

УДК 624.138.24

## УЛУЧШЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ РЕЗЕРВУАРОВ НА КАО «АЗОТ»

Мамонтов И.В., студент гр. СПмоз-211, 1 курс.  
Научный руководитель: Простов С. М., д.т.н., профессор  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева.  
г. Кемерово

В рамках выполнения программы по увеличению мощности существующих систем хранения жидких удобрений на КАО «Азот» было принято решение о возведении резервуара стального вертикального (РВС) объёмом  $5000\text{м}^3$ . Резервуар вертикальный стальной (РВС) — вертикальная ёмкость, наземное объёмное строительное сооружение, предназначенное для приёма, хранения, подготовки, учёта (количественного и качественного) и выдачи жидких продуктов (рис 1).

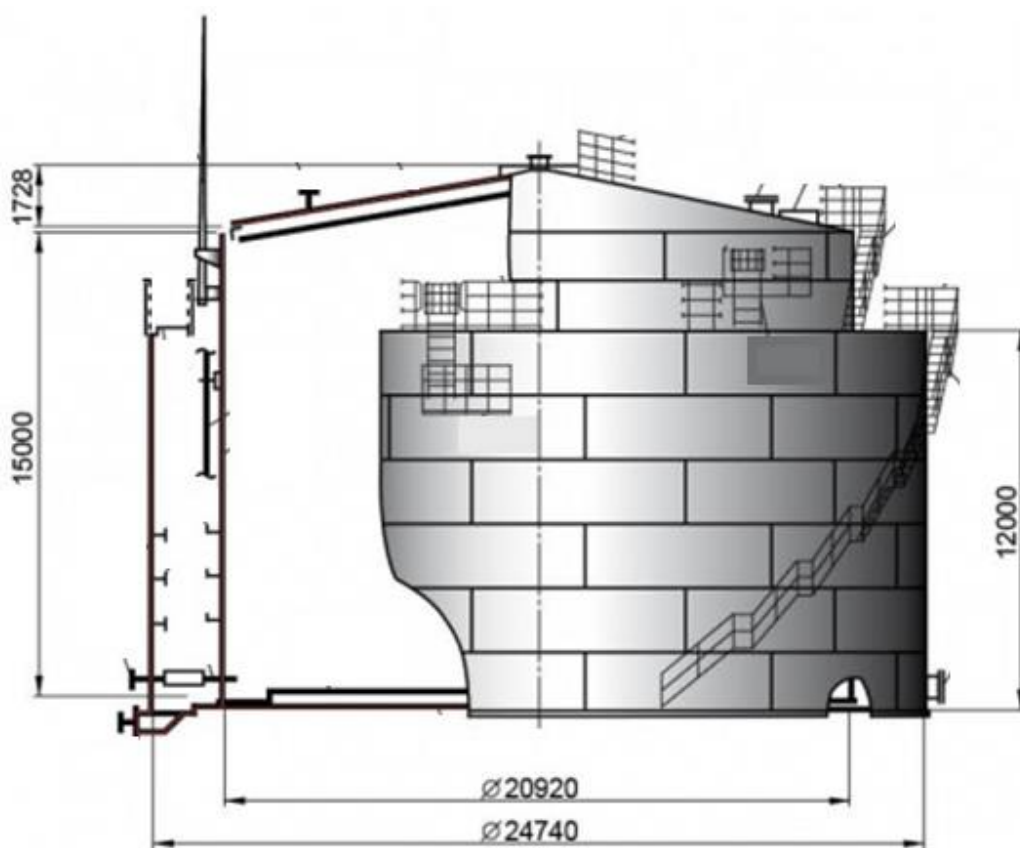


Рис.1. Конструкция резервуара

Ключевым ограничением по размещению РВС являлась привязка к географическому расположению основного производства, а также стесненность и плотная застройка основной производственной площадки.

По результатам инженерно-геологических изысканий (ИГИ) проектный институт получил следующие исходные данные.

По степени сложности инженерно-геологических условий территория относится к **III категории** (согласно Приложению Г СП 47.13330.2016). По наличию процесса подтопления согласно Приложению И СП-105-97 часть 2, территория относится к II области – потенциально подтопляемые. Площадка размещения проектируемых сооружений характерна застойным режимом грунтовых вод. Практически, это единый водоносный горизонт, в котором не происходит динамичного движения грунтовых вод вследствие удаленности от дренажа и субгоризонтального рельефа площадки. Из инженерно-геологических процессов и явлений в пределах исследованной площадки имеют место потенциальное подтопление, морозное пучение грунтов и землетрясения. По степени морозной пучинистости (относительной деформации пучения грунтов) суглинков ИГЭ-2 (в зоне промерзания), согласно ГОСТ 25100-2011, относится к сильнопучинистому. Согласно п.6.8.3 СП 22.13330.2016, расчетная относительная деформация пучения составляет  $\epsilon_{fn}=10,0$  %. Согласно карте сейсмического районирования РФ ОСР-2016 В СП 14.13330.2018, район работ относится по карте А к зоне 6-бальной сейсмичности, по карте В к зоне 7-бальной сейсмичности. По сейсмическим свойствам грунты площадки относятся к III категории. Результаты геофизических исследований (уточнение сейсмичности площадки) приведены в отдельном томе по инженерно-геофизическим исследованиям. По инженерно-геологическим и геоморфологическим признакам площадка представляет собой единый инженерно-геологический таксон, характеризующийся в пределах таксона выдержанными характеристиками грунтов, гидрогеологических и инженерно-геологических процессов и явлений, позволяющих, согласно главе 5 СП 115.13330.2016, оценить природные условия площадки как сложные, а процессы потенциального подтопления и землетрясений – опасные, процессы морозного пучения – весьма опасные [1,9].

Опираясь на данные инженерных изысканий бюро проектного института, ответственное за проектирование фундамента приняло две концепции:

- классическая - устройство плитно-свайного фундамента с применением железобетонных свай.
- альтернативная – приведение физических свойств грунта на площадке строительства к параметрам достаточным для ухода на плитный фундамент.

Расчет реализации первого варианта показал необходимость применения основания из железобетонных свай сечением 200×200 мм и длиной 24 м, в количестве 200 штук. Данный способ помимо значительных затрат на закупку материалов имел ряд недостатков, которые приводили к дополнительным трудозатратам на производство работ и как следствие увеличение общего срока строительства [2].

В качестве основной концепции был принят второй вариант. Для реализации данного решения был разработан проект, основной целью которого является улучшение физических свойств грунтов [3-8], залегающих в основание

проектируемых фундаментов путем глубинного уплотнения суглинков, от слоя ИГЭ-2 до ИГЭ-5 включительно, залегающих в основание фундамента резервуара [11].

Уплотнение грунтов основания выполнить методом инъекций в режиме гидроразрывов, который включает в совместную работу грунты основания и фундамент, то есть создает геотехнический массив. Основным преимуществом технологии является возможность производства работ без ударных нагрузок на близко расположенные здания. Кроме того, позволяет выполнить работы с высокой производительностью, в сжатые сроки, что в современных условиях является особенно важным для инвестора с точки зрения эффективности затраченных финансовых ресурсов [10].

Таблица

Заявленные для достижения параметры грунтов

№ ИГЭ	Плотность г/см <sup>3</sup>	Пористость д.е.	Текучесть д.е.	Угол внут- реннего трения	Деформация МПа
2	1,94	0,75	0,63	18	11,8
3	1,98	0,67	0,25	22	17,8
4	1,89	0,84	0,30,	19	11,2
5	1,98	0,68	0,08	24	20,4

Работа по укреплению проводится в 3 этапа:

- Проведение контрольного закрепления грунтов основания и испытания грунтов методом статического зондирования.
- Устройство законтурной обоймы по наружному периметру здания инъекторами И-01, И-03, И-05, через один в любом направлении (рис.2).

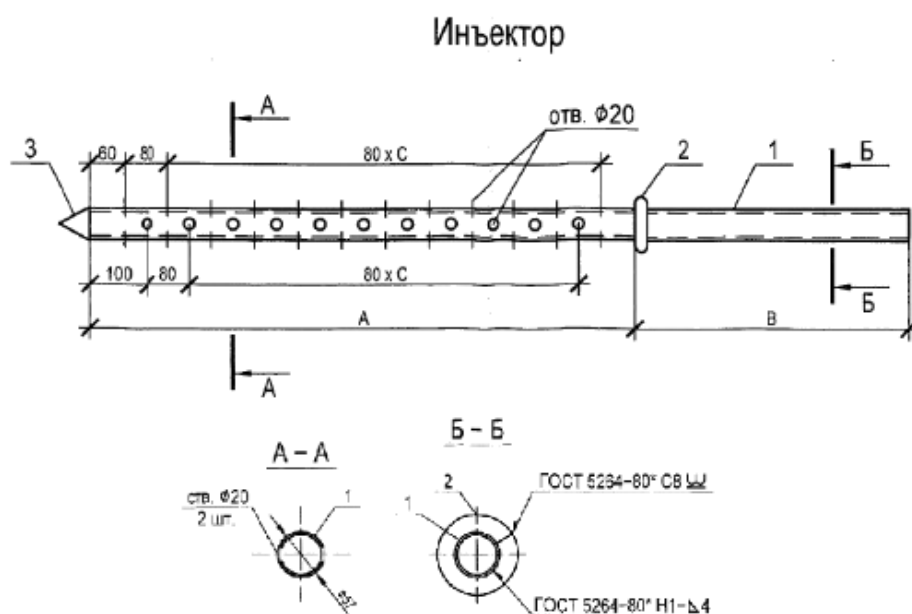


Рис. 2. Конструкция инъектора

- Уплотнение грунтов основания под подошвой фундамента инъекторами И-02, И-04, И-06, через один в любом направлении [12].

Важным условием при производстве работ является оформление следующих актов:

- акт установки инъекторов;
- акт устройства тампонажа затрубного пространства;
- акт нагнетания цементно-песчаного раствора.

Закрепление грунтов выполняется цементно-песчаным раствором М200 с В/Ц 0,55-0,66 и осадкой конуса 16-18 см со специальными добавками, состав на 1 м<sup>3</sup> должен содержать:

- песок средней фракции – 1150 кг;
- цемент М400 – 750 кг;
- суперпластификатор С-3 – 6 кг;
- специализированные добавки;

Порядок производства работ предусматривает выполнение работ по укреплению грунтов после устройства фундаментной плиты, в связи с этим, для удешевления строительно-монтажных работ СМР и сокращения графика производства работ, при обустройстве фундаментной плиты целесообразно предусмотреть закладные гильзы (рис 3). После производства работ по инъектированию, закладные гильзы заполнить Бетоном В25 W8 [11].

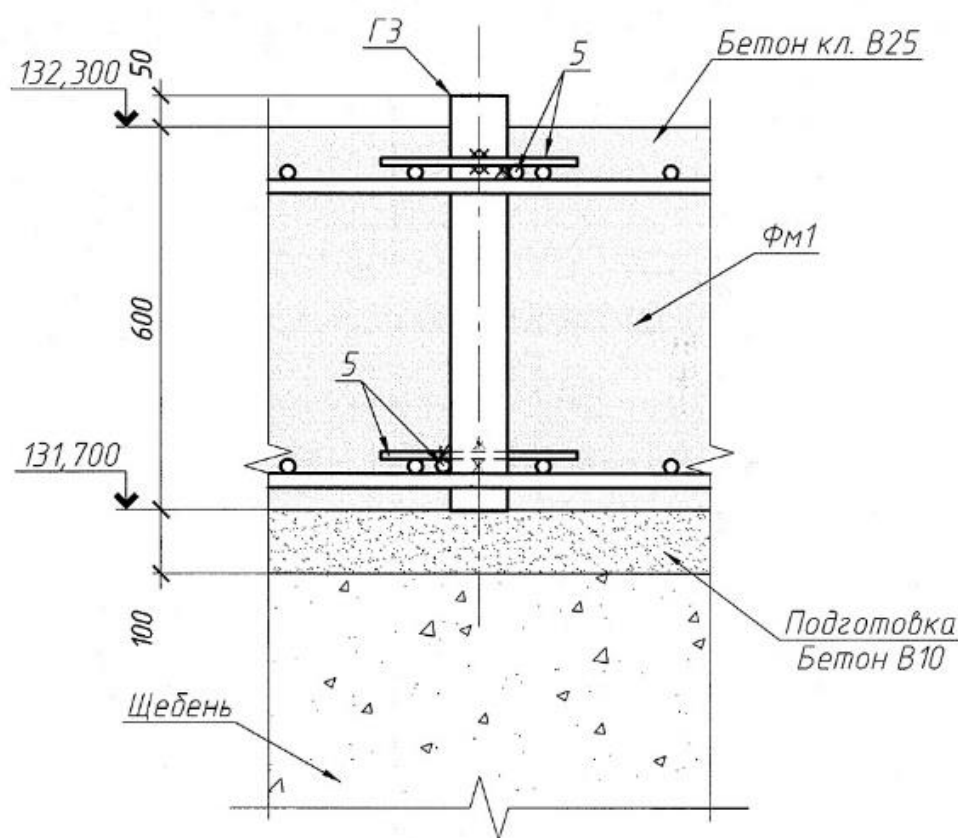


Рис. 3 Конструкция закладной гильзы

Для контроля за исполнением проектных расчетных параметров и технических условий производство работ по созданию закрепленного массива должно сопровождаться обязательной фиксацией информации о глубине бурения скважин и установке иньекторов, единичных объёмов закачки цементно-песчаного раствора, давления и времени его нагнетания, и других технологических данных в рабочем журнале и в другой исполнительной документации. Контроль качества при этом заключается в систематической проверке соответствия зафиксированных в исполнительной документации данных с соответствующими данными, отраженными в проекте.

После завершения всех работ мониторинг осадки заполненного РВС производиться каждый месяц в течение 2-х лет, далее 1 раз в квартал с обязательным по окончании весеннего и осеннего периодов.

Реализация выбранного метода на практике показала достижение всех расчетных технических и экономических показателей [13].

### Список литературы:

1. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия.- Москва : Стандартинформ, 2018. – 95 с.
2. Антонов, В.М. Расчет и проектирование оснований и фундаментов : Учебное пособие / В.В. Леденев, В.И. Скрылев. - Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2000. – 143с.
3. Prostov S.M. The influence of injecting strengthening for uniform subgrade soils of strip foundations on their stress-strain state / S. M. Prostov, M. V. Sokolov, A. V. Pokatilov // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 24. С. 45297-45306.
4. Шабанов Е. А. К вопросу очистки грунтов от экотоксикантов электрохимическим методом / М. В. Гуцал, С. М. Простов, Е. А. Шабанов // Материалы Международного экологического форума «Природные ресурсы Сибири и Дальнего Востока - взгляд в будущее». 2013. С. 170-176.
5. Шабанов Е. А. Электрофизический мониторинг процессов электроосмотической очистки грунтов от нефтезагрязнений на лабораторных установках / С. М. Простов, Е. А. Шабанов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2017. № 1 (119). С. 3-15.
6. Шабанов Е. А. Натурные испытания метода контролируемой электрохимической очистки грунта от нефтезагрязнений. Ч.I. изменение физических свойств грунтового массива / Е. А. Шабанов, С. М. Простов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2016. № 6 (118). С. 35-44.
7. Шабанов Е. А. Метод оценки загрязнения нефтепродуктами по электрическим свойствам грунтов / С. М. Простов, М. В. Гуцал, Е. А. Шабанов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2015. № 6 (112). С. 38-45.
8. Шабанов Е. А. Натурные исследования процессов загрязнения нефтепродуктами и электрохимической очистки грунтов оснований сооружений на

- опытном полигоне / Е. А. Шабанов, С. М. Простов, О. В. Герасимов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21 №5. С. 151-164
9. СП 22.13330.2011. Основание зданий и сооружений.- Москва : Стандартинформ, 2018. – 95 с.
10. Веселов В.А. Проектирование оснований и фундаментов: Учебное пособие для вузов – Москва : Издат-во Стройиздат, 1990. – 304 с.
11. Фундаменты стальных резервуаров и деформации их оснований / П.А. Коновалов, Р.А. Мангушев, С.Н. Сотников [и др.] – Москва : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2009. – 336 с.
12. Патент № 2162917. Способ закрепления грунтов в основание деформированных зданий и сооружений: №99107679/03: Заявл. 04.07.99 :опубл. 02.10.01 / В.В. Лушников, В.А. Богомоллов, А.С. Кусморцев, О.В. Герасимов; заявитель, патентообладатель ОАО "Уральский научно- исследовательский центр по архитектуре и строительству" – 3 с.
13. Простов, С.М. Комплексный мониторинг процессов высоконапорной инъекции грунтов / С.М. Простов, В.А. Хямяляйнен, О.В. Герасимов. – Кемерово: Изд-во Кузбассвуиздат, 2006 – 94 с.