

## Устройство оснований и фундаментов нефтяных резервуаров в сложных условиях Заполярья

**М. А. АНДРЕЕВ,**  
главный инженер отделения строительно-монтажных работ, канд. техн. наук  
**И. А. МИРОНОВ,**  
начальник отдела специальных работ  
**А. В. ТЕРЕНТЬЕВ,**  
зам. начальника отдела специальных работ

Впервые в России нефтяные резервуары появились в XVIII в. и представляли собой земляные ямы (амбары) глубиной 4–6 м с деревянной крышкой. Позднее сооружали каменные резервуары, а также деревянные чаны, стянутые железными обручами. Первый в мире стальной клепаный резервуар построили в России в 1878 г. по проекту *В. Г. Шухова* и *А. В. Бари*. В 1921 г. в США впервые возвели металлический сварной резервуар вместимостью 500 м<sup>3</sup>, в 1935 г. в СССР – 1000 м<sup>3</sup>. В настоящее время наиболее распространены стальные вертикальные цилиндрические резервуары вместимостью от 100 до 100 000 м<sup>3</sup>.

Учитывая постоянно растущие на мировом рынке цены на энергоносители, в частности на нефтепродукты, строительство упомянутых резервуаров большой емкости (10 000–100 000 м<sup>3</sup>) вблизи эксплуатируемых нефтяных месторождений России во многом решит проблемы топливно-энергетического комплекса.

При строительстве нефтяных резервуаров большое значение имеют устойчивость и целостность грунтовых оснований и фундаментов. Анализ состояния зданий и сооружений в криолитозоне, где расположены и нефтяные месторождения, свидетельствует о возможных деформациях возводимых резервуаров.

В начале 2005 г. институт «Фундаментпроект» выиграл тендер на проектирование и строительство оснований и фундаментов резервуарного парка из четырех вертикальных стальных резервуаров вместимостью 50 000 м<sup>3</sup> (РВС 50 000), предназначенных для хранения товарной нефти с температурой хранимого продукта 50 °С в пос. Варандей Ямало-Ненецкого автономного округа.

Площадка строительства резервуаров относится к северному участку тундры с отметками естественной поверхности от 1,4 до 5 м. На глубинную изыскания по всей площадке распространены многолетнемерзлые грунты с температурами от –0,5 до –2,8 °С. Грунты до глубины 3–11 м находятся в твердо- и пластично-мерзлом состоянии и представлены в основном мелкими и пылеватыми песками с отдельными прослоями суглинков. Далее залегают охлажденные (в талом состоянии) засоленные грунты со степенью засоленности от 0,09 до 1,03 %, представленные в основном суглинками от твердого до тугопластичного состояния.

Грунтовые воды представлены водами слоя сезонного оттаивания, встреченными на период изысканий (октябрь) на глубине 0,2–1,2 м; напорными криопэгами, приуроченными к линзам и прослоям охлажденных песков, вскрытых под мерзлыми

породами и среди суглинков. Уровень появления криопэгов зафиксирован на глубине 5,3–14,5 м, установления – на глубине 1,2–2,8 м. Высота напора составляет 3,8–11,6 м.

С учетом вышеупомянутых геокриологических условий институт разработал рабочую документацию, в которой приняты конструктивные решения, обеспечивающие устойчивость резервуаров при использовании грунтов основания по I принципу строительства – с сохранением грунтов в мерзлом состоянии.

Для исключения теплового влияния резервуаров на мерзлые грунты основания в рабочей документации и ППР предусмотрели комплекс мероприятий инженерной защиты, который включает устройство теплоизоляции основания под днищем резервуара и установку пологонаклонных (угол наклона 1° к горизонту) термостабилизаторов. Они предназначены для обеспечения совместно с теплоизоляцией круглогодичного мерзлого состояния природных грунтов верхнего несущего слоя.

Проведение работ по строительству оснований и фундаментов осложнялись тяжелые климатические условия в прибрежной зоне Баренцева моря (ливневые дожди, штормовые ветра, низкие температуры атмосферного воздуха до –50 °С). Дополнительные затруднения возникли из-за сложности транспортирования (морской, авто- и авиатранспорт)

**Рис. 1.** Укладка термостабилизаторов на грунтовое основание



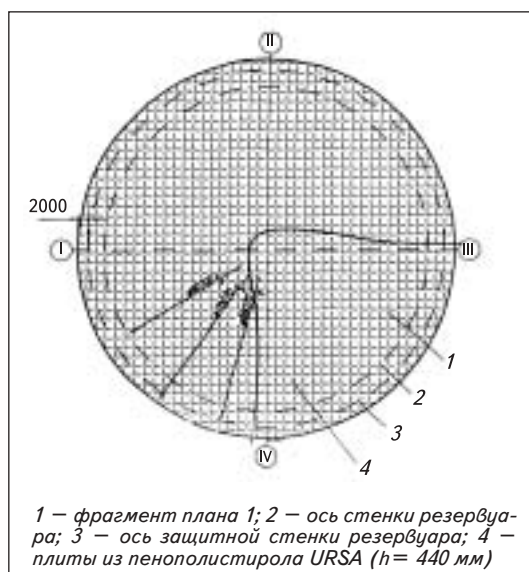
технических средств и рабочей силы на место работ. Для решения проблем устройства оснований и фундаментов резервуаров в институте создали отделение строительного-монтажных работ (ОСМР). В его задачи входило изготовление технических средств, их транспортировка и производство СМР на площадке резервуарного парка, что способствовало более четкой координации работ. Для этого были приглашены как опытные специалисты (засл. конструктор России *В. И. Гвоздик*, д-р техн. наук *А. И. Абросимов*, канд. техн. наук *М. А. Андреев*), так и молодые инженеры-строители (*И. А. Миرون*, *А. В. Терентьев*, *А. В. Тарлица*, *Г. В. Колосков*). На строительной площадке работами руководили горные инженеры *Р. Ю. Рябоштан* и *С. С. Алимов*.

До начала работ специалисты ОСМР разработали ППР и технологическую карту, которые согласовали с ООО «Варандейский отгрузочный терминал» (заказчик), фирмами «Глобалстрой-Инжиниринг» (генподрядчик) и «Germanischer Lloyd» (технадзор).

В течение августа–октября 2005 г. изготовили и отгрузили на площадку строительства технические средства, в ноябре начали работы по устройству основания резервуара РВС 50 000 Тит 1,6.

До начала земляных работ провели инструментальную разбивку (вынос проекта в натуре) параметров площадки основания под установку термостабилизаторов. После этого рыхлителем бульдозера мерзлый грунт рыхлили, перемещали в отвал с последующей погрузкой в самосвалы и вывозили за пределы строительной площадки.

После планировки дна котлована бульдозером на 200–300 мм ниже проектных отметок расположения испарителей термостабилизаторов производили отсыпку песчаной подушки до уровня проектных отметок термостабилизаторов. Затем монтировали термостабилизаторы СПМГ-38/76, представляющие собой герметический сосуд из нескольких секций труб диаметром 76 мм из нержавеющей



**Рис. 2. Схема раскладки плит из пенополистирола URSA**

стей стали, соединенных сильфонами и складывающимися гофрированными (для удобства транспортировки) стальными конструкциями. Испаритель соединяли с теплообменником (конденсатором), состоящим из четырех оребренных секций, расположенных вертикально. Для работы при положительных температурах атмосферного воздуха между теплообменником и испарителем монтировали холодильный агрегат, замкнутый на второй контур термостабилизаторов. Испаритель СПМГ-38/76 укладывали на спланированное грунтовое основание под углом 1° к горизонту (рис. 1). До установки термостабилизаторов производили их вакуумирование и заправку хладагентом.

Затем выполняли обратную засыпку термостабилизаторов с послойным трамбованием виброплитами, при этом соблюдалась плотность грунта, установленная проектом. После уплотнения грунта производили работы по устройству термометрических скважин и термометрического поперечника, обеспечивающих непрерывный термомониторинг за работой СПМГ. Далее осуществляли устройство верхнего слоя планировочной насыпи толщиной 200 мм с трамбовкой катком, после чего монтировали второй контур СПМГ.

На верхний слой укатанной пла-

нировочной насыпи укладывали теплоизоляционные пенополистирольные плиты URSA. Основание насыпи очищали от льда и снега и устанавливали маяки, позволяющие уложить плиты ровным слоем. В процессе укладки вели тщательное наблюдение, чтобы швы вышеукладываемых плит не совпадали с нижними. Схема раскладки плит представлена на рис. 2. Над теплоизоляционным слоем из плит URSA устраивали песчаную подушку.

Для железобетонного основания под резервуары монтировали железобетонные дорожные плиты, стягиваемые металлическим кольцом, которое устанавливали до монтажа плит по наружному контуру основания. Дорожные

плиты укладывали на уплотненный выравнивающий слой песка. Затем швы герметизировали сухой цементно-песчаной смесью.

Впервые в практике фундаментостроения с целью снижения интенсивности коррозионных процессов на днище резервуара укладывали герметизирующий гидрофобный слой из рулонного материала «резитрикс» в виде склеенного изоляционного ковра. Рулоны «резитрикса» раскатывали «внахлест» битумной поверхностью вверх и склеивали горячим воздухом с помощью аппарата «Электрон» (фирма «Leister»).

Ограждающие конструкции, представляющие собой сборно-разборную систему, монтировали после крепления в предварительно пробуренных скважинах опорных стоек.

Устройство отмоски из тротуарных плит будет выполнено по окончании монтажа металлоконструкций РВС.

В апреле 2006 г. комплекс вышеперечисленных работ реализовали по РВС 50 000 Тит 1,6 и 1,4, после чего провели наладку и пуск в эксплуатацию второго контура термостабилизации.

Предварительные результаты термомониторинга подтвердили высокую работоспособность системы термостабилизации грунтового основания. ■