

Применение фундамента с ростверком для строительства резервуара вертикального стального в сейсмически активных районах

И.П. Гулый, А.Ю. Масалитин, В.А. Перфилов

Волгоградский Государственный технический университет, Волгоград

Аннотация: Российская Федерация сегодня входит в тройку лидеров по нефтедобыче среди всех стран мира. Это полезное ископаемое составляет основную часть экспорта нашей страны. Основная часть запасов «чёрного золота» в нашей стране сосредоточено в регионах с особыми климатическими и геологическими условиями (районы вечной мерзлоты и сейсмической активности). В данной статье рассматриваются мероприятия по защите сооружений от сейсмических воздействий.

Ключевые слова: землетрясения, строительство, сейсмическая активность, нефть, сейсмическая защита, нефтепродукты, сооружения, добыча, резервуар вертикальный стальной.

Многие районы мира подвержены землетрясениям. В Российской Федерации четверть территории находится в зонах, где возможны мощные землетрясения. В этих районах активно развивается добыча нефти и природного газа. Обеспечение сейсмостойкости сооружений в местах разработки, добычи и транспортировки нефте- и газопродуктов имеет большое значение в нефтяной отрасли, для сохранения человеческих жизней и экологической обстановки.

Специальные системы сейсмозащиты

Ранее строителями нередко применялись простые способы смягчения механического воздействия, колеблющегося во время землетрясений фундамента на надземную часть сооружений. Дальнейшее использование всевозможных методов по борьбе с разрушительными землетрясениями изучалось на основе результатов, полученных в ходе инженерного анализа последствий от предыдущих землетрясений.

Можно выделить следующие направления области создания специальных конструкций по сейсмозащите сооружений или, так называемых, систем «активной» сейсмозащиты:

- 1) конструкции с подвесными опорами. Это специальный фундамент, (рис. 1) позволяющий зданию «быть подвешенным» на тросах [1].

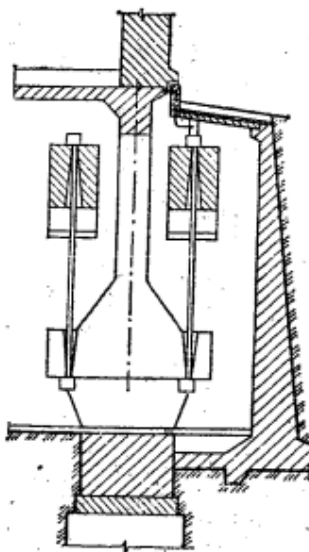


Рис. 1. Конструкция фундамента с подвесными опорами.

Хотя специально разработанный фундамент на рис. 1 позволяет использовать тросы для подвешивания здания, подобные опоры не получили широкого распространения в сейсмостойком строительстве из-за дорогой сейсмоизолирующей части;

- 2) конструкции с катковыми опорами. Они отличаются большим разнообразием решений. Впервые катковая опора с гидравлическим демпфером, способным обеспечить периодичность колебаний здания, была предложена Бернарски [2,3]. Затем появились многочисленные решения в СССР, Японии, Чили, Румынии и других странах [4,5]. Одно из характерных решений катковых опор приведено на рис. 2 [6].

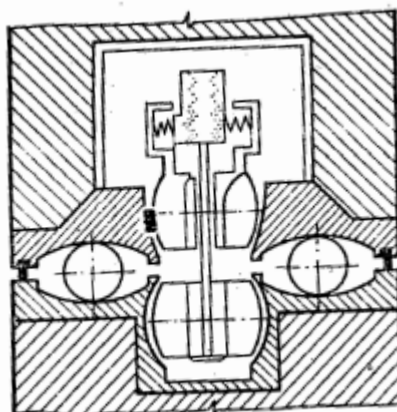


Рис. 2. Конструкция опор на катках.

Использование таких опор позволяет увеличить период собственных колебаний систем и снизить сейсмические нагрузки. Катковые системы имеют низкую затухаемость колебаний, поэтому их создатели пришли к выводу, что использование демпферов является необходимым элементом таких систем. Для увеличения затухания в катковых системах часто используются грунт или другой материал для заполнения зазоров между сферическими поверхностями катка и поверхностями фундамента;

3) конструкции с односторонними выключающимися или включающимися связями. Главная идея таких конструкций заключается в том, что во время землетрясений они изменяют свою жесткость односторонним образом (изменением периода собственных колебаний). Это позволяет избежать резонанса на определенной доминантной частоте сейсмического воздействия.

Системы с отключаемыми связями могут быть использованы в районах, где грунтовые условия приводят к частым сейсмическим воздействиям с высокочастотной составляющей, в то время как системы с включаемыми связями подходят для районов с преобладанием низкочастотных составляющих.

- 4) конструкции с гасителями колебаний между фундаментом и опорными частями сооружений. Основным элементом гасителей являются элементы из мягкой стали, которые способны поглощать значительное количество энергии при пластических деформациях. Другим вариантом снижения инерционных нагрузок на надфундаментную часть сооружения является устройство демпферов сухого трения, расположенных между элементами сооружения.
- 5) конструкции с повышенными диссипативными свойствами в виде сейсмоизолирующего скользящего пояса в фундаменте. Эти конструкции, как и с гидравлическими демпферами или специальными слоистыми опорами, позволяют значительную часть энергии, передаваемой от основания сооружению, необратимо затратить на работу специальных элементов, расположенных между фундаментом и опорными частями зданий. В них могут накапливаться остаточные смещения от разного рода воздействий, в том числе и сейсмических.
- б) специальные конструкции свайных фундаментов с высоким ростверком и повышенными диссипативными свойствами. Некоторые конструктивные решения, разработанные советскими специалистами, показаны на рис. 3.

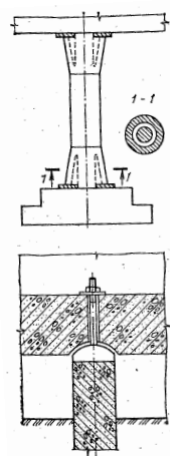


Рис. 3. Конструкция свайного фундамента с высоким ростверком.

В отличие от предыдущей системы с «гибким» этажом, диссипативные свойства в сооружениях на свайных фундаментах будут выше, что достигается дополнительным рассеиванием энергии на поверхностях контакта свай с грунтом. При этом в них не происходит концентрации напряжений в местах жесткого защемления верха свай в ригели, а низа стоек – в фундамент, что приводит к раннему развитию пластических деформаций в этих узлах и превращению системы в мгновенно изменяемую при некотором превышении расчетных нагрузок;

7) экранирование зданий. Это осуществляется путем использования обычных строительных материалов для изоляции зданий от разрушительного воздействия землетрясений, контролируя распространение сейсмических волн в различных средах. Наличие экранирующего фундамента под зданием и экранирующего пояса по периметру здания позволяет значительно снизить эффект сейсмического воздействия на него.

8) предварительное натяжение арматуры в стыках наружных стен. Применение систем с натяжением арматуры в стыках наружных стен (арматура во внутренних стенах при этом не натягивается и в них применяются обычные стыковые соединения) должно быть ограничено районами сейсмичностью 7 и 8 баллов и сооружениями соответственно высотой до 30 метров и 20 метров. Минимально необходимое количество арматуры в стыках панелей наружных стен должно устанавливаться на основании специальных исследований, причем особое внимание следует уделять контролю за уровнем натяжения арматуры и за качеством замоноличивания стыков в местах ее размещения [7,8].

Одна из основных технических проблем для строительства резервуаров в сейсмических районах – разрушающие деформации, возникающие от сейсмических воздействий.

В данной статье рассматривается фундамент резервуара вертикального стального (далее РВС) для сейсмически активных районов (далее САР), который включает плиту ростверка, монтируемую на сваи наклонного и горизонтального расположения. Техническим преимуществом увеличенного ростверка для строительства РВС является демпфирование вертикальных напряжений и деформаций фундамента при действии землетрясений повышенной мощности. Это снижает действие усилий внецентренного сжатия и сдвиговых нагрузок при движении нефти в резервуаре от действия сейсмических нагрузок.

Описание методики строительства

По окраинам ростверка фундамента по большому кругу монтируются вертикальные сваи, а в центре ростверка сваи размещаются по малому кругу. Установленные под наклоном вертикальные сваи одна над другой проходят по краям ростверка и объединяются в нижней плоскости с центральными сваями, расположенными в малом круге. При этом, каждые две наклонные сваи в нижней плоскости в центральном малом круге соединяются с вертикальной свайей, расположенной по краям ростверка большого круга. На рис. 4 представлена схема размещения свайного фундамента.

Алгоритм возведения:

Осуществляется предварительное устройство скважин для свай (3), в которые монтируется арматурный каркас. Затем производят бурение скважин под сваи (4), в которых монтируются арматурные каркасы так, чтобы продольные стержни вошли в скважину сваи (3). Далее укладывается бетонная смесь в сваи (3) и (4). Устраивается ж\б плита ростверка (2).

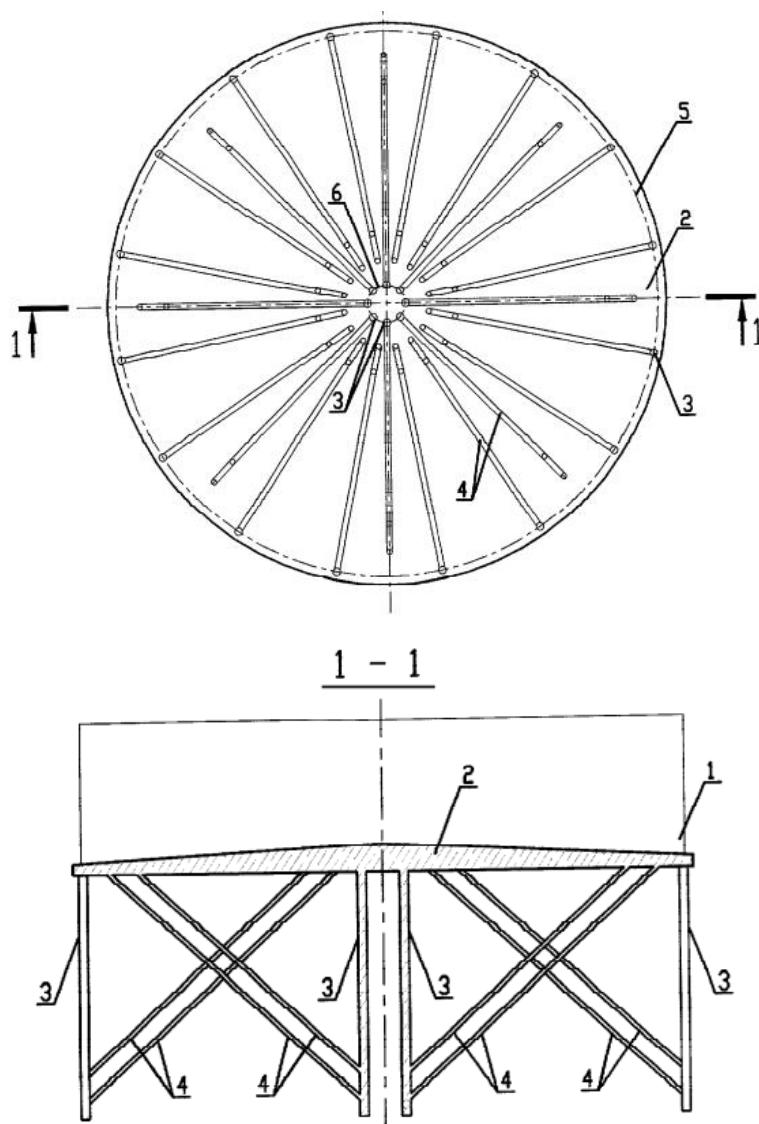


Рис. 4. Фундамент для РВС с ростверком.

- 1 - фундамент РВС; 2 - плита ростверка; 3 - вертикальные сваи; 4 -
наклонные сваи;
5 - малый круг (окружность); 6 - большой круг (окружность).

Одним из главных недостатков этого метода является его высокая стоимость. Использование таких конструкций требует больших затрат на материалы, проектирование и монтаж, что делает этот метод недоступным для многих объектов. Кроме того, использование свайных фундаментов с высоким ростверком может быть проблематичным в случае, если на участке

имеется грунт с плохой несущей способностью. В таких условиях возможно проваливание фундамента и разрушение сооружения.

Выводы

Около четверти территории Российской Федерации приходится на районы, где возникают землетрясения. В этой местности идет активная разработка месторождений по добыче нефтепродуктов. На сегодняшний день реализовано большое количество объектов, которые относятся к нефтяной отрасли. После проведения сравнительного анализа методов сейсмозащиты сооружений в разных проектах в САР, можно сделать следующие выводы. Специальные мероприятия в ходе строительства объектов нефтегазовой отрасли в этой местности необходимы, чтобы исключить возможные разрушения, аварии и др. [9,10].

Нельзя с уверенностью сказать, какое из конструктивных решений будет наиболее целесообразным и эффективным. Каждые из существующих в настоящее время решений могут соответствовать одним условиям и совершенно не соответствовать другим. Отталкиваясь от типа проекта, для создания стабильной и продуктивной добычи и переработки нефти и газа в САР следует использовать системы сейсмозащиты независимо от того, выгодно ли это с экономической точки зрения или нет. Ведь в случае аварии, утечка нефтепродуктов может нанести огромный вред экологии, сохранение которой является актуальной проблемой сегодня. Последствия разлива нефти не всегда возможно полностью устранить, и даже на частичное восстановление могут уйти десятилетия и огромные финансовые затраты.

Литература

1. Housner G. W. Characteristics of Strongmotion Earthquake, Bulletin of the Seismological Society of America, 1937, pp. 37-42.
 2. Gutenberg B., Richter C. F. Seismicity of the Earth, 1954, 295p.
 3. Черелинский Ю. Д. «К сейсмостойкости зданий на кинематических опорах. – Основания, фундаменты и механика грунтов», 1973, № 3, с. 18-21.
 4. Назаров А. Г. О механическом подобии твердых тел. – Ереван: 1965. – 128 с.
 5. Баркан Д. Д. и др. Современное состояние теории сейсмостойкости и сейсмостойкие сооружения. – М.: Стройиздат, 1973. – 280 с.
 6. Нормы и правила строительства в сейсмических районах (СН 8-57) – М.: Стройиздат, 1957. – 215 с.
 7. Казина Г. А., Килимник Л. Ш. Конструкции сейсмостойких зданий в зарубежном строительстве (обзор). – М.: ЦИНИС Госстроя СССР, 1974. – 60 с.
 8. Ильичев В. А. Особенности возведения фундаментов в сейсмических районах, М.: Стройиздат, 1982. – 67 с.
 9. Масалитин А. Ю., Гулый И. П., Перфилов В. А., Особенности строительства вертикальных стальных резервуаров большой вместимости для хранения нефтепродуктов в особых климатических условиях: обзор // Инженерный вестник Дона. 2022. №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2022/8045
 10. Дмитриенко И.А., Перфилов В.А., Особенности строительства свайных фундаментов в зонах вечной мерзлоты на объектах нефтегазовой отрасли: обзор // Инженерный вестник Дона. 2019. №8. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N8y2019/6122
-

References

1. Housner G. W. Characteristics of Strongmotion Earthquake, Bulletin of the Seismological Society of America, 1937, pp. 37-42.
 2. Gutenberg B., Richter C. F. Seismicity of the Earth, 1954, 295 p.
 3. Cherelinskij Ju. D. K sejsmostojkosti zdanij na kinematiceskikh oporah. – Osnovaniya, fundamenty i mehanika gruntov [Foundations, foundations and soil mechanics], 1973, № 3, pp. 18-21.
 4. Nazarov A. G. O mehanicheskom podobii tverdyh tel [About mechanical similarity of solids], Erevan: 1965, 128 p.
 5. Barkan D. D. i dr. Sovremennoe sostojanie teorii sejsmostojkosti i sejsmostojkie sooruzhenija [The current state of the theory of seismic resistance and earthquake-resistant structures], M.: Strojizdat, 1973, 280 p.
 6. Normy i pravila stroitel'stva v sejsmicheskikh rajonah (SN 8-57), M.: Strojizdat, 1957, 215 p.
 7. Kazina G. A., Kilimnik L. Sh. Konstrukcii sejsmostojkikh zdanij v zarubezhnom stroitel'stve (obzor) [Structures of earthquake-resistant buildings in foreign construction (review)]. M.: CINIS Gosstroja SSSR, 1974, 60 p.
 8. Il'ichev V. A. Osobennosti vozvedeniya fundamentov v sejsmicheskikh rajonah [Features of foundation construction in seismic areas], M.: Strojizdat, 1982, 67 p.
 9. Masalitin A. Y., Gulyj I. P., Perfilov V. A., Inzhenernyj vestnik Dona. 2022. №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2022/8045
 10. Dmitrienko I.A., Perfilov V.A., Inzhenernyj vestnik Dona. 2019. №8. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N8y2019/6122
-

