

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НАДЗЕМНЫХ ПЕРЕХОДОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ В КАРПАТСКОМ РЕГИОНЕ

И.С. Тревого (Национальный университет «Львовская политехника», Украина)

В 1961 г. окончил геодезический факультет Львовского политехнического института по специальности «астрономогеодезия». После окончания института работал в полевых геодезических подразделениях. С 1969 г. работает в Национальном университете «Львовская политехника» (до 2000 г. — Львовский политехнический институт), в настоящее время — декан магистратуры Института геодезии, профессор. Доктор технических наук.

Е.Ю. Илькив (Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Украина)

В 1978 г. окончил геологоразведочный факультет Ивано-Франковского института нефти и газа по специальности «прикладная геодезия». С 1978 г. работает в Ивано-Франковском национальном техническом университете нефти и газа (ранее — Ивано-Франковский институт нефти и газа), в настоящее время — доцент кафедры землеустройства и кадастра.

Д.В. Кухтар (Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Украина)

В 2009 г. окончил инженерно-экологический факультет Ивано-Франковского национального технического университета нефти и газа по специальности «инженерная геодезия». С 2010 г. — аспирант кафедры землеустройства и кадастра Ивано-Франковского национального технического университета нефти и газа.

В настоящее время Украина является одним из крупнейших в мире транзитером природного газа. По системам магистральных газопроводов, находящихся в пользовании НАК «Нафтогаз Украины», природный газ из Российской Федерации поступает в страны Западной, Центральной и Восточной Европы. Стабильное функционирование систем магистральных газопроводов обеспечивает экономическое развитие и международный авторитет Украины.

Важнейшими научно-техническими проблемами XXI века являются оценка технического состояния и продление ресурса безопасной эксплуатации потенциально опасных объектов. К таким объектам относятся магистральные газопроводы, основная часть которых отработала

50–75% эксплуатационного ресурса. Высокие требования к надежности магистрального трубопровода обусловлены тем, что он является одним из элементов газотранспортной системы Украины и представляет собой особо опасное инженерное сооружение с точки зрения возможности возникновения аварийных ситуаций. Поддержание систем магистральных газопроводов в исправном, рабочем, надежном и безопасном состоянии — непростая задача, учитывая множество факторов, среди которых следует отметить значительную протяженность, удаленность от крупных населенных пунктов, эксплуатацию в различных климатических условиях, большие диаметры и высокое рабочее давление.

Из общего числа газопроводов, расположенных на территории Украины, более 20% эксплуатируются в сложных условиях Карпат. Среди них такие крупные магистральные газопроводы как «Братство», «Союз», «Уренгой-Помары-Ужгород». Физико-географические условия Карпатского региона, в пределах которого находится густая сеть магистральных газопроводов, обусловили необходимость строительства большого количества надземных переходов через водотоки, овраги и другие препятствия (рис. 1).

Резко пересеченный рельеф местности, наличие естественных и искусственных препятствий, стесненные условия, резкие изменения температуры трубопровода и окружающей среды, частые наводнения и ополз-



Рис. 1
Надземные переходы магистральных газопроводов через р. Стрый

невые процессы составляют факторы, осложняющие эксплуатацию газопроводов в этом регионе. Они вызывают не только разрушения, но и образование дефектов, связанных с нарушением целостности материала. Это становится основной причиной ускоренных процессов старения и разрушения металла и, как следствие, возникновения аварийных ситуаций (рис. 2).

Все эти факторы подтверждают необходимость и актуальность контроля состояния надземных переходов газопроводов. Ведь от надежной работы трубопровода на участках надземных переходов зависит эффективная эксплуатация линейной части газопроводных магистралей.

Среди комплекса обследований надземных переходов гео-

дезические методы позволяют определять пространственное положение конструктивных элементов переходов и их изменение во времени. Геодезические работы предусматривают определение положения главной оси трубопровода в плане и по высоте, высотного положения опор и пилонов, их наклон в вертикальной плоскости, а также прогиб трубопровода между опорами.

Определение перемещений линейной части надземных переходов газопроводов является сложной задачей. Это обусловлено разнообразием конструктивных решений прокладки трубопровода и значительной протяженностью сооружения. Сложные условия эксплуатации, длина надземных переходов, необходимость размещения трубопровода на большой высоте над естественными и искусственными препятствиями создают специфические требования к выбору методов и приборов для установления пространственного положения газопровода.

Анализ действующих нормативных документов, регламентирующих порядок и состав геодезических работ по обследованию состояния надземных переходов газопроводов, дал возможность ознакомиться с мето-

дами и приборами, которые используются для контроля геометрических параметров элементов перехода. Отметим ряд недостатков существующих методов:

- применение оптических приборов (нивелиры, теодолиты) и мерных лент увеличивает время и трудозатраты на выполнение работ;

- подготовительные работы перед началом измерений постоянно требуют передвижения обслуживающего персонала вдоль трубопровода, что зачастую очень опасно;

- классические методы линейно-угловых измерений позволяют определять только одну составляющую смещений (продольную или поперечную) опор и трубопровода.

Кроме того, в нормативных документах отсутствуют требования к точности геодезических работ, выполняемых при контроле плано-высотного положения трубопровода.

Развитие геодезического производства, в частности появление современных приборов, позволяет говорить о разработке новых технологий и методов контроля геометрических параметров инженерных сооружений. За счет одновременного определения линейных и угловых величин с помощью электронных тахеометров можно вычислить плано-высотные координаты точек. На основе таких данных легко установить величину осадок, плановых смещений сооружения, крен и прогиб. Использование безотражательного режима электронного тахеометра позволяет оперативно проводить наблюдения за положением трубопровода и исключает необходимость передвижения обслуживающего персонала по трубе. По результатам натурных измерений координат контрольных точек на надземном переходе газопровода с помощью электронного тахеометра Sokkia SET 530 RK была



Рис. 2
Последствия разрыва трубопровода

получена средняя квадратическая погрешность 6 мм (рис. 3).

Точность геодезических работ устанавливают на основе величины допустимого вертикального смещения опоры. В свою очередь, допустимое смещение опоры определяют, исходя из результатов проверки трубопровода на прочность. Анализ алгоритма расчетов показывает, что допустимые величины вертикальных смещений опор зависят от следующих параметров надземного трубопровода: расстояния между опорами, рабочего давления, толщины стенки трубы, предела текучести материала трубопровода. Это требует дифференцированного подхода к установлению точнос-

суток вызывает циклические деформации, которые следует учитывать при определении точности наблюдений за переходами надземных газопроводов.

Исследование циклических температурных деформаций выполнялось на действующем газопроводе. В течение дня температура воздуха менялась в диапазоне от +13°C до +37,5°C. При этом, электронным тахеометром в координатном режиме фиксировались положения 5 контрольных марок (отражательных пленок), закрепленных на поверхности трубопровода. На рис. 4 представлены графики продольных и поперечных смещений газопровода, определенные в результате измерений.



Рис. 3
Наблюдения на надземном переходе магистрального газопровода «Союз»

ции в высотном положении. Такое смещение, в основном, вызвано погрешностями определения координат марок.

Контроль состояния надземных переходов проводится регулярно (в штатном режиме) с периодичностью, установленной эксплуатирующим предприятием. При этом учитываются: состояние перехода, информация и прогнозы на основании ранее выполненных контрольных измерений, технологические режимы эксплуатации и природно-климатические условия.

Проведенные исследования позволят усовершенствовать существующую нормативную базу и перепрофилировать ее на использование современных геодезических приборов. Это обеспечит высокую точность, надежность и оперативность получения результатов, а также безопасность работников при выполнении плановых обследований.

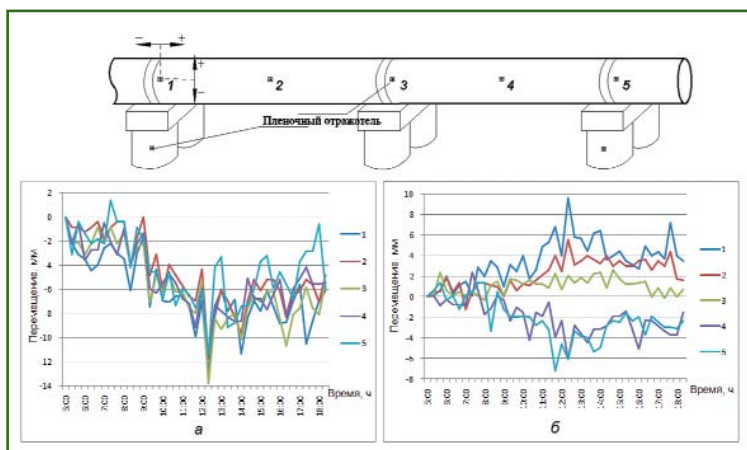


Рис. 4
Графики деформаций газопровода в продольном (а) и поперечном (б) направлениях из-за изменения температуры

ти геодезических работ для каждого перехода надземного трубопровода.

Чтобы достичь требуемой точности определения смещений надземных переходов магистральных газопроводов, необходимо учитывать действие нескольких факторов. Один из них — температура поверхности трубы, которая является величиной, переменной по длине и во времени. Ее определяет, в основном, температура транспортируемого газа и температура окружающей среды. Изменение температуры воздуха в течение

Полученные результаты позволяют четко проследить закономерность смещения трубопровода с изменением температуры. Максимальные деформации приходится на период максимального повышения температуры воздуха до 37,5°C. Из графиков видно, что амплитуда суточных смещений газопровода в поперечном направлении не превышает 10 мм, а в продольном — 14 мм.

Смещение трубопровода по высоте за период наблюдения не превышало 2 мм, что указывает на устойчивость конструк-

RESUME

There are described the environmental factors which complicate operation of aboveground pipelines in the Carpathian region. Disadvantages of the existing geodetic control techniques are described and the need for their improvement is grounded. Results of the studies of the short-term temperature deformation monitoring data for the aboveground pipelines are given.