

# СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ

морской стационарной платформы ЛСП-1 с помощью технологий Leica Geosystems

**Олег ГОРБУНОВ,**  
ведущий инженер отдела главного маркшейдера  
ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть»

**Морская ледостойкая стационарная платформа ЛСП-1 месторождения им. Ю.Корчагина ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть» установлена в центре мелководной Северной части Каспийского моря в 170 км от берега. ЛСП-1 является опасным и технически сложным инженерным сооружением, которое подвержено постоянному воздействию статических и динамических нагрузок, вызванных собственным весом, давлением воды и грунта, внешних условий, в которых эксплуатируется.**

При произвольном пространственном воздействии нагрузок, действующих на морскую платформу, возникают деформации конструкции на изгиб, сдвиг и кручение, которые могут стать причиной повреждений конструктивных элементов и коммуникаций, нарушения целостности конструкции, повлиять на работу оборудования.

Следовательно, важно проводить мониторинг и оценку величины деформации ЛСП-1 с целью определения величины допустимой степени повреждения конструкции для снижения вероятности аварий и обеспечения допустимого уровня безопасности. Мониторинг технического состояния ЛСП-1 должен выполняться в течение всего расчетного срока службы конструкции по программе мониторинга, которую проектной организацией следует разрабатывать одновременно с проектной документацией.

Для мониторинга деформаций и осадок ЛСП-1 в режиме реального времени в 2010 году смонтирована и введена в работу система спутникового мониторинга, состоящая из трех спутниковых приемников Leica GRX1200, которые установлены на трех углах платформы.

Управление спутниковой системой обеспечивается программным обеспечением Leica SpiderQC, выполняющим автоматическую проверку качества данных, а в сочетании с программным обеспечением Leica GNSS Spider – мониторинг в режиме реального времени. Относительно одного из спутниковых приемников ЛСП-1, назначенного в качестве базового, вычисляются ежесекундно трехмерные координаты смещений точек антенн на платформе. По каждой из антенн относительно базового прием-

ника программой выполняется проверка по трем положениям – высота, плановое положение и планово-высотное положение. Точность определения смещений в режиме реального времени составляет от  $\pm 50$ –70 мм и более.

При пост-обработке измерений в обработку загружаются 24-х часовые данные измерений и файлы точных эфемерид. Уравнивание сети выполняется относительно IGS-станций. Суть данного метода определения деформаций сводится к контролю смещений антенн спутниковых приемников ЛСП-1 относительно IGS-станций. Точность определения деформаций  $\pm 30$ –50 мм.

Для исследования возможностей сервиса CrossCheck, предоставляемого компанией Leica Geosystems для высокоточного определения смещений и деформаций ЛСП-1 на миллиметровом уровне точности, в июле-августе 2012 года совместно с компаниями «Навгеоком» и Leica Geosystems выполнен тестовый проект деформационного мониторинга.

## Результаты исследования подтвердили возможность использования сервиса Leica CrossCheck для деформационного мониторинга морской платформы ЛСП-1 на миллиметровом уровне

Leica CrossCheck – это специализированный сервис высокоточного определения координат и деформационного мониторинга с использованием данных глобальных навигационных спутниковых систем. Сервис CrossCheck использует профессиональное программное обеспечение Bernese GPS и алгоритмы обработки спутниковых данных для гарантированного получения высокоточных и надежных результатов даже при сверхд-

линных базовых линиях. Программное обеспечение Bernese GPS широко используется в научной среде для определения координат, параметров орбит, изучения ионосферы, тропосферы, движения земной коры и определения множества других параметров и отвечает наивысшим стандартам качества в области высокоточной спутниковой геодезии.

Передача файлов данных со спутниковых приемников ЛСП-1 осуществлялась на специальный сервер Leica Geosystems по FTP-протоколу.

Для исключения ошибок спутниковых измерений при пост-обработке с помощью сервиса Leica CrossCheck использовалась информация службы IGS Международной службы вращения Земли (IERS) об уточненных элементах орбит спутников и ориентации полюсов, предоставляемая для ITRF. Точные эфемериды доступны с задержкой в 12–18 дней и имеют высокую точность. Служба IGS может предоставлять эфемериды в кратчайшие сроки, но с менее высокой точностью. В сервисе CrossCheck используется средняя эпоха наблюдений реализации данной ITRF, гарантирующая согласованность между координатами станций и точными элементами орбит спутников.

Для исключения систематических ошибок, связанных с элементами приведения спутниковых антенн, в сервисе CrossCheck используются средние параметры абсолютных калибровок антенн приемников в геоцентрической системе координат ITRF 2008.

Использование системы координат ITRF 2008 обусловлено отсутствием точно установленных параметров связи с системой координат СК-95 и необходимостью обеспечения высокой точности и единства измерений. Вследствие постоянной динамики тектонических плит, регионального оседания почвы и так далее, координаты опорных пунктов относятся к определенной временной эпохе и постоянно уточняются.



При обработке спутниковых измерений сети в качестве опорных пунктов использовались IGS-станции.

На первом этапе обработка данных заключалась в вычислении фиксированных координат приемников ЛСП-1 с использованием минимально ограниченного уравнивания по суточным/недельным файлам данных. Для разрешения неоднозначности координаты IGS-станций жестко фиксировались. В обработку принимались базовые линии между IGS-станциями и приемниками ЛСП-1 длиной до 5000 км. При обработке спутниковых измерений учитывалась модель тектонического движения земной коры для исключения влияния тектонических смещений на местоположение IGS-станций и результаты мониторинга.

На следующих этапах в режиме постобработки обрабатывались данные с часовым интервалом в течение 24 часов в сутки. Смещение каждого приемника проверялось уровнем значимости 95%. Обновление координат приемников выполнялось с дискретностью каждые 4 часа. Точность вычисления смещений составила  $\pm 3$  мм в плане и  $\pm 5$  мм по высоте.

Результаты изменения плановых и высотных координат каждого приемника ЛСП-1 с течением времени отображались в графическом окне на специализированном веб-портале. Смещения и осадки представлены в виде графиков смещений по осям координат. Доступ к результатам мониторинга предоставлял-

ся через специальный интернет-портал по индивидуальному логину и паролю круглосуточно.

**Р**езультаты выполненного исследования подтвердили возможность использования сервиса Leica CrossCheck для деформационного мониторинга морской платформы ЛСП-1 на миллиметровом уровне. В данном случае решены задачи непрерывного и автоматизированного отслеживания состояния ЛСП-1 с целью предотвращения аварийных ситуаций. При этом спутниковые приемники являются источниками параметров, с помощью которых вычислялись трехмерные координаты в определенный момент времени, позволяющие определить деформации платформы – осадки, смещения, растяжения, сжатия и изгибы, которые могут возникнуть в связи с изменением геометрии корпуса или пространственного положения платформы.

Основные итоги деформационного мониторинга:

- спутниковый мониторинг с помощью сервиса Leica CrossCheck показал достаточно высокую надежность и эффективность контроля деформаций и геометрии корпуса для обеспечения безопасной эксплуатации морской платформы;
- системой мониторинга выявлены деформации с точностью до 5 мм в трехмерном пространстве с вероятностью 95%;

- система спутникового мониторинга функционировала как сервис, что позволило избежать сложной инсталляции и настройки программного обеспечения, обучения персонала и поддержки системы в работоспособном состоянии;

- мониторинг выполнялся круглосуточно в полностью автоматизированном режиме, с дискретностью 4 часа выполнялось обновление координат антенн приемников на ЛСП-1 и определялись смещение и осадки платформы.

Таким образом, технология спутникового мониторинга с помощью сервиса CrossCheck позволяет осуществлять контроль деформаций морской платформы, возникающих при воздействии сил и нагрузок, изменяющихся во времени по величине и направлению. Сравнение измеренных величин деформаций с установленными проектом предельными величинами дает возможность оценить степень повреждения конструкции и определить техническое состояние платформы.



ООО «ЛУКОЙЛ-  
Нижневожскнефть»  
414000 Астрахань,  
ул. Адмиралтейская, 1, корп. 2  
Тел. (8512) 40-28-00  
Генеральный директор –  
Н.Н. Ляшко.