

## Эффективные конструкции поверхностных фундаментов

**Татьяна Трухина**, ведущий инженер  
НИЛКЭС ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»

При строительстве и эксплуатации ВЛ в районах Западной Сибири и Крайнего Севера серьезной проблемой является морозное пучение.

Свайные фундаменты достаточно широко применяются в этих районах в виду их меньшей материалоемкости. Однако все сваи в условиях оттаивающих вечномерзлых, сильно- и чрезмернопучинистых грунтов подвергаются воздействию сил морозного пучения. При недостаточной глубине погружения свай (недостатке сил, удерживающих сваю в грунте) происходит их подъем и при определенных сочетаниях деформаций опор и фундаментов – падение опор даже при ветровых нагрузках, не превышающих расчетные, рис. 1.



Рис. 1. Опора на свайном фундаменте

Поиски решения проблемы идут в двух направлениях: разработка и апробация вариантов противопучинистых свай и перестановка опор со свайных фундаментов на поверхностные.

Специалистами НИЛКЭС в рамках рекомендаций по повышению надежности ВЛ 35-220 кВ разработаны чертежи противопучинистых свай и выполнен сравнительный анализ несущей способности различных типов свай на базе методики расчета касательных сил морозного пучения и сил, удерживающих сваи от выпучивания с учетом формы сечения и наличия противопучинистых покрытий.

В настоящее время службы эксплуатации АО «Тюменьэнерго» в целях борьбы с морозным пучением на действующих ВЛ выполняют замену свайных фундаментов на поверхностные, которые поднимаются при пучении и опускаются при оттаивании вместе с поверхностью грунта.

Однако не все конструкции поверхностных фундаментов одинаково эффективны. Для обеспечения работы башенных опор в расчетных режимах требуется сохранение всех точек опирания опоры на фундаменты в одной плоскости. При отсутствии проблем с пучением это достигается при установке опор. В отдельных случаях используются выравнивающие прокладки. Допуски на отклонение отметок фундаментов между собой достаточно жесткие – не более 1,5 мм. В случае пучинистых грунтов для соблюдения этих требований разработаны типовые решения поверхностных фундаментов, имеющих три точки опирания на землю. Три точки всегда находятся в одной плоскости. Поэтому такие конструкции при любых подвижках грунтов гарантируют нахождение всех четырех башмаков опоры в одной плоскости, а значит работу всех поясов опор в расчетных режимах.

Схемы используемых в настоящее время в АО «Тюменьэнерго» фундаментов представляют собой два параллельных плота из железобетонных свай, объединенных между собой балками при помощи металлических хомутов. На этих балках организованы места для установки ног опоры (рис. 2). Фундаменты имеют четыре точки опирания на грунт.

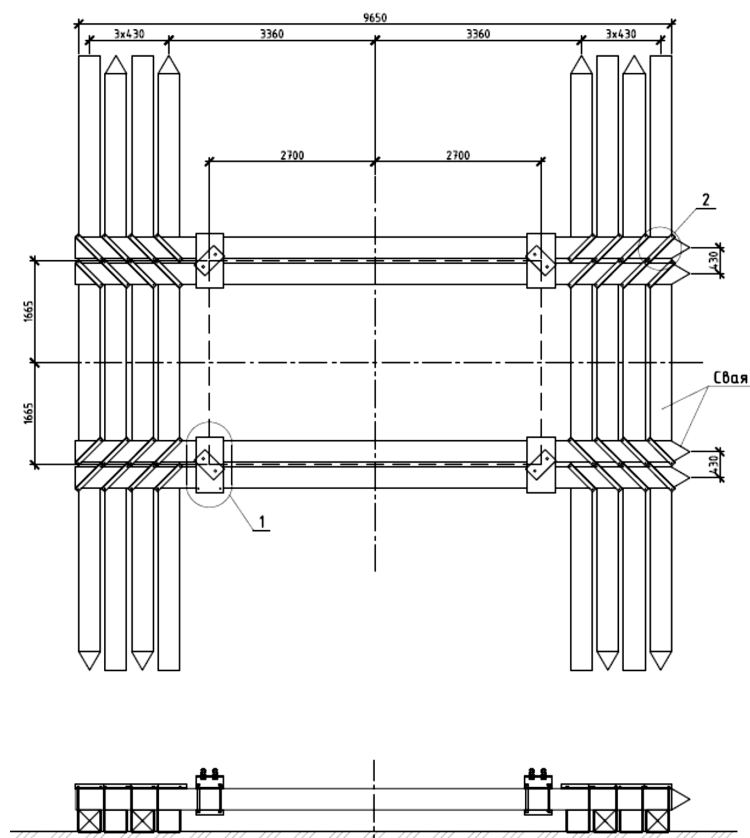


Рис. 2. Фундамент ЛФ-220\*10М под опору П220-2

Конструкция такого фундамента является геометрически изменяемой: при подъеме или просадке грунта под одним углом плоскость нарушается, при проектной установке проходящая через четыре точки опирания опоры на фундамент. При возникновении даже незначительной разности отметок между точками опирания опоры появляются дополнительные (не расчетные) усилия в поясах, которые могут привести к потере устойчивости и падению опоры (рис. 3).

Расчеты фундамента такого типа, установленного под опору П220-2, при подвеске провода АС240/32 и троса ТК-70 проведены с учетом требований норм, действующих на момент разработки типовой опоры – ПУЭ-4. Для обеспечения устойчивости опоры (расчет на опрокидывание) достаточно использования плотов из четырех свай.

Однако, падения опор зачастую происходят не из-за опрокидывания фундаментов, а из-за обрушения конструкции самой опоры.





Рис. 3. Падение опоры, закрепленной на поверхностном фундаменте с четырьмя точками опирания

При вертикальных подвижках фундамента, выполненного по схеме, представленной на рис. 2, оказывается перегруженным один из поясов опоры. Расчеты опоры, выполненные в программе SCAD, показали, что потеря устойчивости поясного уголка происходит уже при смещении точки опирания ноги опоры на 33 мм в безветренных условиях. А при воздействии на опору максимального ветра ( $W_0=400$  Па), направленного под углом 45 градусов к оси ВЛ, разность отметок точек опирания опоры не должна превышать 15 мм. Эксплуатация такой конструкции требует тщательного контроля разности отметок точек опирания опоры и компенсации малейших превышений стальными подкладками под башмаки опоры, что ставит под сомнение надежность их применения в отдаленных и труднодоступных северных районах страны.

Решение проблемы закрепления опор на пучинистых грунтах с использованием поверхностных фундаментов при строительстве новых ВЛ было найдено давно. В типовом проекте №9570тм-т4, выполненном НИЛКЭС в 1980 году, для серии типовых решетчатых опор ВЛ 35 и 110 кВ разработаны поверхностные фундаменты с трехточечным опиранием на грунт. При данной конструкции даже значительная неравномерность подъема при пучении отдельных фундаментных блоков не вызывает дополнительных усилий в конструкции опоры за счет того, что при трехточечном опирании фундамента на грунт все четыре опорных башмака опоры всегда находятся в одной плоскости.

Эта идеология (опирание четырех ног башенных опор на три поверхностных фундамента) давно и обоснованно используется в проектах унифицированных поверхностных фундаментов; существуют специальные металлические переходники (фермы или балки) с четырех точек опирания типовых опор на три фундамента (типовой проект № 9596тм-т1).

Решение вопроса пучения свайных фундаментов опор, находящихся в эксплуатации, может быть найдено при использовании специальной методики перестановки проблемных опор со свай на поверхностные фундаменты, имеющие три точки опирания на грунт (рис. 4).

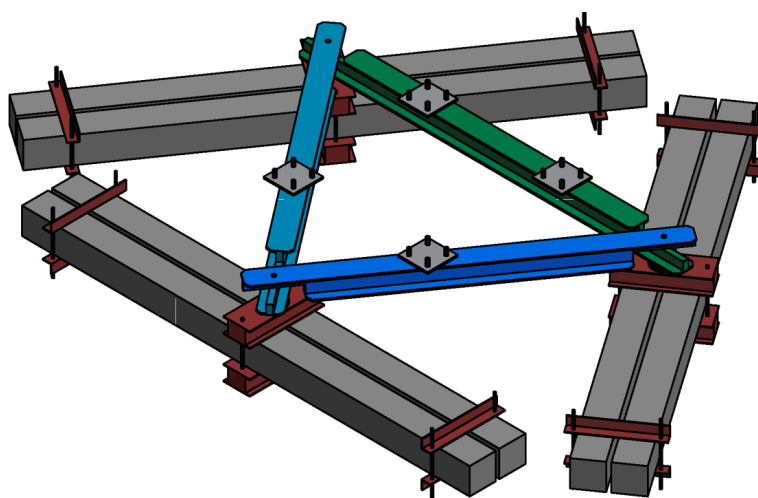


Рис. 4. Поверхностный фундамент ФП1800-6х6,  
база опоры – 1800х1800 мм

Для сокращения трудозатрат и стоимости перестановки опор на новые фундаменты специалистами НИЛКЭС предложена методика, которая позволяет выполнить замену фундамента без демонтажа проводов, тросов и самой конструкции опоры.

Аналогичная технология (без снятия проводов) разработана и активно используется при перестановке опор на оттяжках для ВЛ 500 кВ в районах Западной Сибири уже с 2005 года. Решение для перестановки опор башенного типа предложено для объектов АО «Тюменьэнерго» в 2018 году.

Последовательность работ при перестановке решетчатых опор на поверхностные фундаменты:

1. Выложить фундаментные блоки поверхностного фундамента (Рис. 5-а);
2. Освободить два башмака опоры от крепления к сваям, установить на них типовые шарниры;
3. Ослабить болты в двух оставшихся башмаках, повернуть опору на шарнирах относительно оси траверс (Рис. 5-б);
4. Срезать выступающие над землей части освобожденных свай;
5. Установить первую балку под ноги опоры, закрепить её на фундаментных блоках (Рис. 5-в);
6. Опустить опору на балку поверхностного фундамента и закрепить её при помощи типовых шарниров;
7. Демонтировать ранее используемые шарниры;
8. Повернуть опору на шарнирах относительно оси траверс (Рис. 5-г);
9. Срезать выступающие над землей части освобожденных свай;
10. Закрепить на фундаментных блоках вторую и третью балку поверхностного фундамента (Рис. 5-д)
11. Опустить опору на фундамент, закрепить башмаки и демонтировать шарниры (Рис. 5-е).



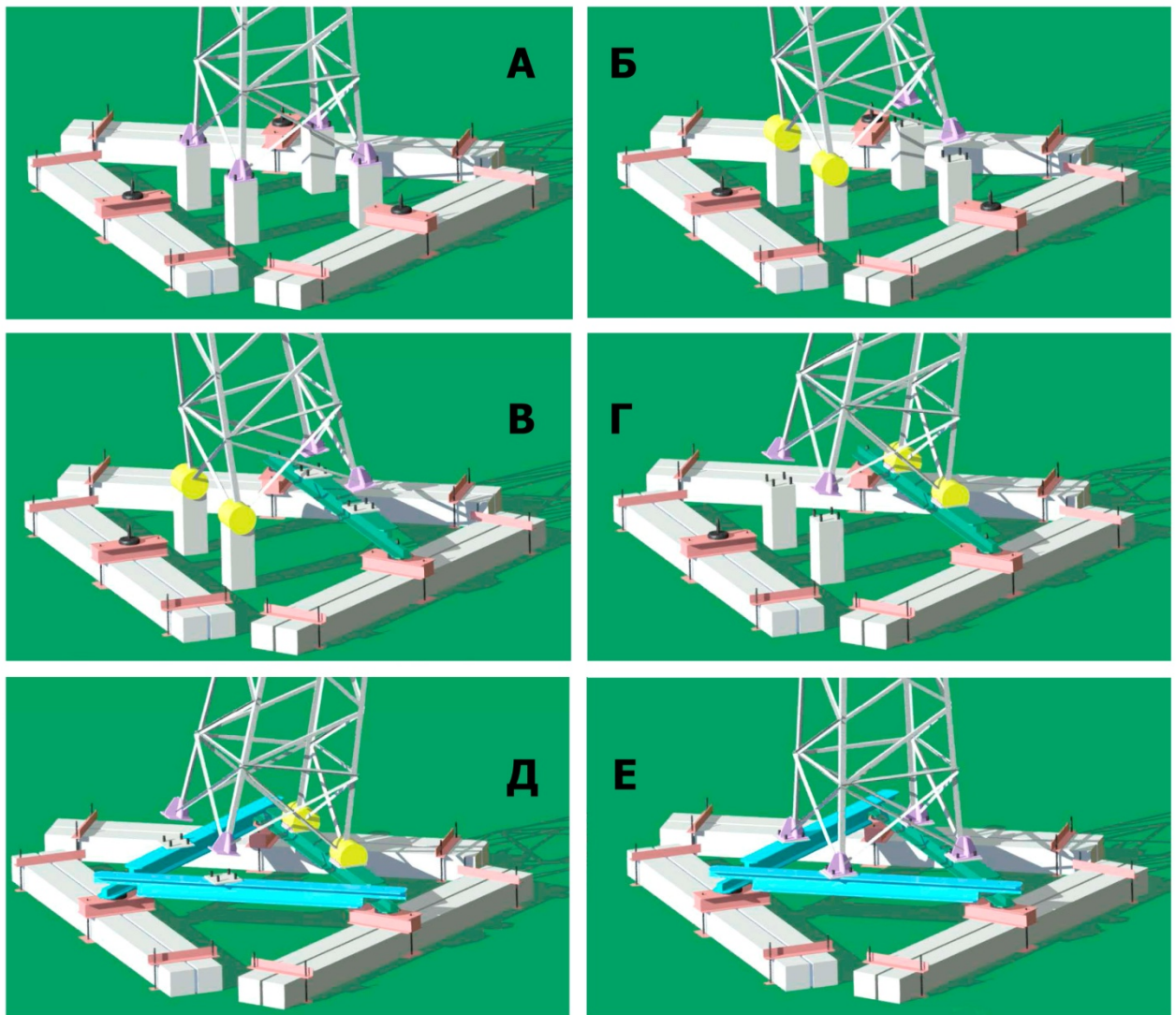


Рис. 5. Последовательность работ при перестановке решетчатых опор на поверхностные фундаменты

Для каждого типоразмера опоры с учетом прочностных характеристик подстилающего грунта можно подобрать необходимую площадь опирания блоков фундамента и подобрать металлические балки необходимой прочности.

Вывод:

Для типовых конструкций опор, наиболее часто встречающихся на объектах АО «Тюменьэнерго», целесообразно разработать эффективные конструкции поверхностных фундаментов (в том числе и металлических балок) с трехточечным опиранием на грунт. При этом необходимо использовать для организации плотов железобетонные сваи, имеющиеся в резерве у служб эксплуатации.