

ТЕХНОЛОГИИ LEICA GEOSYSTEMS В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА СМЕЩЕНИЙ МОРСКОЙ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПЛАТФОРМЫ

После взрыва в Мексиканском заливе нефтедобывающей платформы Deepwater Horizon, который произошел в апреле 2010 г., и последовавшей за ним экологической катастрофы правительства многих стран стали уделять повышенное внимание безопасности шельфовых разработок. Россия в этом смысле не стала исключением, и в настоящее время разрабатывается законопроект «О защите морей Российской Федерации от нефтяного загрязнения».

Сегодня на территории нашей страны работают две нефтедобывающие платформы со стопроцентным участием российского капитала, принадлежащие ОАО «ЛУКОЙЛ». Руководство нефтяного гиганта решило не дожидаться принятия закона «О защите морей», а сразу приступить к созданию системы мониторинга морской ледостойкой стационарной платформы (МЛСП) на месторождении нефти им. Ю. Корчагина. Это месторождение, расположенное в северной части Каспийского моря, в 180 км от Астрахани, было открыто в 2000 г. Глубина моря на участке составляет 11–13 м. Нефтяная платформа (рис. 1) запущена в эксплуатацию весной 2010 г. и состоит из двух блоков: ЛСП-1 (технологический модуль, где осуществляется добыча, первичная подготовка нефти и бурение) и ЛСП-2 (жилой модуль).

Компания-оператор добычи — ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть» объявила конкурс на создание системы мониторинга



Рис. 1
Морская ледостойкая стационарная платформа на нефтяном месторождении им. Ю. Корчагина

платформы, в котором победил проект, разработанный специалистами Пермского национального исследовательского политехнического университета (ПНИПУ, ранее — Пермский государственный технический университет). Для организации качественной системы мониторинга платформы в рамках проекта было предложено использовать оборудование ГНСС компании Leica Geosystems. «Все работы выполнялись под руководством сотрудников кафедры маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем ПНИПУ, — говорит научный сотрудник кафедры Евгений Сергеевич Богданец. — К моменту разработки проекта мониторинга МЛСП у нашего университета уже был богатый опыт реализации проектов по мониторингу месторождений и объектов добычи полезных ископаемых. В частности, специа-

листы кафедры работали на Астраханском газоконденсатном месторождении по заказу ОАО «Газпром», осуществляли мониторинг ряда объектов на месторождениях в Западной Сибири и Пермском крае».

«Каспийская платформа — стационарная, — продолжает научный сотрудник. — Из шести больших понтонов, на которых платформу доставили к месту бурения, выкачали воздух и заполнили их водой, в результате платформа как бы «приросла» ко дну. Она стоит на морском дне на шести опорах. Каждый понтон дополнительно закрепили сваями по окружности. При осуществлении же добычи происходит переуплотнение горных пород, из которых извлекли нефть. Это отражается в виде оседаний поверхности морского дна. И если оно неравномерное, то может происходить крен платформы. А

от нее еще идет нефтепровод на плавучее хранилище, и деформации дна могут привести к серьезным авариям. Необходимо постоянно наблюдать за положением платформы, чтобы вовремя предупредить об опасности».

Предложенная учеными система мониторинга — двухступенчатая. Она состоит из этапа автоматизированного мониторинга, реализованного при помощи программного обеспечения Leica Spider, и этапа контрольного мониторинга. Для обоих этапов предусмотрены береговой и морской сегменты. Береговой — выполняет опорную функцию при решении векторов, определяющих перемещение платформы, морской — представлен оборудованием ГНСС Leica, закрепленным на нефтяной платформе.

Береговой сегмент автоматизированной системы мониторинга состоит из спутниковой референционной станции, закрепленной на крыше главного офиса ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть», и ПК с программным обеспечением Leica

Spider. «В офисе стоит базовая станция, которая является нашей опорной точкой. А программное обеспечение установлено на компьютере главного маркшейдера, который проводит мониторинг ежедневно, — говорит Е.С. Богданец. — На этом же компьютере архивируются измерения со всех четырех приемников ГНСС».

Для организации берегового сегмента системы контрольного мониторинга был создан геодезический полигон из 10 реперов, объединенных в кусты по 3–4 репера в каждом. Согласно схеме полигона, изображенной на рис. 2, расчет векторов до антенн спутниковых приемников, установленных на ЛСП-1, проводится от одного репера в кусте, называемого главным. Остальные реперы позволяют контролировать устойчивость главных реперов путем проверки постоянства взаимного положения пунктов в каждом кусте. При утрате или нестабильности положения главного репера, его функцию можно переложить на другой репер, находящийся в этом же кусте.



Рис. 2
Общая схема проведения контрольного мониторинга

«Реперы представляют собой забетонированные трубы с якорями, заложенные на глубину порядка 4 м. Этого вполне достаточно для обеспечения их сохранности, поскольку они стоят в местах, где почти не бывают люди, — поясняет научный сотрудник. — Согласно проекту, контрольные измерения необходимо выполнять 4 раза в год, причем делать это приемниками ГНСС с калиброванными антеннами класса choke ring, чтобы более точно получать решения векторов. Самое главное здесь — использовать качественные, профессиональные антенны и оборудование — такое как Leica, а также специализированное программное обеспечение».

Морской сегмент системы мониторинга (рис. 3) представлен тремя комплектами оборудования ГНСС, антенны которых установлены стационарно по трем углам технологического модуля платформы (ЛСП-1).

В совокупности взаимодействие морского и берегового сегментов автоматизированного мониторинга сводится к тому, что данные со всех приемников ГНСС по локальной сети ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть» поступают в отдел главного

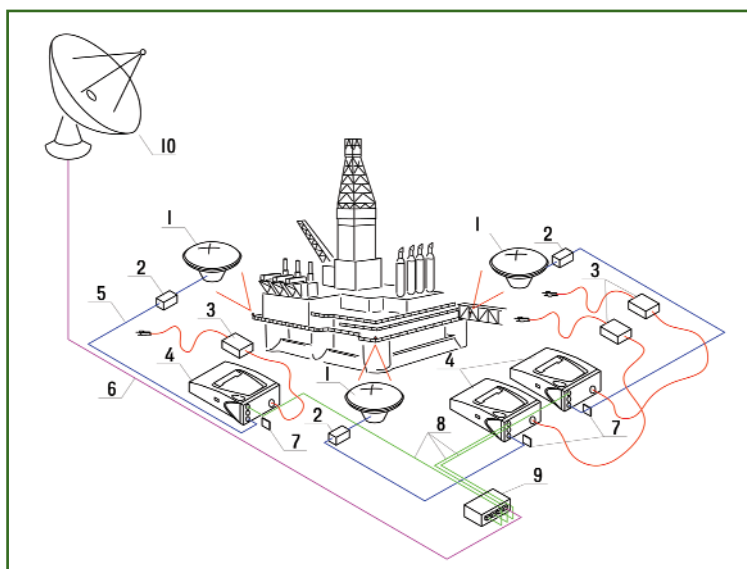


Рис. 3
Морской сегмент системы мониторинга (1 — антенна AR10, 2 — гроозащитный фильтр, 3 — адаптер переменного тока, 4 — приемник GRX1200+GNSS, 5 — кабель антенный, 6 — сеть ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть», 7 — карта CompactFlash, 8 — сетевой кабель, 9 — маршрутизатор, 10 — оборудование для связи

маркшейдера. Сбор, архивация и обработка данных проводятся в автоматическом режиме программой Leica Spider. Программное обеспечение настроено таким образом, что расчет координат точек, расположенных на углах ЛСП-1, можно разделить на три этапа:

1. Режим реального времени (ежесекундный расчет относительного перемещения антенн приемников, установленных на платформе). Для данного типа расчета используются векторы, измеренные только между этими антеннами, поскольку в противном случае погрешности измерений будут превышать 400 мм.

2. Постобработка с интервалом в 1 час. Этот тип решения проводится относительно базовой станции по результатам часовых серий наблюдений.

3. Постобработка с интервалом в 12 часов. На данном этапе происходит уточнение часовых решений.

По результатам определения координат точек мониторинга в режиме реального времени выдается информация о стабильности антенн приемников, установленных на платформе, в виде графиков смещений (рис. 4).

Контрольный мониторинг осуществляется путем выполнения долгопериодных серий ГНСС измерений на реперах берегового сегмента. Для определения устойчивости реперов в кустах, непосредственно перед началом каждой серии наблюдений ГНСС выполняются измерения превышений между ними методом геометрического нивелирования по программе нивелирования I класса.

Достичь необходимой точности измерений векторов большой длины (от 70 до 200 км) ученым удалось за счет применения высокоточных приемников ГНСС Leica GX 1230 с калиброванными прецизионными антеннами AT503GG и AT504GG

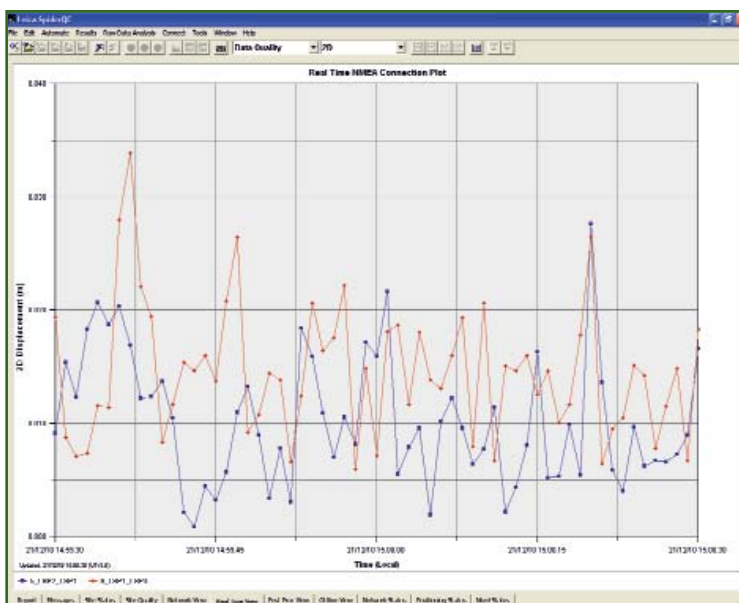


Рис. 4

Графики взаимного смещения антенн приемников, установленных на платформе, при мониторинге с интервалом 1 с

типа choke ring. Кроме того, постобработка результатов спутниковых измерений выполняется с помощью профессионального программного обеспечения, а последовательность и схема расчета векторов из цикла в цикл остаются неизменными.

По результатам уравнивания всех циклов спутниковых измерений вычисляются рассогласования координат антенн приемников, установленных на платформе. Окончательные результаты контрольных измерений ГНСС представляют собой графики распределения плановых и высотных смещений приемников, установленных на ЛСП-1, по сериям наблюдений (а в дальнейшем и по годам).

Специалисты ПНИПУ уже выполнили 4 серии контрольных наблюдений для отладки работы системы, периодичность которых на тестовом этапе составила 10–12 дней. На основе схем плановых смещений и графиков осадок, построенных по результатам автоматизированного и контрольного мониторинга, были сделаны следующие выводы о горизонтальных и вертикальных смещениях ЛСП-1:

— сопоставление результатов контрольных измерений и данных автоматизированного мониторинга показывает, что они коррелируют между собой: характер смещений (осадок и подъемов) полностью идентичен, и это дает право говорить о корректности результатов мониторинга, проводимого в режиме реального времени;

— смещения антенн приемников ГНСС имеют случайный характер и малые величины, в большинстве своем не превышающие точность измерений, что указывает на постоянство их местоположения. Также на это указывает функция линейного тренда, представляющая собой линию, близкую к горизонтальной;

— сопоставление результатов контрольного мониторинга с технологической картой бурения дает основание полагать, что основной причиной значительных колебаний (порядка 20–30 мм) антенн приемников, расположенных на технологическом модуле платформы, являются спускоподъемные работы бурового оборудования.