффициент запаса прочности; SDR – стандартное размерное отношение;

2) по критическому давлению P_C быстрого распространения трещин:

$$(P_C) = MOP / 2,4 - 0,072, \quad (2)$$

или

$$MOP = (P_C) \cdot 2,4 + 0,173, \text{ МПа}, \quad (3)$$

причем второе условие распространяется на трубы, предназначенные для трубопроводов, работающих под давлением свыше 0,4 МПа.

Значение P_C , полученное российскими и зарубежными учеными в результате большого количества испытаний труб диаметром 110, 160 и 225 мм с SDR 11, изготовленных из полиэтилена средней плотности типа ПЭ 80 как российского, так и зарубежного производства, составляет 0,18 МПа, максимум 0,2 МПа.

Отсюда максимальное рабочее давление (MOP), рассчитанное по формуле (3), лежит в пределах от 0,6 до 0,65 МПа.

Поскольку рабочее давление для рассматриваемых труб, изготовленных из ПЭ 80, не может превышать указанных величин, то в свою очередь коэффициент запаса прочности C , рассчитанный по уравнению (1), не может быть меньше 2,5. То есть, снижая коэффициент запаса прочности до 2,0, мы выходим за пределы рабочего давления, ограниченного вторым условием.

Таким образом, при расчете рабочего давления для труб из ПЭ 80 необходимо и достаточно использовать значение коэффициента безопасности, равное 2,5. Этому значению для межпоселковых газопроводов давлением 0,6 МПа удовлетворяют трубы из ПЭ 80 с SDR 11.

Как было отмечено ранее, в соответствии с нормативными документами для межпоселковых газопроводов давлением до 0,6 МПа использование $C = 2$ исключает применение труб ПЭ 100 с SDR 17,6. Несмотря на то, что эти газопроводы соответствуют уравнениям (1) и (3), можно предположить, что ука-

занное ограничение является оправданным. Трубы с SDR 17,6 имеют относительно малую толщину стенки, а для бухт из труб диаметрами 32...110 мм допускается значительная овальность. Это может привести к тому, что дефекты (смещения) при стыковой сварке могут оказаться критическими для работоспособности газопровода. Кроме того, повреждения поверхности при перевозке, складировании и монтаже труб оказываются более значительными по отношению к толщине их стенки для труб с SDR 17,6 по сравнению с трубами с SDR 11 и SDR 13,6.

Следовательно, для межпоселковых газопроводов на 0,6 МПа возможно применение труб ПЭ-100 с SDR 13,6, удовлетворяющих всем требованиям нормативных документов, в том числе и $C = 2,5$.

По нашему мнению, наиболее оправданно применение таких труб, начиная с диаметра 160 мм и выше, а трубы диаметрами 315...400 мм должны изготавливаться исключительно из ПЭ 100 для соблюдения норматива по быстрому распространению трещин (формулы (2), (3)). Коэффициент запаса прочности C , равный 2, введенный в последнюю редакцию ГОСТ Р 50838, может быть применен только к газопроводам из ПЭ 100 с рабочим давлением 1,0 и 1,2 МПа с учетом того, что P_C для труб, изготовленных из ПЭ 100, существенно превышает значения, полученные для труб из ПЭ-80, и рабочее давление не ограничивается вторым условием. Для этих газопроводов толщина стенок (SDR 11 и SDR 9) является достаточно большой, применение $C = 2$ оправданно как с научной, так и с практической точки зрения.

Гидравлический расчет систем газоснабжения высокого давления из стали и полиэтилена при различных значениях начального давления газа (0,6 и 1,2 МПа). Расчетная схема разветвленной газовой сети высокого давления представлена на рисунке 2. Гидравлический расчет этой газовой сети выполнен с помощью указанного выше программного комплекса «GasPro». По результатам гидравлического расчета были построены зависимости для стальных и полиэтиленовых газопроводов при различных начальных давлениях газа и постоянном конечном давлении (рис. 3) [11].

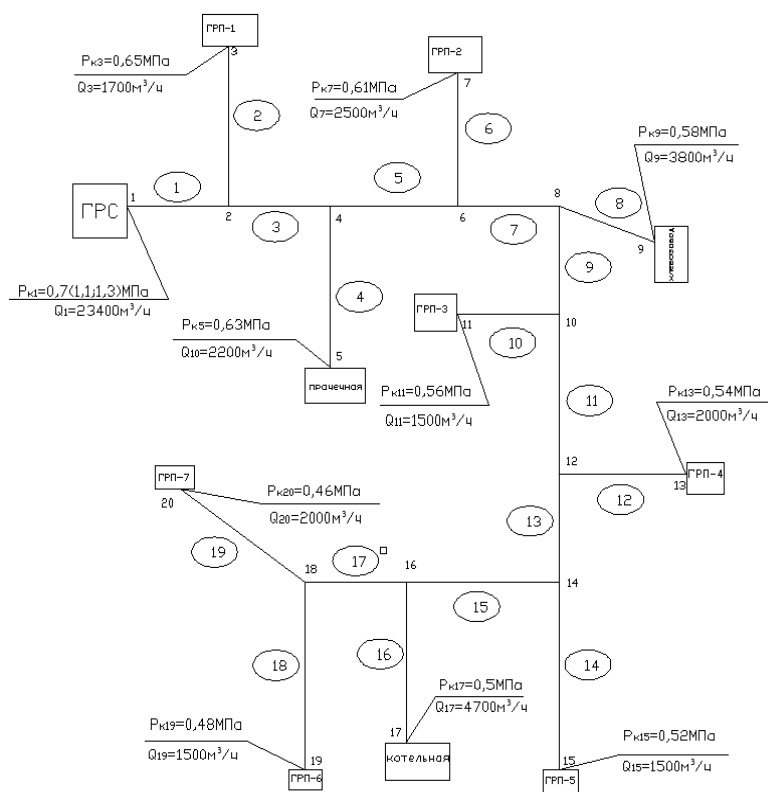


Рис. 2. Расчетная схема газовой сети высокого давления (принимается абсолютное давление)

Из рисунка видно, что с увеличением начального давления газа растет перепад давления газа в сети, а следовательно растет и расход газа. Кроме того, также видно, что при одинаковых начальных давлениях газа, а следовательно и перепадах давления газа при прочих равных условиях (равенство диаметров труб) расход газа в полиэтиленовых газопроводах увеличивается более чем на 50 % (например, для труб диаметром 200 мм, рис. 3) по сравнению со стальными газопроводами.

На основании приведенных выше расчетов и исследований можно утверждать, что увеличение начального давления с 0,6 до 1,2 МПа при использовании полиэтиленовых труб марки ПЭ 100 приведет к значительному увеличению пропускной способности газопровода и, как следствие, к значительному экономическому эффекту при использовании таких газопроводов. Кроме того, сравнение стальных и полиэтилено-

вых газопроводов при прочих равных условиях показало, что пропуск одного и того же расхода газа у полиэтиленовых газопроводов осуществляется через газопроводы меньшего диаметра по отношению к стальным.

Таким образом, с точки зрения технологических аспектов увеличение начального давления газа до 1,2 МПа и проектирование систем газоснабжения высокого давления первой категории, выполненных из полиэтиленовых труб марки ПЭ 100, не вызывают каких-либо сложностей и могут быть реализованы в Республике Беларусь исходя из имеющегося современного уровня научных и технических достижений в нашей стране и за рубежом.

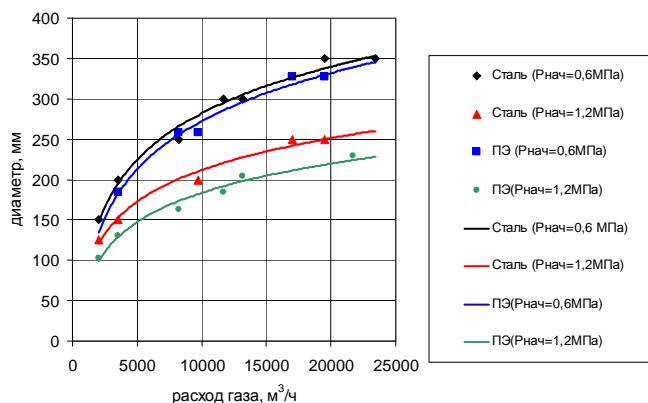


Рис. 3. Зависимость диаметра стального и полиэтиленового газопровода от расхода газа при различных значениях начального давления

Проанализируем экономическую эффективность различных вариантов газовых сетей, выполненных из стали и полиэтилена при различных значениях начального давления газа.

Следует отметить, что стоимость полиэтиленовых труб марки ПЭ 100 с SDR 11, применяемых для проектирования систем газоснабжения высокого давления первой категории (до 1,2 МПа), до диаметра трубы, равного 110 мм, меньше стоимости стальных труб соответствующих диаметров. Стоимость же указанных полиэтиленовых труб диаметром более 110 мм превышает стоимость стальных труб соответствующих диаметров [12]. На рисунке 4 представлена диаграмма стоимости одного погонного метра стального и полиэтиленового (марки ПЭ 100 с SDR 11) трубопровода в зависимости от диаметра трубы. Стоимость труб представлена в российских рублях.

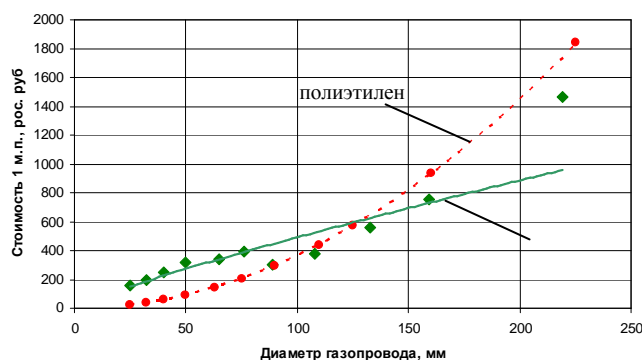


Рис. 4. Стоимость полиэтиленового и стального газопровода в ценах 2009 г.

На предварительном этапе проектирования (прединвестиционном) сравнение вариантов можно осуществить по приведенным затратам (Z_i) [13]:

$$Z_i = C_i + E_n \cdot K_i, \quad (4)$$

где C_i – себестоимость работ, на стадии эксплуатации объекта строительства (газопроводной сети) выступает в виде эксплуатационных издержек в расчете на год по i -тому варианту конструктивного исполнения; E_n – коэффициент экономической эффективности, принимается в размере 0,12 – для старой техники и 0,15 – для новой техники в условиях стабильной экономики; K_i – капитальные вложения по i -тому варианту конструктивного исполнения, на стадии эксплуатации в качестве их принимается сметная стоимость строительства объекта.

В качестве изменяемых параметров выступают давление в газопроводной сети и конструктивное исполнение трубопровода.

Таким образом, в каждой из альтернатив с разным давлением (0,6 и 1,2 МПа) между собой конкурируют следующие варианты конструктивного исполнения:

а) из стальных труб (А1 – укладка газопровода с выходным давлением газа 0,6 МПа; А2 – укладка газопровода с выходным давлением газа 1,2 МПа);

б) из полиэтиленовых труб производства Российской Федерации и Республики Беларусь (Б1 – укладка газопровода с выходным давлением газа 0,6 МПа; Б2 – укладка газопровода с выходным давлением газа 1,2 МПа).

Для определения сметной стоимости строительства используем программу по составлению сметной документации SicWin 3.02. Эксплуатационные издержки (себестоимость) по газопроводу состоят из следующих экономических элементов: материалы, детали, сырье и прочие комплектующие (М); заработная плата основного и вспомогательного персонала (ЗП); налоги от фонда заработной платы в виде фонда социальной защиты населения (ФСЗН); амортизация (А); электроэнергия (Э); текущий ремонт (ТР); капитальный ремонт (КР) [14].

Расчетные значения эксплуатационных затрат по альтернативным вариантам и по составляющим затрат приведены в табличной форме (табл. 1).

Таблица 1

Расчет эксплуатационных затрат по альтернативным вариантам

Альтернативные варианты	Показатели затрат, тыс. руб.						Всего
	ЗП	ФСЗН	А	Э	ТР	КР	
А1	69300	23562	292634	6482,7	140464,4	187285,8	5402568
А2	69300	23562	210885	6482,7	101225	134966,7	3921281
Б1	69300	23562	588190	–	282331,2	376441,6	10751559
Б2	69300	23562	273991	–	131516	175354,6	5058282

Подставляя данные значения эксплуатационных затрат в расчетную формулу (4) получаем результат, отображенный на диаграмме (рис. 5). Следует отметить, что в приведенной диаграмме в затраты при использовании стальных труб не вошли стоимость пассивной и активной защита от коррозии и стоимость эксплуатации активной защиты от коррозии. Кроме того, затраты приведенные на рисунке 4 не учитывают трудоемкость производства работ и срок выполнения строительно-монтажных работ.

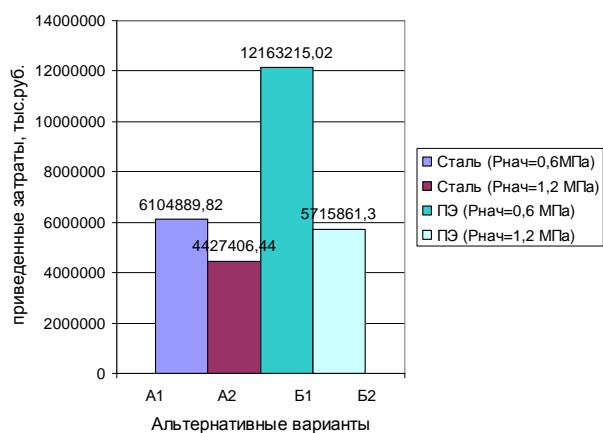


Рис. 5. Приведенные затраты по альтернативным вариантам строительства

Стоимость строительства полиэтиленового газопровода давлением 1,2 МПа по отношению к стальному газопроводу давлением 1,2 МПа существенно не отличается. Также существенно не отличается и стоимость строительства полиэтиленового газопровода давлением 1,2 МПа по отношению к стальному газопроводу давлением 0,6 МПа. Проанализировав приведенные затраты строительства полиэтиленового газопровода давлением 1,2 МПа по отношению к полиэтиленовому газопроводу давлением 0,6 МПа уменьшается в 2 раза.

Выше было отмечено, что применение для сравнения альтернативных вариантов только показателя приведенных затрат не в полной мере отображает общие затраты хотя бы потому, что каждый из рассматриваемых альтернативных вариантов обладает разной трудоемкостью производства работ, а следовательно и разной продолжительностью. В свою очередь продолжительность строительства приводит к появлению эффекта от сокращения условно-постоянной части накладных расходов строительных организаций, производящих работы по укладке газопровода. Тогда эффект от сокращения условно-постоянной части накладных расходов можно рассчитать по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_n = H \cdot (1 - T_1 / T_2), \quad (5)$$

где H – условно-постоянная часть накладных расходов по варианту с продолжительностью строительства T_1 , руб.; T_1 и T_2 – соответственно продолжительность строительства по новому и базовому вариантам сравнения, дн.

Значение условно-постоянной части накладных расходов можно определить по следующей формуле:

$$H = 0,5n + 0,01q + 0,15m, \quad (6)$$

где 0,5; 0,01 и 0,15 – доли условно-постоянных затрат соответственно в накладных расходах, расходах на материалы и на эксплуатацию машин; n , q и m – объемы затрат в себестоимости соответственно по накладным расходам, материалам и эксплуатации машин, руб.

Кроме того, сокращение продолжительности строительства приводит к досрочному вводу в эксплуатацию объекта строительства (газопровода), что тоже приводит к экономическому эффекту. Тогда экономический эффект от досрочного ввода газопровода можно определить как

$$\mathcal{E}_0 = E_n \cdot \Phi \cdot (T_1 - T_2), \quad (7)$$

где Φ – стоимость основных средств досрочно введенных в действие, т.е. сметная стоимость строительства по варианту с продолжительностью T_2 .

На основании исследований приведенных различными учеными, сроки сокращения строительства полиэтиленовых газопроводов по сравнению со стальными составляют 4...4,5 раза.

Для расчета эффекта от сокращения условно-постоянной части накладных расходов (\mathcal{E}_n) строительных организаций, производящих работы по укладке газопровода, экономического эффекта от досрочного ввода объекта в эксплуатацию (\mathcal{E}_0) в качестве базового варианта выбираем вариант с наименьшей продолжительностью строительства, т.е. Б2. Результаты расчетов представлены в таблице 2

Таблица 2

Экономический эффект при сравнении альтернативных вариантов

Альтернативные варианты	Экономический эффект от сокращения условно-постоянной части накладных расходов (\mathcal{E}_n), тыс. руб.	Экономический эффект от досрочного ввода объекта в эксплуатацию (\mathcal{E}_0), тыс. руб.	$\mathcal{E}_{\text{общ}} = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_n + \mathcal{E}_0$, тыс. руб.
А1-Б2	282653,1	1377264	2048945,82
А2-Б2	221093,7	1141632	74270,32
Б1-Б2	27564,51	65757,98	6540676,2

Анализ данных, приведенных в таблице 2, показал, что наиболее предпочтительным с точки зрения экономической эффективности является вариант Б2, так как общий экономический эффект при строительстве с последующей эксплуатацией указанного варианта является максимальным.

Таким образом, на основании проведенных исследований, можно заключить, что применение полиэтиленовых труб марки ПЭ 100 с SDR 11 и SDR 9 при проектировании систем газоснабжения высокого давления первой категории (до 1,2 МПа) является перспективным и высокоэффективным направлением при газоснабжении потребителей.

Выводы

1) главными преимуществами полиэтиленовых труб является: большая пропускная способность; отсутствие необходимости использования дорогостоящей изоляции труб и установок активной защиты от коррозии, а также их эксплуатации; упрощенная технология соединения труб с более высокой их надежностью; сокращение времени строительства полиэтиленового газопровода; сокращение количества стыков при прокладке газопроводов, что увеличивает их надежность в эксплуатации;

2) в настоящее время давление газа в полиэтиленовых газопроводах ограничено до 0,6 МПа, главным образом из-за применения полиэтиленовых труб ПЭ 80 со стандартным размерным соотношением SDR 11 и SDR 17,6. Однако появившиеся на зарубежном и российском рынках трубы ПЭ-100 с SDR 9 позволяют проектировать системы газоснабжения с рабочим давлением до 1,2 МПа;

3) перепад давления газа в газопроводах высокого давления оказывает существенное влияние на материаловложения, а следовательно и на капиталовложения в газовые сети. При максимальном перепаде давления газа диаметры труб уменьшаются в 1,5 раза. Расход же газа при увеличении перепада давления и использовании различных материалов, из которых выполнены газопроводы (сталь, полиэтилен), увеличивается в 1,5...2,0 раза;

4) для газопроводов ПЭ 100 с SDR 11 и SDR 9 с рабочим давлением 1,0 и 1,2 МПа толщина стенок является достаточно большой, применение коэффициента $C = 2$ оправданно;

5) анализ сравнительных затрат при строительстве подземных газопроводов, выполненных из стали и полиэтилена, позволяет сделать вывод о том, что строительство газопроводов из полиэтиленовых труб диаметром до 110 мм более экономично по сравнению со стальными. Это объясняется тем, что полиэтиленовые трубы указанных диаметров выпускаются в бухтах, что значительно сокращает сроки строительства газопровода, а следовательно и капиталовложения;

6) сокращение сроков строительства полиэтиленовых газопроводов по сравнению со стальными составляет 4...4,5 раза;

7) общая стоимость строительства полиэтиленового газопровода давлением 1,2 МПа по отношению к полиэтиленовому газопроводу давлением 0,6 МПа уменьшается в 2 раза, а по отношению к стальному газопроводу давлением 0,6 МПа – в 1,4 раза. При прочих равных условиях стоимость строительства полиэтиленовых и стальных газопроводов давлением 1,2 МПа существенно не отличается;

8) отсутствие влияния внешней и внутренней коррозии, а следовательно, и отсутствие пассивной и активной защиты от коррозии, более высокая гладкость внутренней поверхности полиэтиленовых газопроводов, обеспечивающих большую пропускную способность, удобство монтажа и значительное сокращение сроков строительства, большой срок эксплуатации (не менее 50 лет) указывают на то, что проектирование, строительство и эксплуатация полиэтиленовых газопроводов является более предпочтительным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Plastic Pipe Makes Big Move In 1983 // Pipeline and Gas Journal. – 1983. – Vol. 210, № 14. – P. 20.
2. Полимеры в газоснабжении: справочник / под ред. Н.Н. Карноуха. – М.: Машиностроение, 1998. – 856 с.
3. Материалы для строительства городских газопроводов / В.С. Логинов [и др.]. – М.: Стройиздат, 1984. – 96 с.
4. Пластмассовые трубопроводы в жилищном строительстве / М.М. Сапожников [и др.]. – Л.: Лен-издат, 1964.
5. Газоснабжение: СНБ 4.03.01-98. – Минск: Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 1999. – 94 с.
6. Каргин, В.Ю. Полиэтиленовые газопроводы давлением более 0,6 МПа / В.Ю. Каргин, В.Г. Решетов // Трубопроводы и экология. – 2003. – № 1. – С. 20 – 22.
7. Горилловский, М. О коэффициентах запаса прочности и применении ПЭ-80 и ПЭ-100 для полиэтиленовых межпоселковых газопроводов / М. Горилловский, И. Гвоздев // Полимерные трубы. – 2005. – № 2. – С. 32 – 33.
8. Булах, В.В. Автоматизированный расчет распределительных трубопроводов газоснабжения / В.В. Булах // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2010. – № 12. – С. 87 – 98.
9. GIS/PL3:2006. Specification for Self-anchoring mechanical fittings for natural gas and suitable manufactured gas. – Part 27.
10. Трубы из полиэтилена для газопроводов. Технические условия: СТБ ГОСТ Р 50838-97. – Минск: Госстандарт, 1998. – 26 с.
11. Распределительные газопроводы. Порядок гидравлического расчета: ТКП 45-4.03-68-2007. – Минск, 2008. – 50 с.
12. Прайс-лист «Полимер – Спец – Строй – Монтаж» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru-truba.ru/gaz.html>. – Дата доступа: 20.01.2010.
13. Берхман, Е.И. Экономика систем газоснабжения / Е.И. Берхман. – Л.: Недра, 1975. – 375 с.
14. Информбанк: Нац. экон. газ. – 2006. – № 8. – 27 янв.

Поступила 23.05.2011

TECHNOLOGICAL AND TECHNICAL-ECONOMIC ASPECTS OF THE PROSPECT OF DESIGNING OF GASSUPPLY SYSTEMS OF THE HIGH PRESSURE OF THE FIRST CLASS, EXECUTED FROM POLYETHYLENE PIPES, IN REPUBLIC OF BELARUS

V. BOULAKH, V. STAKHEIKO, O. KARTAVSTEVA, S. BARATYNSKAYA

In article questions of application of polymeric gas pipelines are considered, to note their advantages. Questions on factors of safety factor and application PE 80 and PE 100 for polyethylene gas pipelines and about increase of pressure of gas in systems of gas supply without decrease in criteria of safety are considered. Gas pressure difference in high pressure gas pipelines makes essential impact on expenses on materials that are proved by hydraulic calculation of a gas network. Appeared in the foreign and Russian markets of pipe PE 100 with SDR 9 will allow to project systems of gas supply with working pressure to 1,2 МПа. Economic comparison of expenses of four variants of packing of a linear part of a gas pipeline of a high pressure is resulted. From the point of view of technological aspects increase in initial pressure of gas to 1,2 МПа and designing of systems of gas supply of a high pressure of the first category, executed of polyethylene pipes of mark PE 100, doesn't bear behind itself any complexities and can be quite realized in Belarus.