

Особенности строительства полярной газотурбинной электростанции на Ванкорском месторождении

А.Н. Семенкин, В.А. Перфилов

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация: Строительство Полярной газотурбинной электростанции осуществляется на вечномерзлых грунтах. Особенности строительства железобетонных конструкций фундаментов и других элементов в зоне вечной мерзлоты подразумевает высокие требования к прочности, плотности и морозостойкости. Предложен новый состав бетонной смеси с улучшенными физико-механическими свойствами. В составе бетонной смеси используются суперпластифицирующие добавки и отходы производства.

Ключевые слова: фундамент, вечная мерзлота, буроопускные сваи, суперпластификатор, сернокислый шлам, бетонная смесь, прочность, морозостойкость.

Район строительства Полярной газотурбинной электростанции (ГТЭС) расположен на территории Таймырского муниципального района и Туруханского района Красноярского края вблизи Ванкорского месторождения. В районе строительства отсутствуют железные дороги. Необходимые материалы и технологическое оборудование для производства работ могут доставляться морским транспортом до портов Дудинка и Игарка, расположенных на р. Енисей.

По функциональному использованию строительная площадка Полярной ГТЭС разделена на несколько зон, включающих главный корпус, комплексное воздухоочистительное устройство, пункт подготовки газа, зону электротехнических сооружений, топливного хозяйства, объединенный вспомогательный корпус, складское хозяйство и очистные сооружения.

Главный корпус ГТЭС размещается в центре площадки. С западной стороны главного корпуса размещается объединенный вспомогательный корпус (ОВК), склад баллонов технических газов, дизельгенераторная, дымовая труба водогрейных котлов, насосная станция пожаротушения с пожарными резервуарами, азотогенераторная. С южной стороны проектируемого главного корпуса размещается административно-бытовой корпус.

Проектируемые объекты находятся в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов, которые сохраняются в замороженном состоянии на все время строительства и эксплуатации объектов электростанции. С этой целью предусмотрена отсыпка площадки строительства привозным грунтом – песком средней крупности. Высота насыпи в среднем составляет от 2,5 до 3,5 м.

Главный корпус представляет собой прямоугольное в плане, однопролетное здание с размерами в плане 45,0 x 114,0 м.

Фундаменты главного корпуса, включая пристроенные помещения внешних газовых модулей, запроектированы с продуваемым подпольем, высота которого составляет 1,80 м. Фундаменты запроектированы свайными, с металлическим рамным ростверком. Сваи приняты из труб Ø 630x20 с металлическими наконечниками и оголовками. Несущими конструкциями пола является металлический настил в уровне верха балок ростверка из рифленой стали с ребрами, поверх которого выполнена бетонная плита толщиной 150 мм.

Строительство главного корпуса выполняется в следующей последовательности:

- 1) устройство свай буроопускным способом. Первоначально устраиваются сваи под фундаменты генераторов и газовых турбин;
- 2) устройство фундаментов под генераторы и газовые турбины;
- 3) монтаж генераторов и газовых турбин
- 4) монтаж каркаса (колон, ферм, связей);
- 5) монтаж газовых модулей;
- 6) навеска панелей стенового ограждения.

Свайные работы

Был принят буроопускной способ погружения свай [1]. Сваи погружаются в предварительно пробуренные скважины большего диаметра, чем диаметр свай. Для свай Ø630х20 выполняется скважина Ø800 мм. Скважины перед погружением свай заполняются высокоподвижным цементно-песчаным раствором с температурой применения не ниже 20 °С.

После погружения сваи, внутренняя полость ее заполняется сухой цементно-песчаной смесью до верхней отметки промерзания грунтов, а в зоне сезонного промерзания и оттаивания, свая заполняется бетоном В15 с установкой арматурного каркаса. Несущая способность свай определяется при статических и динамических испытаниях [2,3].

Особенности строительно-монтажных работ в зимнее время

Рыхление мерзлого грунта производится механическим способом. В процессе рытья котлованов и производства других земляных работ при отрицательных температурах, для предотвращения промерзания, грунт возможно покрывать утепляющими материалами [4].

Выравнивание земляных оснований осуществляют перед бетонированием фундаментов, прокладкой коммуникаций, а заполнение проемов выполняют уже оттаявшим грунтом [5].

Сборные железобетонные конструкции в зимний период монтируются теми же методами, что и летом. Марки и состав раствора и бетона, которые необходимы при монтаже сборных конструкций, предварительно рассчитываются.

В процессе изготовления железобетонных конструкций объектов электростанции, для обеспечения условий твердения бетона необходимо использовать различные методы обеспечения температур выше 10°С: в частности, обогрев с помощью электрических нагревателей, включая накрывание поверхности бетонных конструкций и другие способы [6]. А

также в процессе проектирования состава бетона необходимо применять расчетное количество противоморозных добавок, не содержащих включения хлора.

При бетонировании железобетонных конструкций, в мерзлых грунтах необходимо учитывать значительный температурный перепад между бетоном и застывшей землей, что может привести к неравномерности затвердевания конструкции [7]. Если температура укладываемой бетонной смеси выше 10°C , то необходимо перед ее укладкой распределить слой кварцевого песка для предотвращения резкого градиента температур, который может привести к усадке и трещинообразованию бетона. Предварительно на замороженный песок укладывают гидроизоляцию, а затем распределяют бетонную смесь.

Для получения проектной прочности бетона в возрасте 28 суток после укладки смеси применяют, в основном, электропрогрев. Класс бетона по прочности на сжатие без использования многофункциональных присадок-ускорителей, при этом, должен быть не менее В35.

В случае укладки бетонной смеси на мерзлый грунт используют противоморозные добавки в количестве не более 1,5 % от массы вяжущего (портландцемента) во избежание размораживания грунта.

Для получения бетонов классов В35 и выше, применяемых в несущих конструкциях фундаментов и других элементов при строительстве Полярной газотурбинной электростанции, могут быть использованы бетоны [8-10]. Однако они имеют недостаточно высокие параметры прочности, плотности и морозостойкости. Для повышения указанных характеристик предлагается бетонная смесь, включающая портландцемент, гранитный заполнитель, кварцевый песок и воду, кроме этого, дополнительно содержит суперпластификатор «СП-4», а также шлам в виде отхода трубного производства.

В качестве вяжущего был использован бездобавочный портландцемент марки ПЦ М500 Д0-Н. Крупный заполнитель представлял собой гранитный щебень различных фракций.

Кварцевый песок подбирался вместе со шламом в соотношении 1:1. Отход трубного производства в виде шлама имеет в своем составе оксиды железа, марганца, кремния и других химических элементов, что положительно влияет на механические характеристики бетона. Использование шлама в качестве мелкого заполнителя в бетонных смесях способствует повышению плотности смеси и утилизации промышленных отходов, не требующих дополнительной обработки.

Для упрочнения структуры на микро- и наноуровнях использовался суперпластификатор «СП-4». Эта добавка является высокоэффективным суперпластификатором для бетонов и растворов. Указанная водорастворимая добавка в виде жидкости желтоватого цвета с плотностью до $1,1 \text{ г/см}^3$ обладает высокими водоредуцирующими (до 35 %) и пластифицирующими свойствами за счет поверхностной абсорбции и повышенной смачиваемости частиц цемента в процессе взаимодействия вяжущего с водой. При этом ускоряются процессы гидратации, уплотнения и набора максимальной прочности бетона, а также снижаются усадочные деформации и увеличивается коррозионная стойкость после затвердевания смеси. Дозировка суперпластифицирующей добавки «СП-4» в заданных пределах позволяет сократить расход дорогостоящего вяжущего за счет снижения водоцементного отношения при сохранении заданной подвижности смеси, а также увеличения плотности, достижения высокой конечной прочности и морозостойкости бетона.

Технология приготовления бетонной смеси.

Для повышения реакционной способности смеси, первоначально производят растворение в воде суперпластифицирующей добавки с помощью

ультразвука в течение 3-х минут. Полученный водный раствор вводят в заранее перемешанные сухие компоненты смеси портландцемента, крупного заполнителя, кварцевого песка и шлама.

По окончании твердения в естественных условиях осуществляли испытания отформованных образцов на прочность и морозостойкость.

Для испытаний были отобраны три оптимальных состава бетона, у которых определялись характеристики прочности на сжатие и изгиб.

Полученные результаты испытаний сравнивались с подобными характеристиками известных составов бетонов (см. табл.).

Таблица

Составы бетона	Прочность на сжатие, МПа	Прочность на изгиб, МПа	Марка по морозостойкости
№1	56,6	6,2	350
№2	62,5	7,15	400
№3	65,9	8,2	400
Известный состав [8]	50,34-56,16	6,0-7,1	300-400

В результате анализа проведения испытаний установлено, что предлагаемый состав бетона с использованием отхода трубного производства в виде шлама, а также суперпластификатора «СП-4», показал увеличение прочности на сжатие и изгиб на 15 % по отношению к известному составу [8]. При этом марка бетона по морозостойкости также оказалась высокой и составила 400 циклов попеременного замораживания и оттаивания.

Выводы. При строительстве несущих конструкций фундаментов и других железобетонных элементов, эксплуатируемых в условиях Заполярья, необходимо использовать бетонные смеси с необходимой подвижностью, замедленным схватыванием и высокой конечной прочностью и морозостойкостью после процесса твердения. Этим требованиям, в большой степени, соответствует предлагаемый состав бетона, который показал высокие параметры прочности и морозостойкости.

Литература

1. Панасюк Л.Н., Акопян В.Ф., Акопян А.Ф., Хо Чантха Новые виды свай ГОУ ВПО Ростовский государственный строительный университет Ростов-на-Дону. // Инженерный вестник Дона. 2011. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2011/437
2. Nixon J., Neukirchner R.(1984), Design of vertical and laterally loaded piles in saline permafrost, Proceedings of the 3rd International Specialty Conference on Cold Regions Engineering; 1984. pp. 1-6.
3. Жур В.Н. Определение несущей способности в грунтовых условиях II типа по просадочности свай по фоновым материалам полевых испытаний свай статической нагрузкой // Инженерный вестник Дона. 2013. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2144
4. Xu J., Goering D.J.(2008), Experimental validation of passive permafrost cooling systems, Cold Regions Science and Technology, 53(3): 283-297.
5. Zhang J., Qu G., Jin H.(2010), Estimates on thermal effects of the China-Russia crude oil pipeline in permafrost regions, Cold Regions Science and Technology 64(3): pp. 243-247.
6. Heuer C., Long E., Zarling J.(1985), Passive techniques for ground temperature control, Thermal Design Considerations in Frozen Ground Engineering, T. G. Krzewinski and R. G. Tart, Jr. (eds.), American Society of Civil Engineers, New York, N.Y., U.S.A., 1985. pp. 72-154.
7. Miller D.L., Johnson L. (1990), Pile settlement in saline permafrost: a case history, Proceedings, 5th Canadian Permafrost Conference. Quebec City, Quebec; pp. 371-378.
8. Перфилов В.А., Зубова М.О., Неизвестный Д.Л. Бетонная смесь // Патент на изобретение № 2480428, опубл. 27.04.2013 г., Бюл. № 12. URL: freepatent.ru/patents/2480428.



9. ТИХОНОВ А.Д., РЯБОВ Г.Г., РЯБОВ Р.Г. Бетонная смесь //Патент на изобретение РФ № 2668600, опубл. 02.10.2018 г., Бюл. № 28. yandex.ru/patents/doc/RU2668600C1_20181002.

10. Перфилов В.А., Зубова М.О Мелкозернистые базальтофибробетоны // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2014. № 38 (57). С. 85-93.

References

1. Panasyuk L.N., Akopyan V.F., Akopyan A.F., Kho Chantkha. Inzhenernyj vestnik Dona. 2011. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2011/437

2. Nixon J., Neukirchner R. 1984. Proceedings of the 3rd International Specialty Conference on Cold Regions Engineering; 1984. pp. 1-6.

3. Zhur V.N. Inzhenernyj vestnik Dona. 2013. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2144

4. Xu J., Goering D.J.(2008), Experimental validation of passive permafrost cooling systems, Cold Regions Science and Technology, 53(3): 283-297.

5. Zhang J., Qu G., Jin H.(2010), Estimates on thermal effects of the China-Russia crude oil pipeline in permafrost regions, Cold Regions Science and Technology 64(3). pp. 243-247.

6. Heuer C., Long E., Zarling J.(1985), Passive techniques for ground temperature control, Thermal Design Considerations in Frozen Ground Engineering, T. G. Krzewinski and R. G. Tart, Jr. (eds.), American Society of Civil Engineers, New York, N.Y., U.S.A., 1985. pp. 72-154.

7. Miller D.L., Johnson L. (1990), Pile settlement in saline permafrost: a case history, Proceedings, 5th Canadian Permafrost Conference. Quebec City, Quebec; pp. 371-378.



8. Perfilov V.A., Zubova M.O., Neizvestny`j D.L. Betonnaya smes` [concrete mix]. Patent na izobretenie № 2480428, opubl. 27.04.2013. Byul. № 12. URL: freepatent.ru/patents/2480428.
9. Tikhonov A.D., Ryabov G.G., Ryabov R.G. Betonnaya smes` [concrete mix] Patent na izobretenie RF № 2668600, opubl. 02.10.2018. Byul. № 28. yandex.ru/patents/doc/RU2668600C1_20181002.
10. Perfilov V.A., Zubova M.O. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel`nogo universiteta. Seriya: Stroitel`stvo i arkhitektura. 2014. № 38 (57). pp. 85-93.