

29 июня – 01 июля

Проект замены типовой опоры ВЛ 220 кВ на лавиноустойчивую для нужд Камчатскэнерго

Касаткин Сергей Петрович

e-mail: kasatkin_sergey@mail.ru

Воздействия снежных лавин:

- ударное воздействие воздушной волны;
- ударное воздействие тела снежной лавины.

Безаварийная работа ВЛ возможна путём решения одной из следующих задач:

- защита опоры от тела лавины противолавинными сооружениями, при проектировании опоры, устойчивой к воздействию воздушной волны;
- проектирование опоры, устойчивой к воздействию воздушной волны и тела лавины.

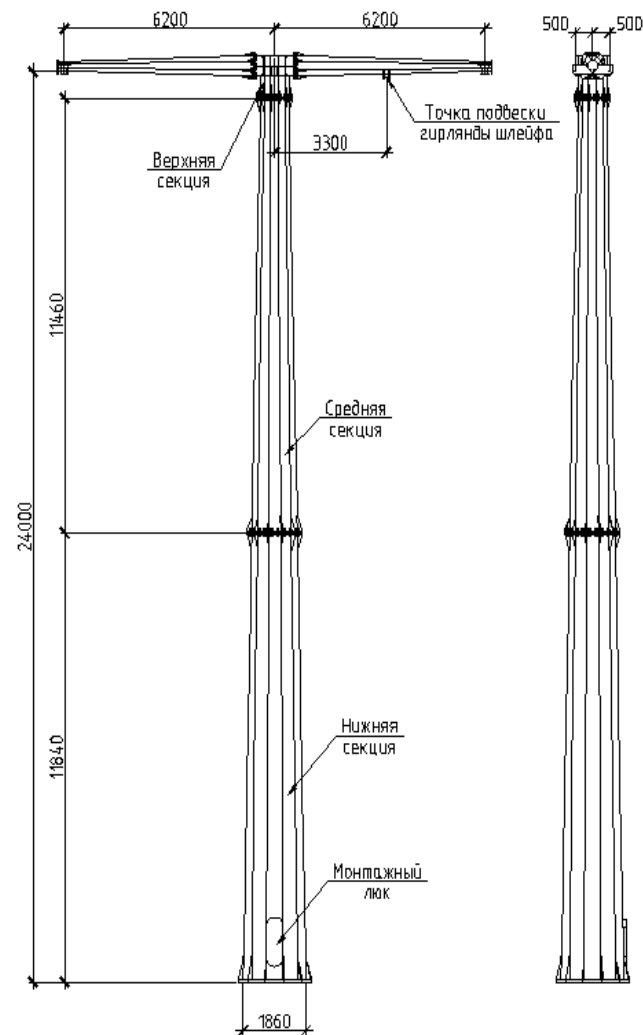
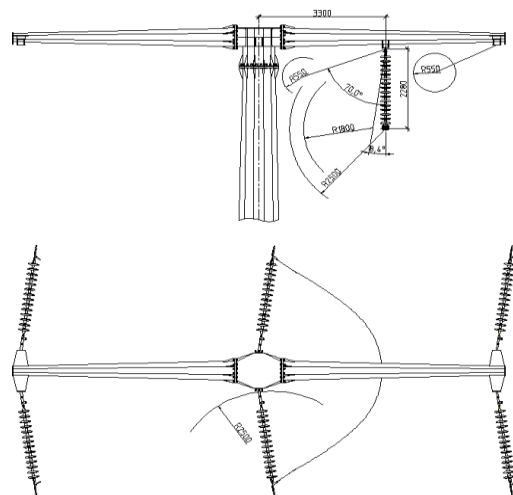
Специальные опоры, конструкции которых устойчивы к воздействию снежных лавин, не разрабатывались.



В рамках НИОКР по разработке опоры и фундамента к ней устойчивых к воздействиям снежных лавин НИЛКЭС была решена задача разработки специальных конструкций анкерно-угловой опоры УМ220-1Л из многогранного профиля.

Масса опоры в цинке с ограждающими конструкциями составляет 20,3 т

Нагрузки на фундамент:
 $M=2247 \text{ тс}\cdot\text{м};$
 $N=83 \text{ тс};$
 $Q=242 \text{ тс}.$



Расчётные режимы

статическое
моделирование

Режим I – Нормальный режим. Максимальный ветер, направленный под углом 90^0 к оси ВЛ, гололёд отсутствует, провода и тросы не оборваны.

Режим II – Нормальный режим. Максимальный гололёд, ветер при гололёде, направленный под углом 90^0 к оси ВЛ, провода и тросы не оборваны.

Режим III – Монтажный режим. Ветер 50 Па. Гололёд отсутствует.

Режим IV – Аварийный режим. Ветер и гололёд отсутствуют. Оборван провод крайней фазы.

динамическое
моделирование

Режим V – Особый режим. Сейсмика 9 баллов. Нагрузки нормальных режимов с коэффициентом $\Psi=0,8$.

Режим VI – Особый режим. Воздействие снежной лавины. Нагрузки нормальных режимов с коэффициентом $\Psi=0,8$.

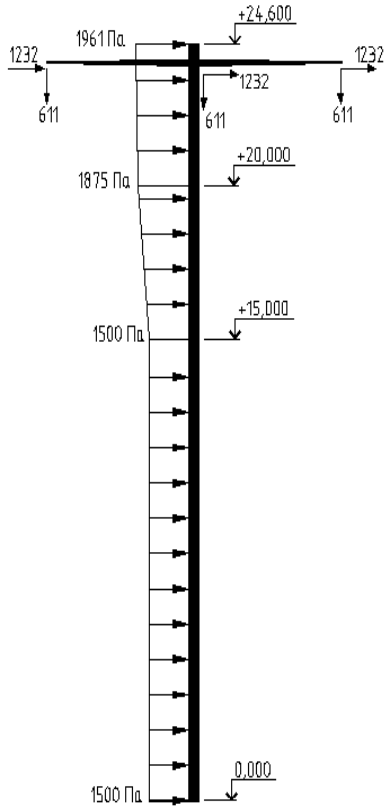
Моделирование испытаний методом конечных элементов включает следующие этапы:

- 1. Разработка трехмерной твердотельной компьютерной модели опоры:**
 - задание геометрических характеристик.

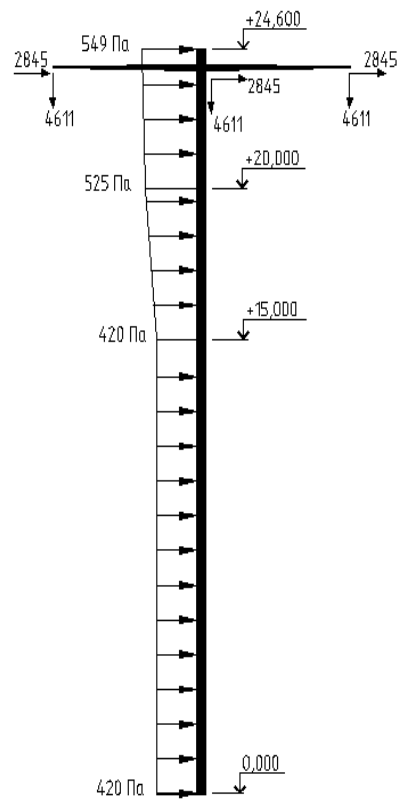
- 2. Моделирование натурных испытаний:**
 - задание физических характеристик материалов;
 - задание нагрузок и точек их приложения (для динамического моделирования – в зависимости от времени);
 - описание условий закрепления опоры с фундаментом и элементов опоры между собой;
 - разбиение модели сеткой конечных элементов;
 - проведение расчетов;

- 3. Интерпретация результатов:**
 - полученные в результате расчётов напряжения, перемещения, усилия сравниваются с допустимыми значениями в соответствии с СП 16.13330.2011 «Стальные конструкции».

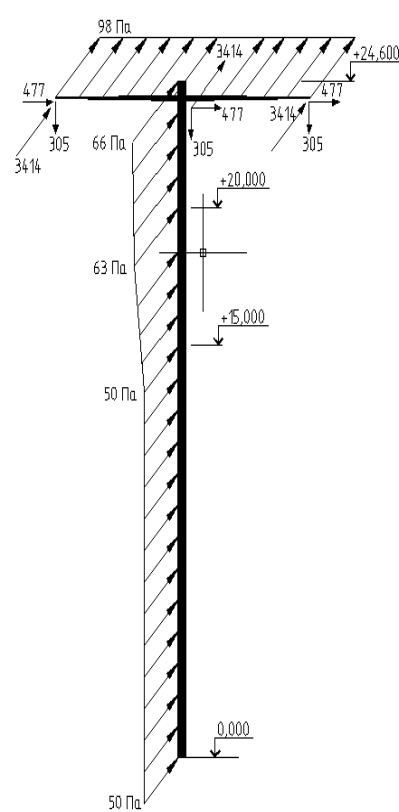
Схемы статического нагружения опоры



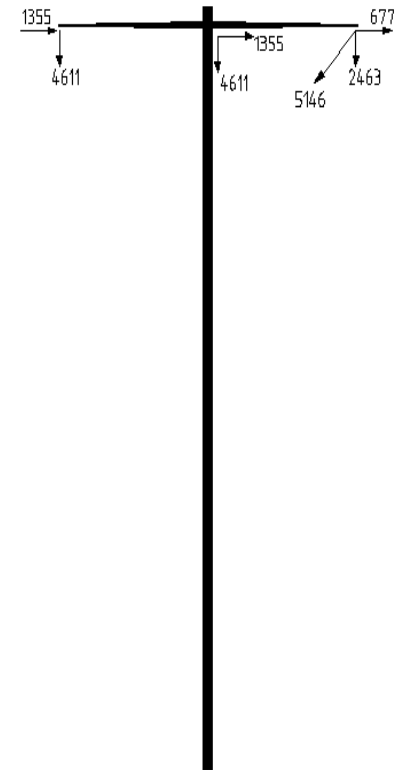
I
Нормальный,
макс. ветер



II
Нормальный,
макс. гололёд

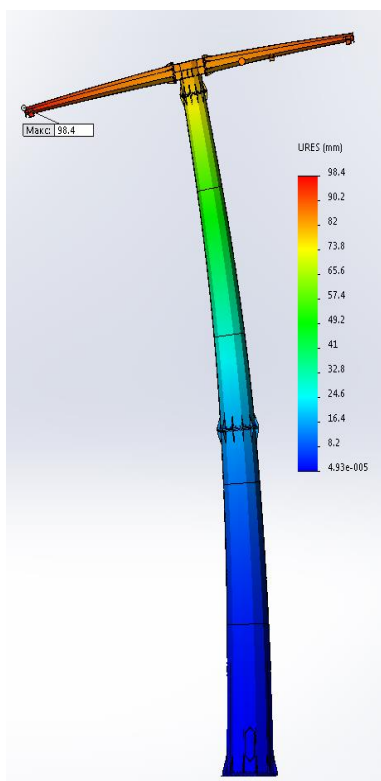


III
Монтажный

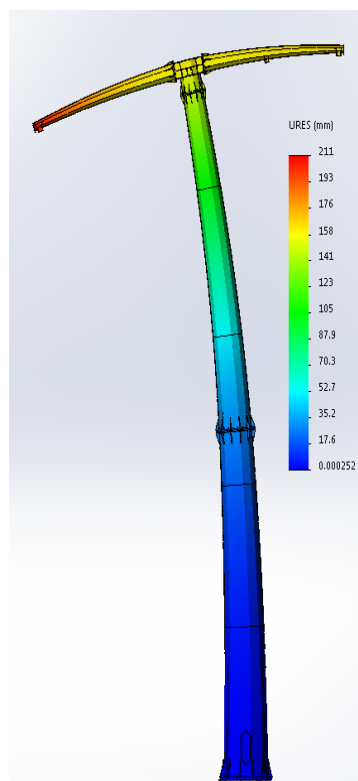


IV
Аварийный

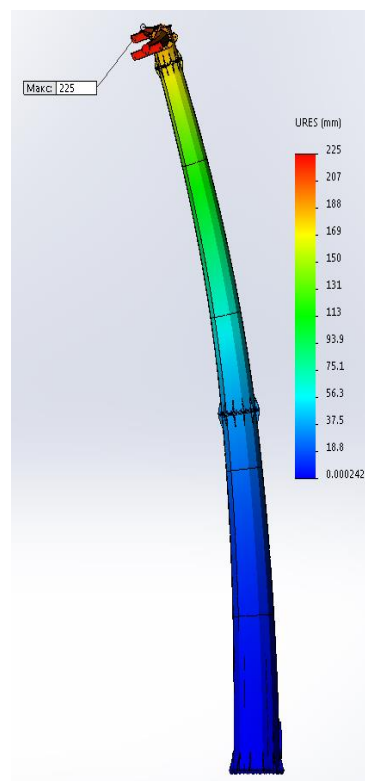
Перемещения



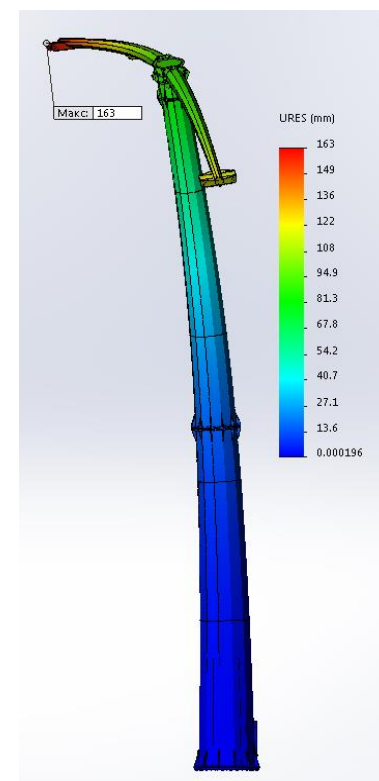
I
Нормальный,
макс. ветер



II
Нормальный,
макс. гололёд

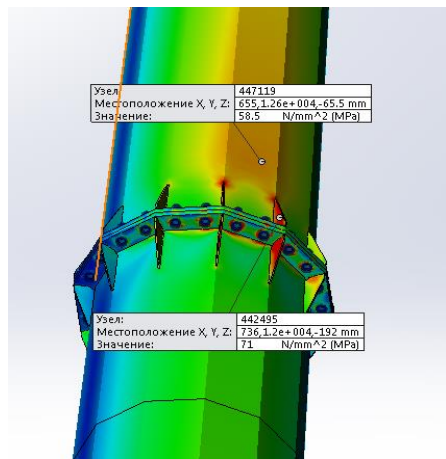


III
Монтажный



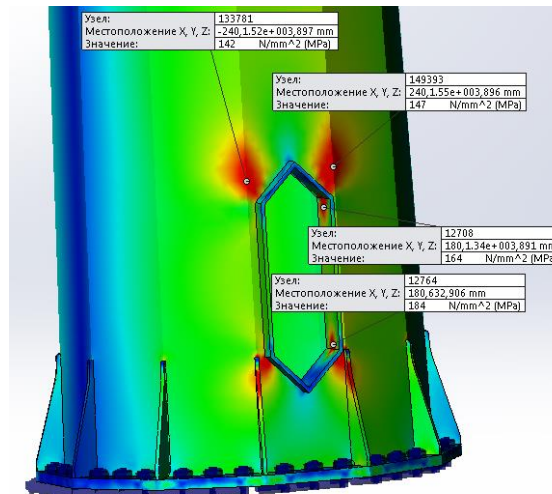
IV
Аварийный

Максимальные напряжения по Мизесу



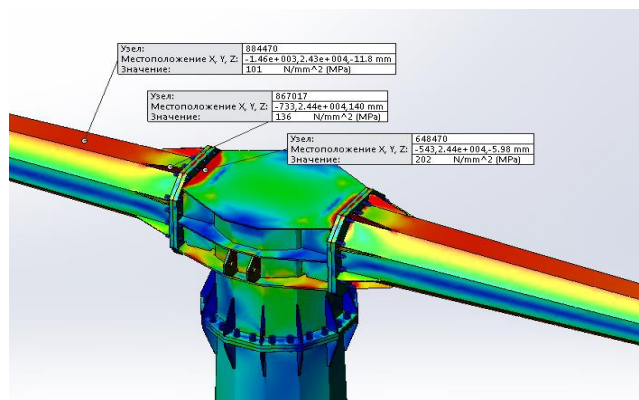
I

Нормальный,
макс. ветер



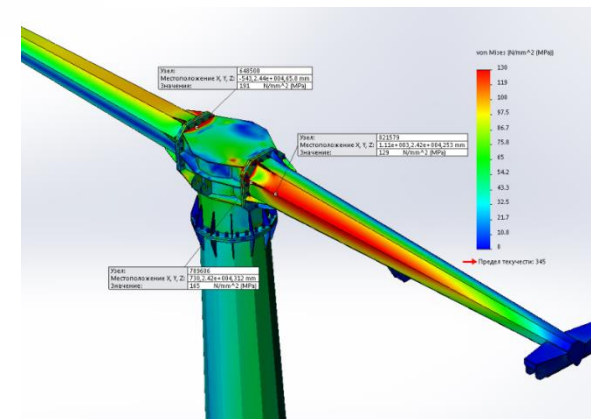
III

Монтажный



II

Нормальный,
макс. гололёд



IV

Аварийный

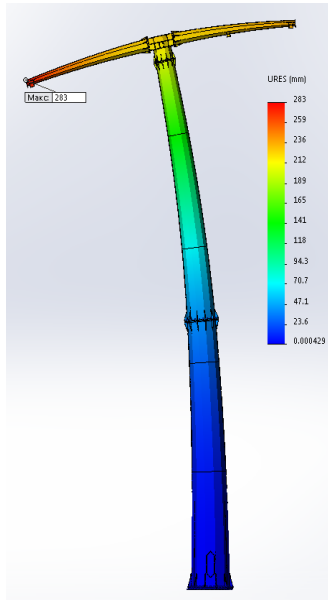
Результаты статического моделирования

	Перемещения максимальные, мм	Перемещения вдоль провода, мм	Напряжения по Мизесу, МПа	Главные напряжения, МПа	Касательные напряжения, МПа
Режим I	98,4	12,8	71,6	90	29
Режим II	211	27,5	202	133	52
Режим III	225	-	212	232	45
Режим IV	163	-	191	207	73
Допускаемое значение рассматриваемого параметра	-	252	372	324	188

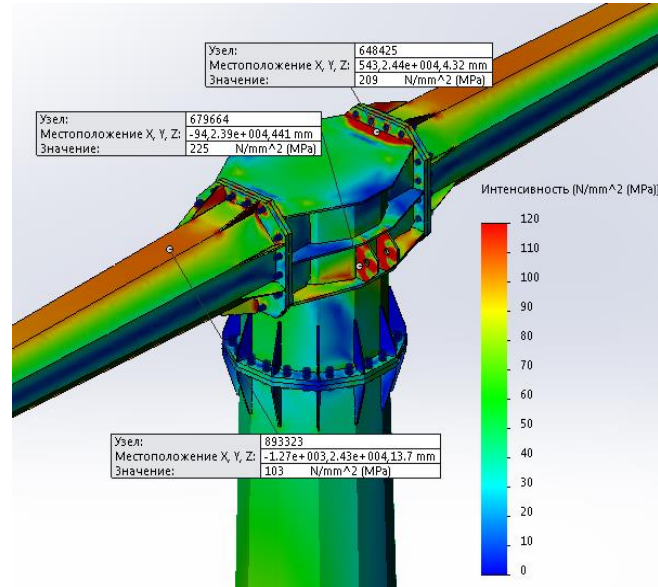
Прочность и деформативность опоры в режимах I-IV обеспечены.

Результаты расчетов сейсмического воздействия

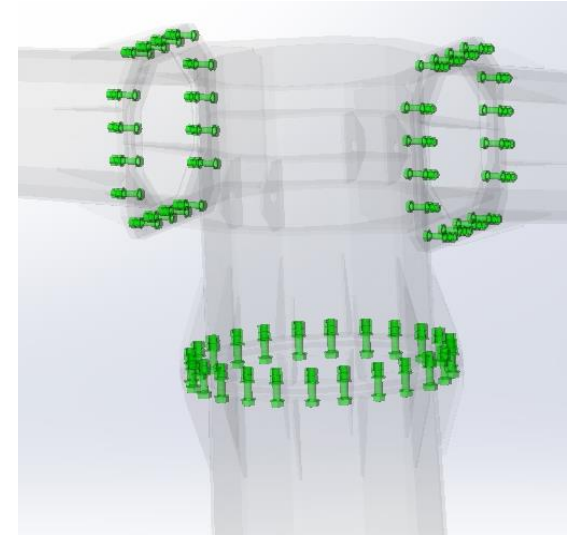
Перемещения



Напряжения



Проверка болтов



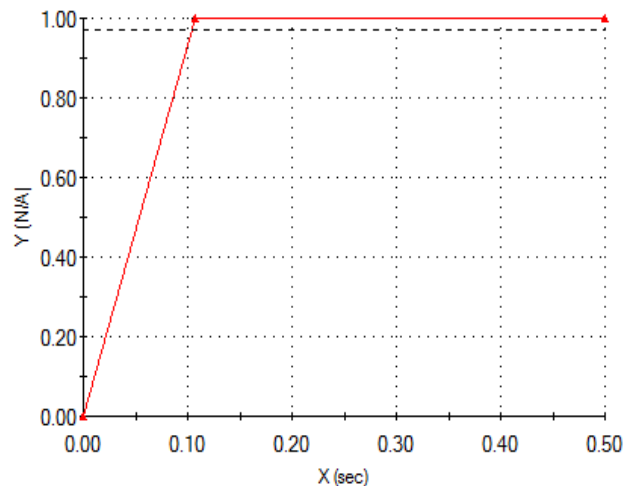
	Перемещения максимальные, мм	Напряжения по Мизесу, МПа	Главные напряжения, Мпа	Касательные напряжения, Мпа
Режим V	283	225	87,2	283
Допускаемое значение рассматриваемого параметра	-	372	324	188

Вывод: соответствует требованиям норм.

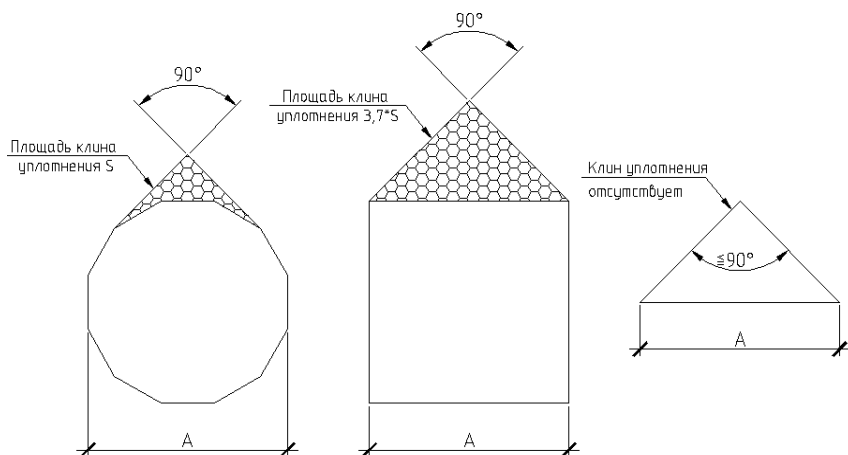
Режим VI. Воздействие снежной лавины

1. Выбор направления колебаний - вдоль оси траверс;
2. Время нарастания нагрузки ($T/4 = 0,107$ с);
3. Продолжительность рассматриваемого периода = 0,5 с;
4. Давление при ламинарном протекании = 23,2 т/м²;
5. Давление от лавины в момент удара = 188136 Па;

График возрастания интенсивности нагрузки во времени

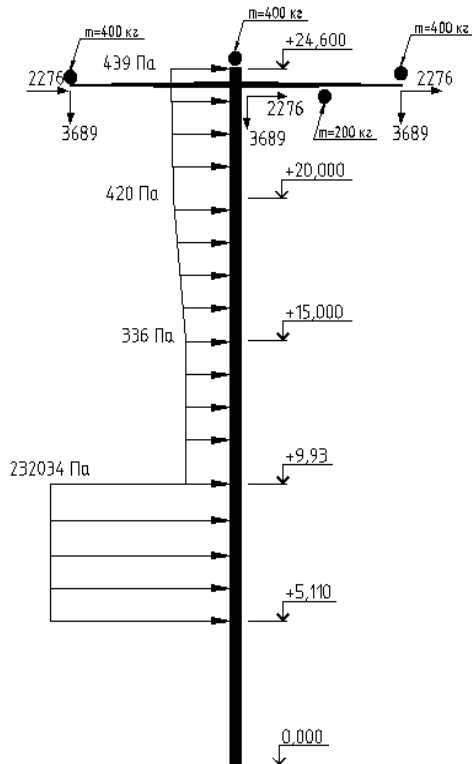


Формы клина уплотнения лавины перед преградой

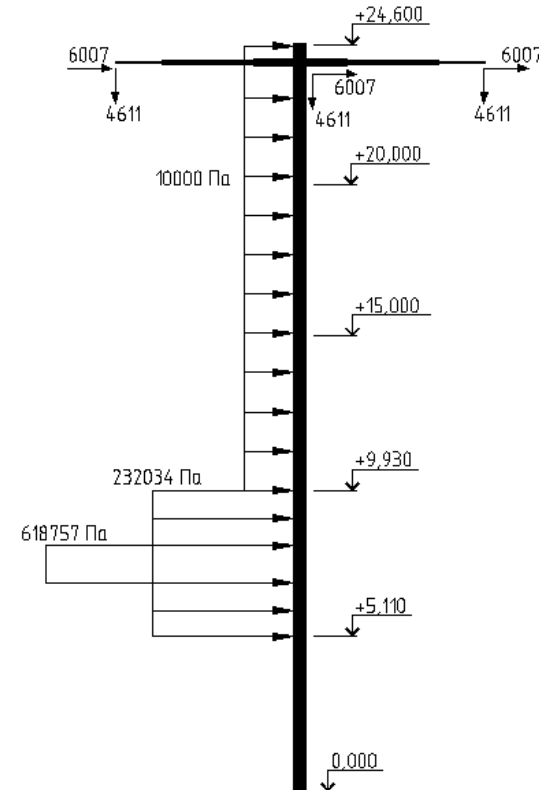


Схемы загрузки опоры при воздействии снежной лавины

- давление тела лавины;
- провода не оборваны;
- нагрузки нормального режима с коэффициентом 0,8;
- динамические массы от гирлянд.



- давление тела лавины;
- удар снежных глыб;
- удар воздушной волны;
- нагрузка на провода соответствует моменту обрыва.



Результаты расчетов воздействия снежной лавины

	Перемещения максимальные, мм	Напряжения по Мизесу, МПа	Главные напряжения, Мпа	Касательные напряжения, Мпа
Режим V	524	314	315	118
Допускаемое значение рассматриваемого параметра	-	372	324	188

Вывод: соответствует требованиям норм.

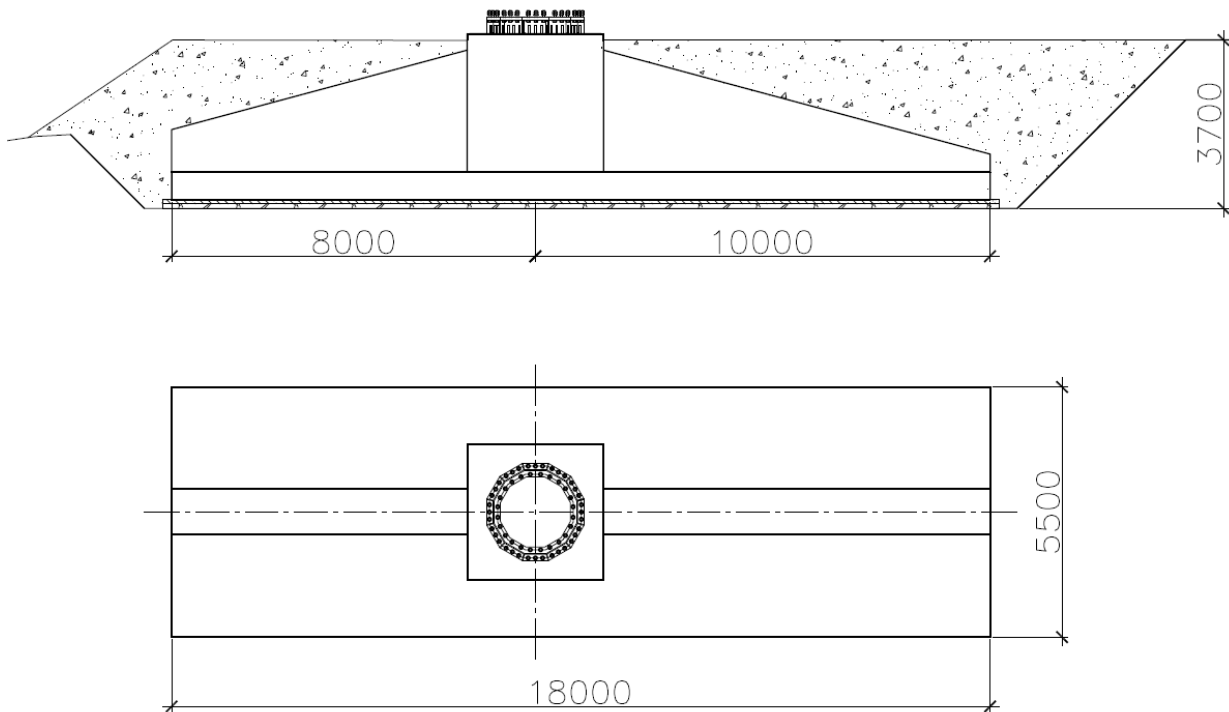
Нагрузки на фундамент:

$M=2247 \text{ тс*м}$;

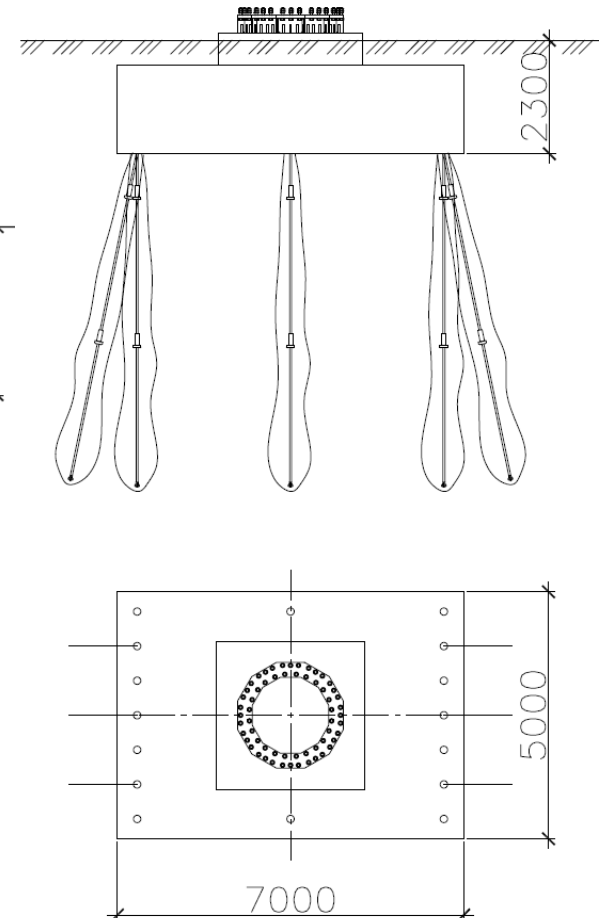
$N=83 \text{ тс}$;

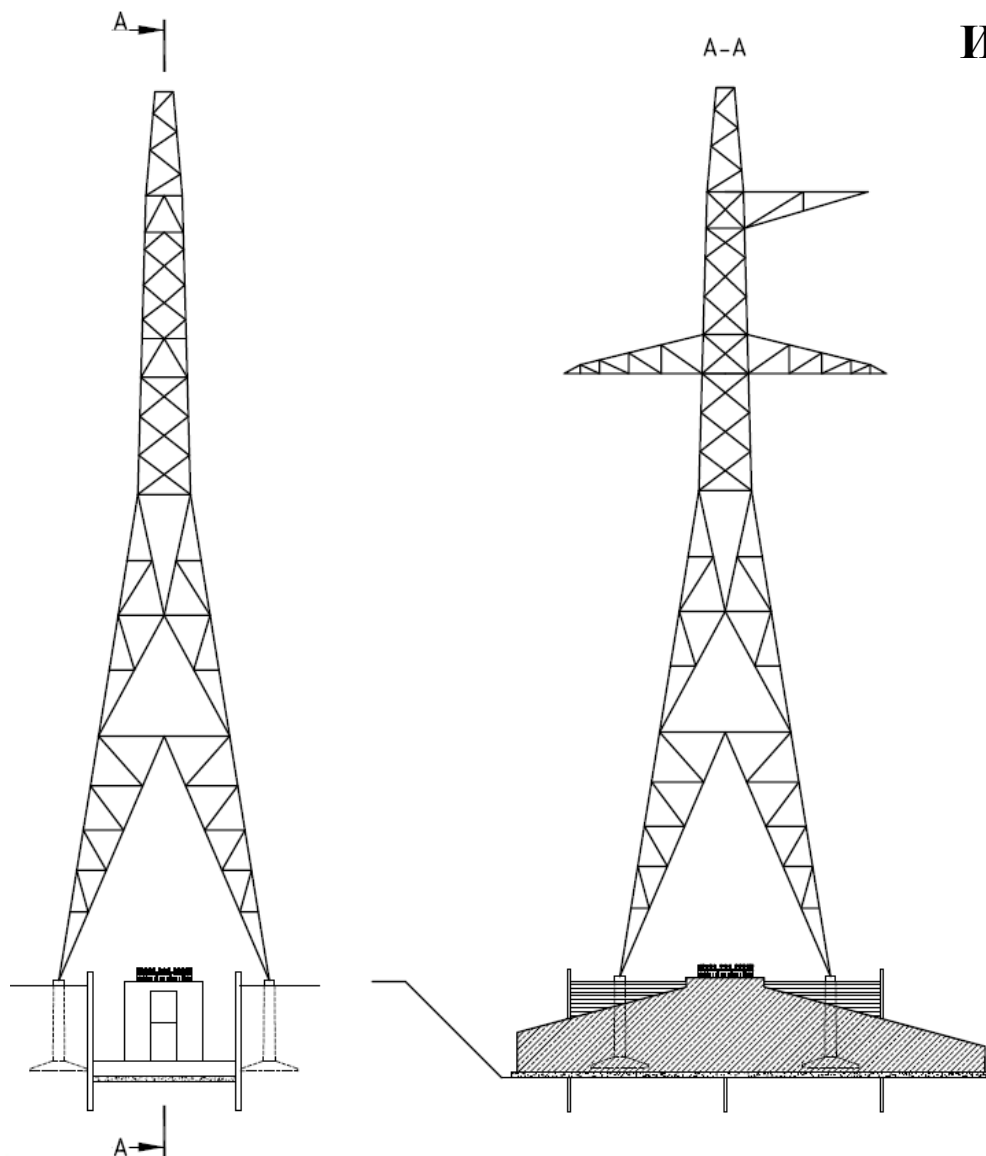
$Q=242 \text{ тс}$.

Монолитный фундамент мелкого заложения



Фундамент из буринъекционных свай с монолитным ростверком





Изготовление монолитного фундамента осуществляется без отключения существующей ВЛ 220 кВ.

Этапы:

1. Задавливание шпунта
2. Выемка грунта
3. Изготовление арматурного каркаса
4. Бетонирование
5. Демонтаж существующей опоры и фундаментов
6. Засыпка котлована
7. Монтаж многогранной опоры.
8. Бетонирование нижней секции опоры

