

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](mailto: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.

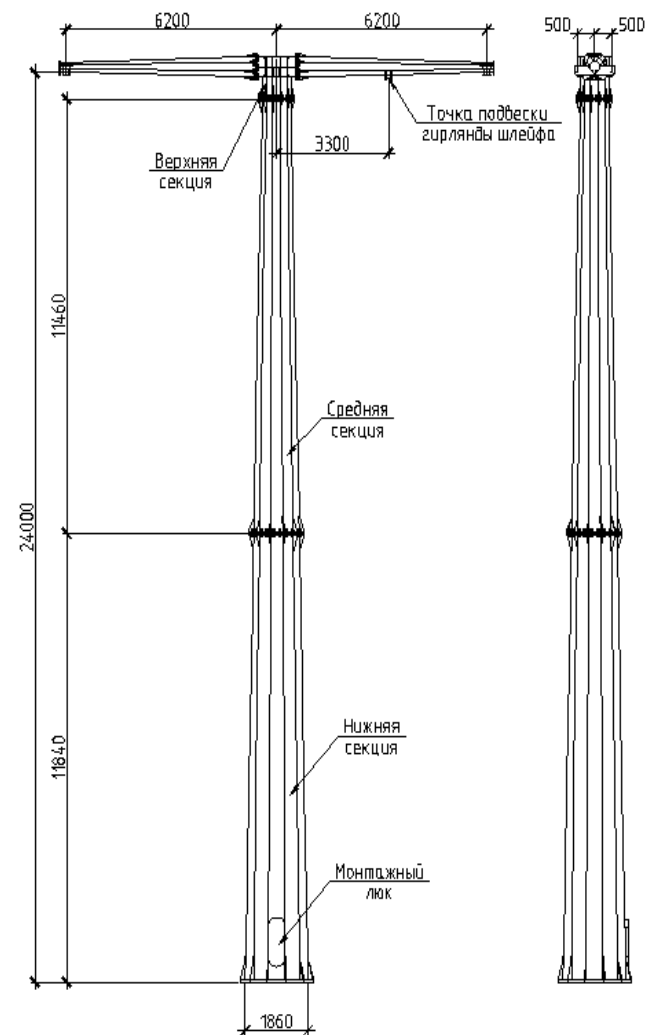
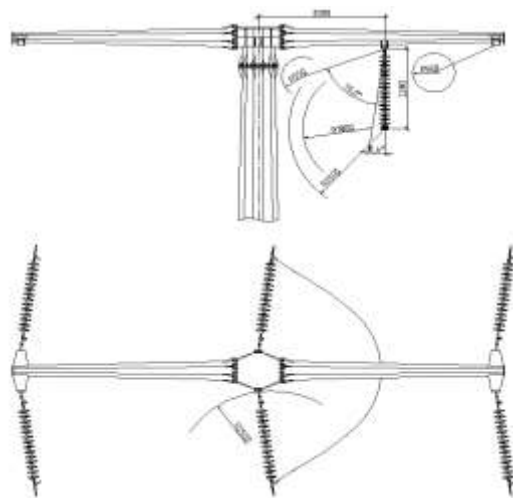
**Специальные опоры, конструкции которых устойчивы к воздействию снежных лавин, не разрабатывались.**



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

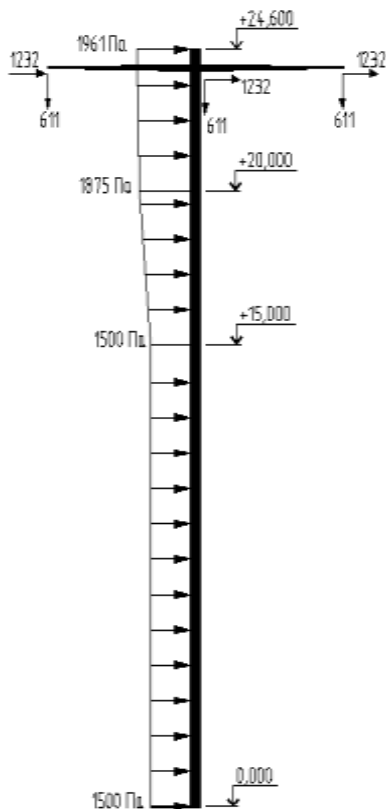
**Режим V** – Особый режим. Сейсмика 9 баллов. Нагрузки нормальных режимов с коэффициентом  $\Psi=0,8$ .

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

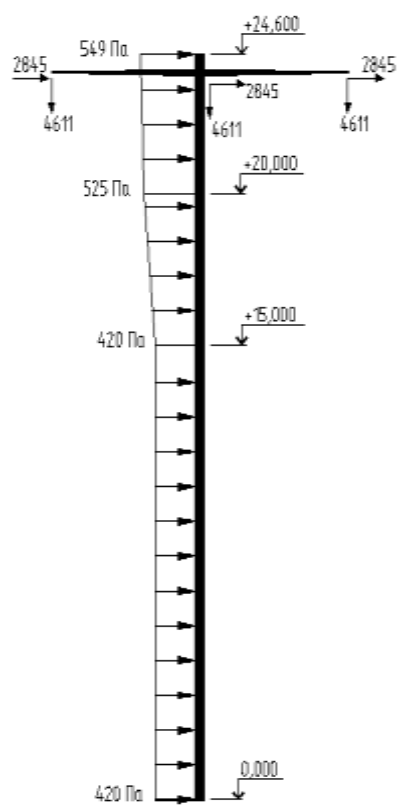
## **Моделирование испытаний методом конечных элементов включает следующие этапы:**

- 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 допускаемыми значениями в соответствии с СП 16.13330.2011 «Стальные конструкции».

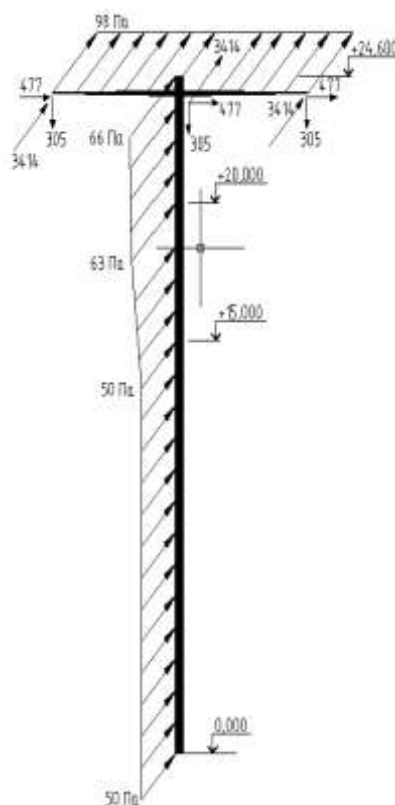
## Схемы статического нагружения опоры



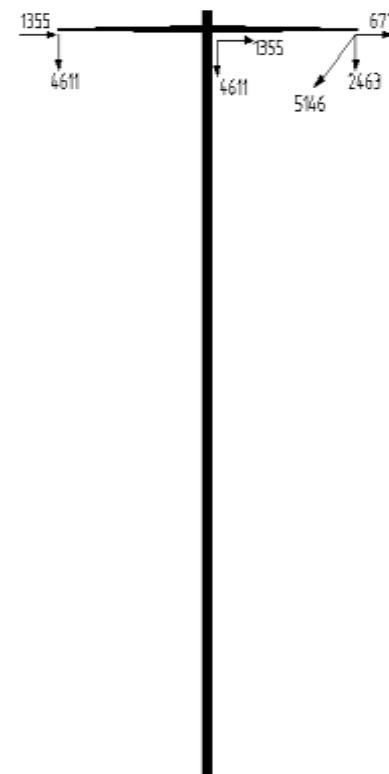
**I**  
Нормальный,  
макс. ветер



**II**  
Нормальный,  
макс. гололёд

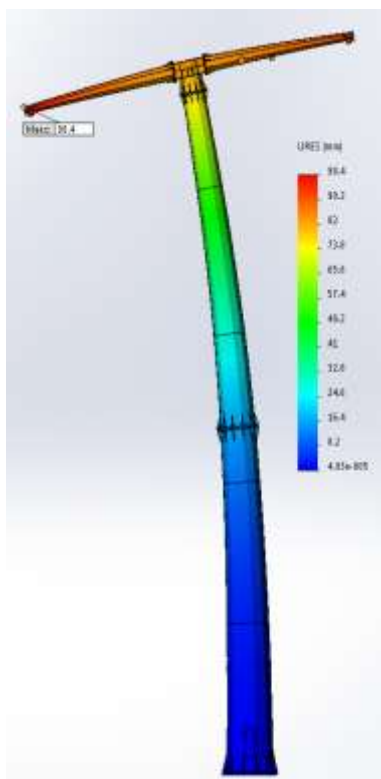


**III**  
Монтажный

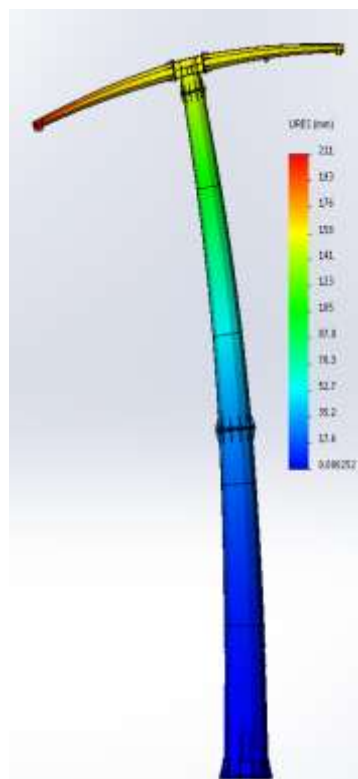


**IV**  
Аварийный

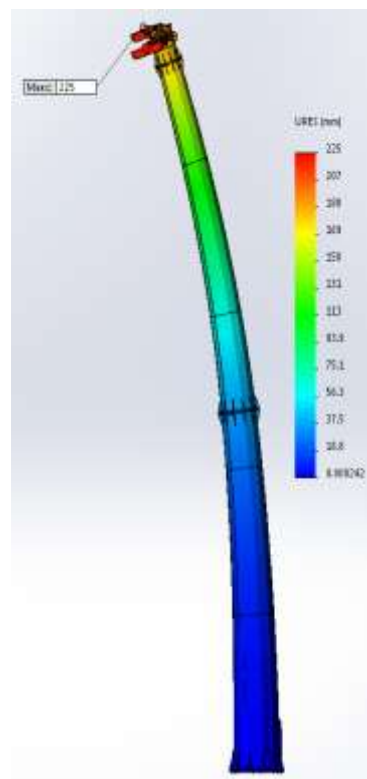
## Перемещения



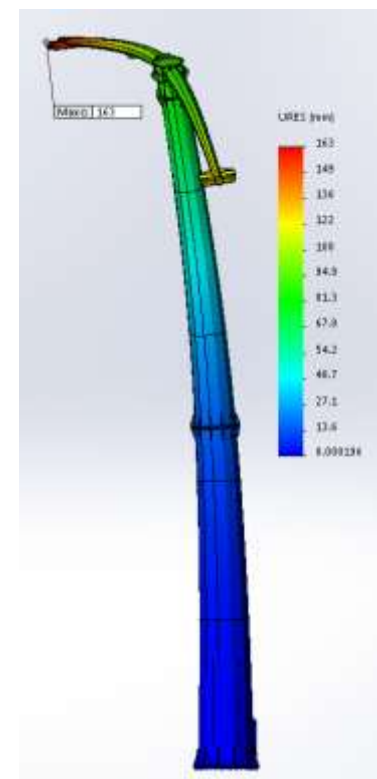
**I**  
Нормальный,  
макс. ветер



**II**  
Нормальный,  
макс. гололёд

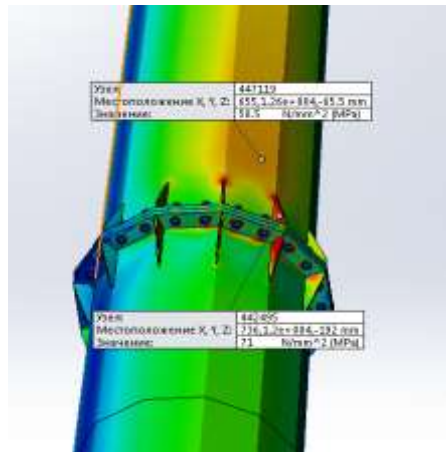


**III**  
Монтажный



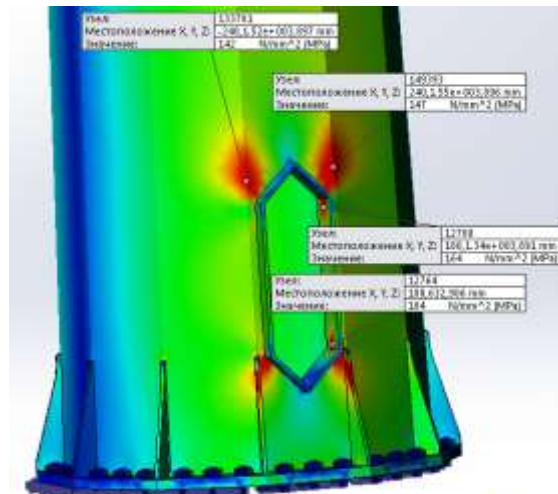
**IV**  
Аварийный

## Максимальные напряжения по Мизесу



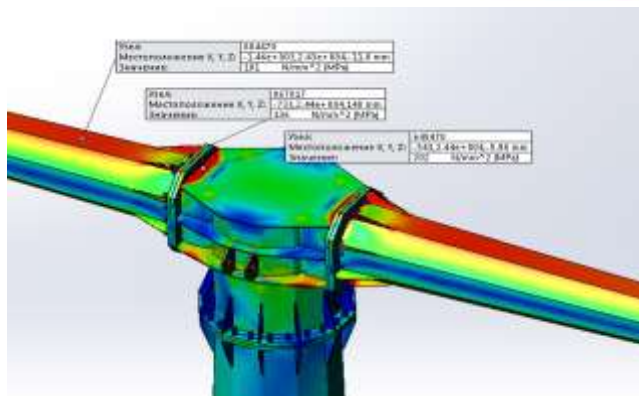
I

Нормальный,  
макс. ветер



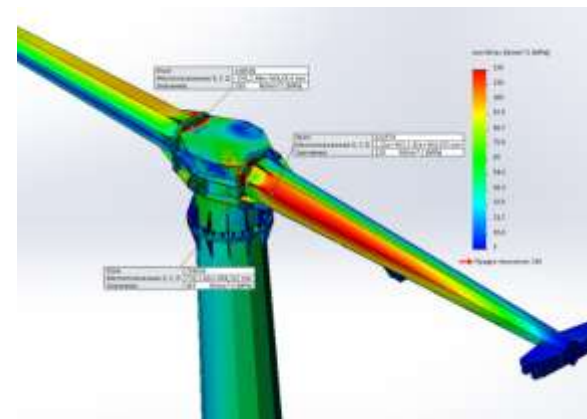
III

Монтажный



II

Нормальный,  
макс. гололёд



IV

Аварийный

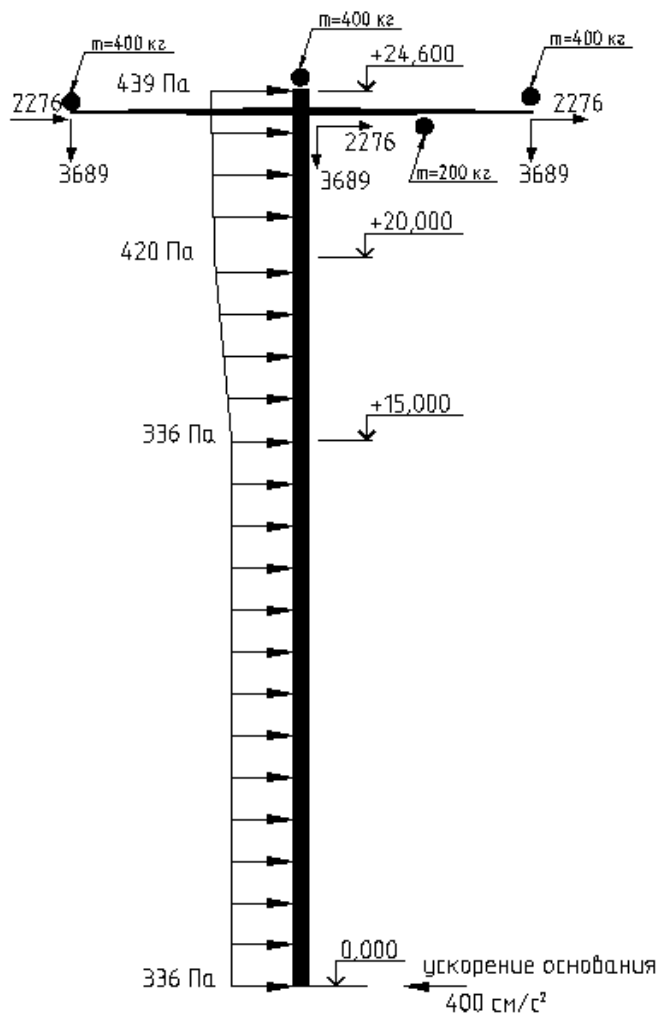


## Результаты статического моделирования

	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.

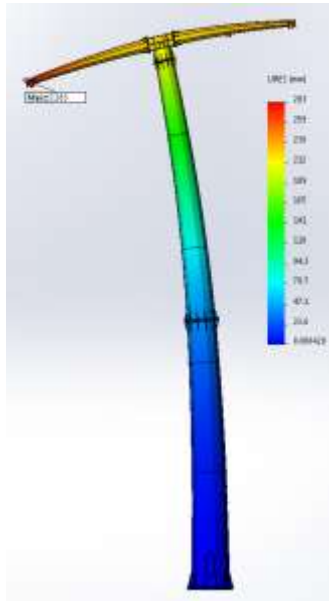
## Режим V. Сейсмическое воздействие



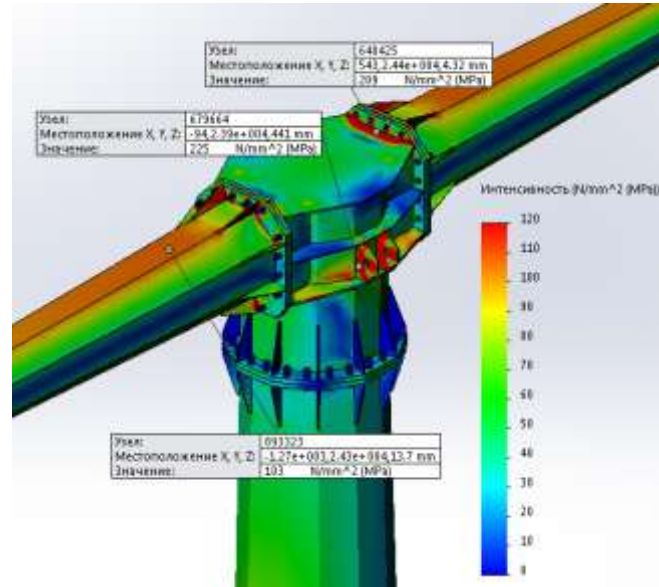
- ускорение основания вдоль оси траверс
- максимальные нагрузки от проводов с коэффициентом  $\varphi=0,8$
- динамические массы от гирлянд

## Результаты расчетов сейсмического воздействия

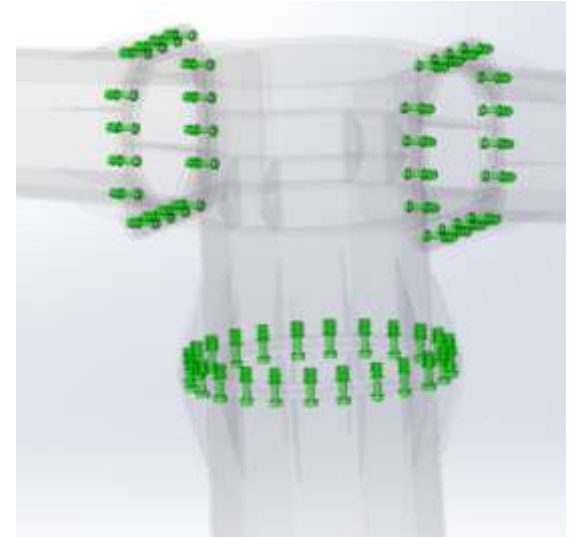
Перемещения



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/м<sup>2</sup>;
5. Давление от лавины в момент удара = 188136 Па;

### Формы клина уплотнения лавины перед преградой

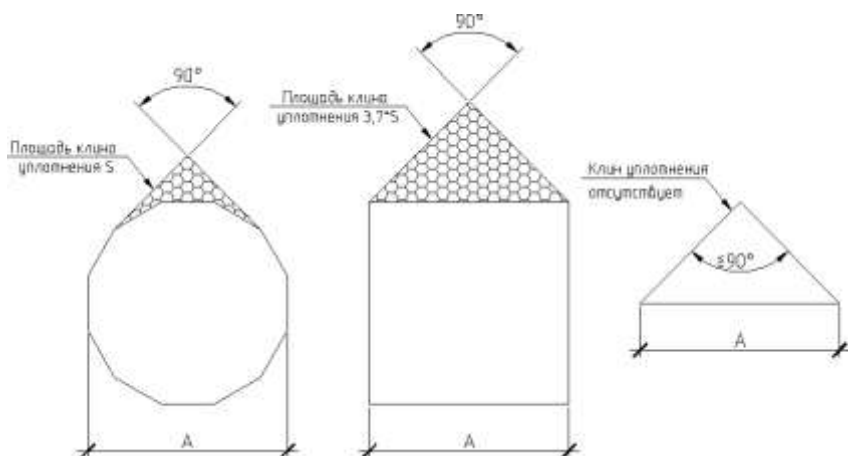
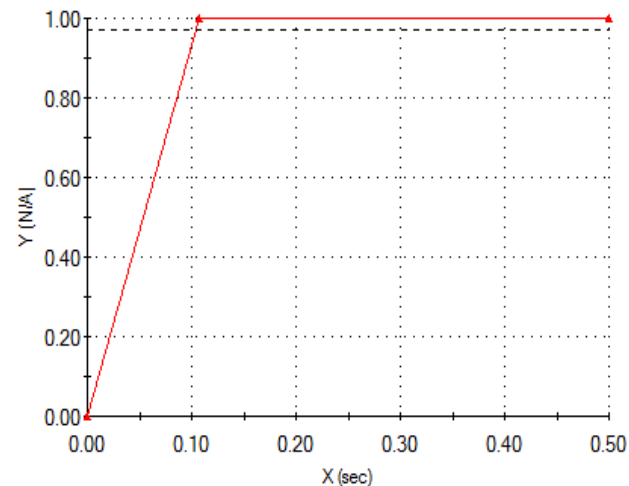
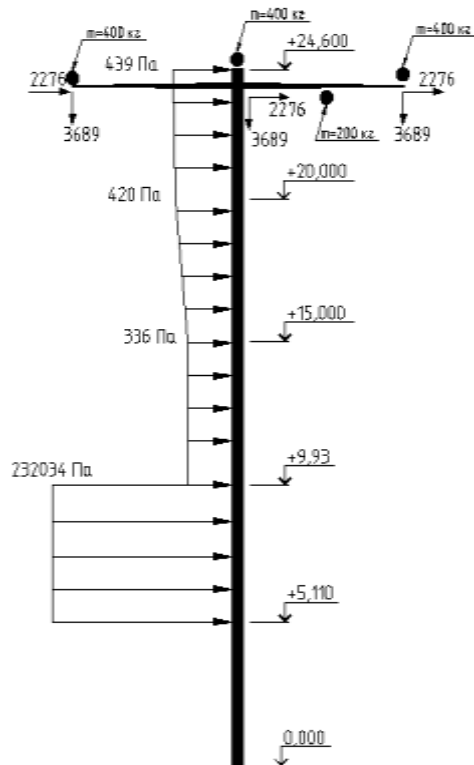


График возрастания интенсивности нагрузки во времени

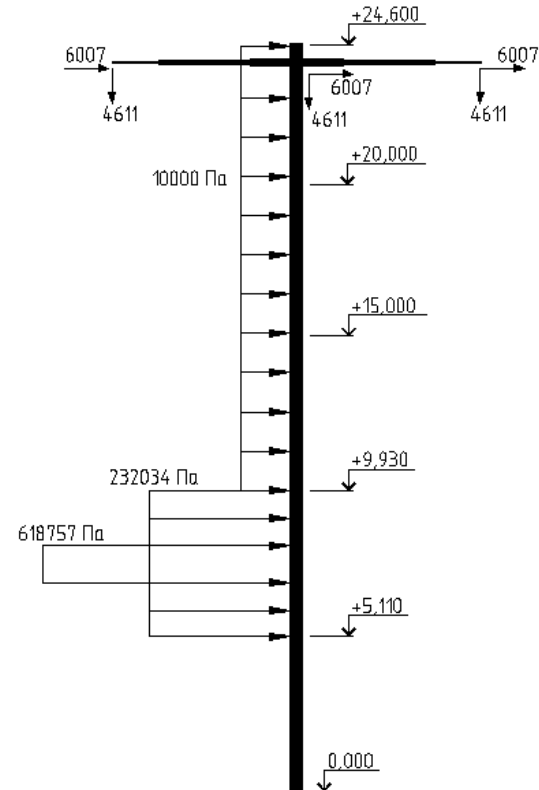


## Схемы загрузки опоры при воздействии снежной лавины

- 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.

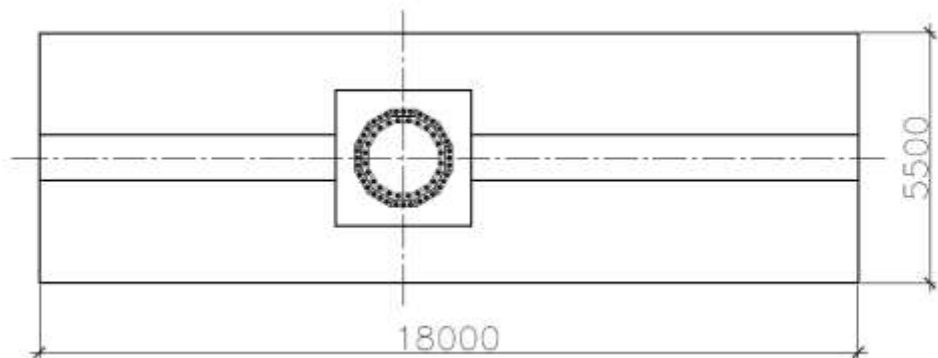
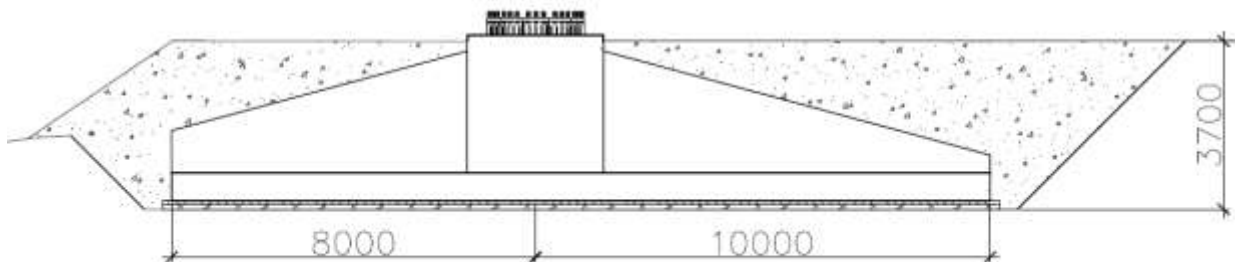
Нагрузки на фундамент:

$M=2247 \text{ тс*м}$ ;

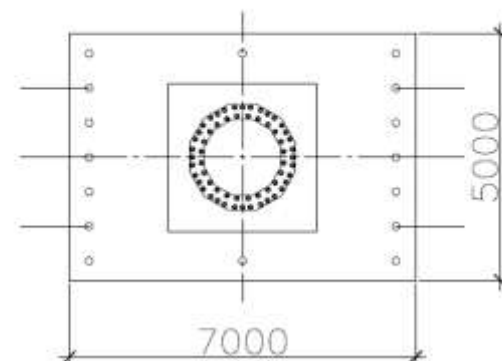
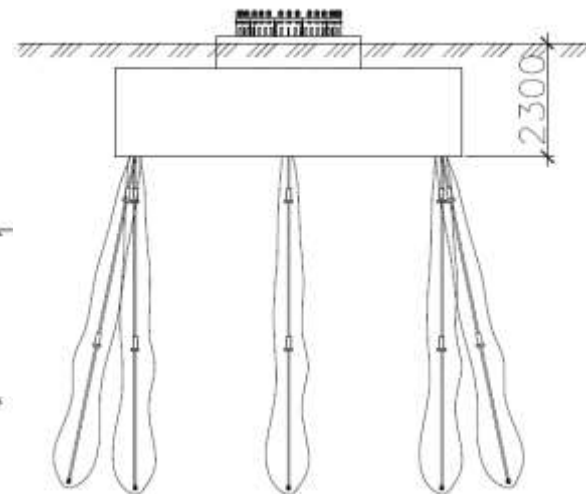
$N=83 \text{ тс}$ ;

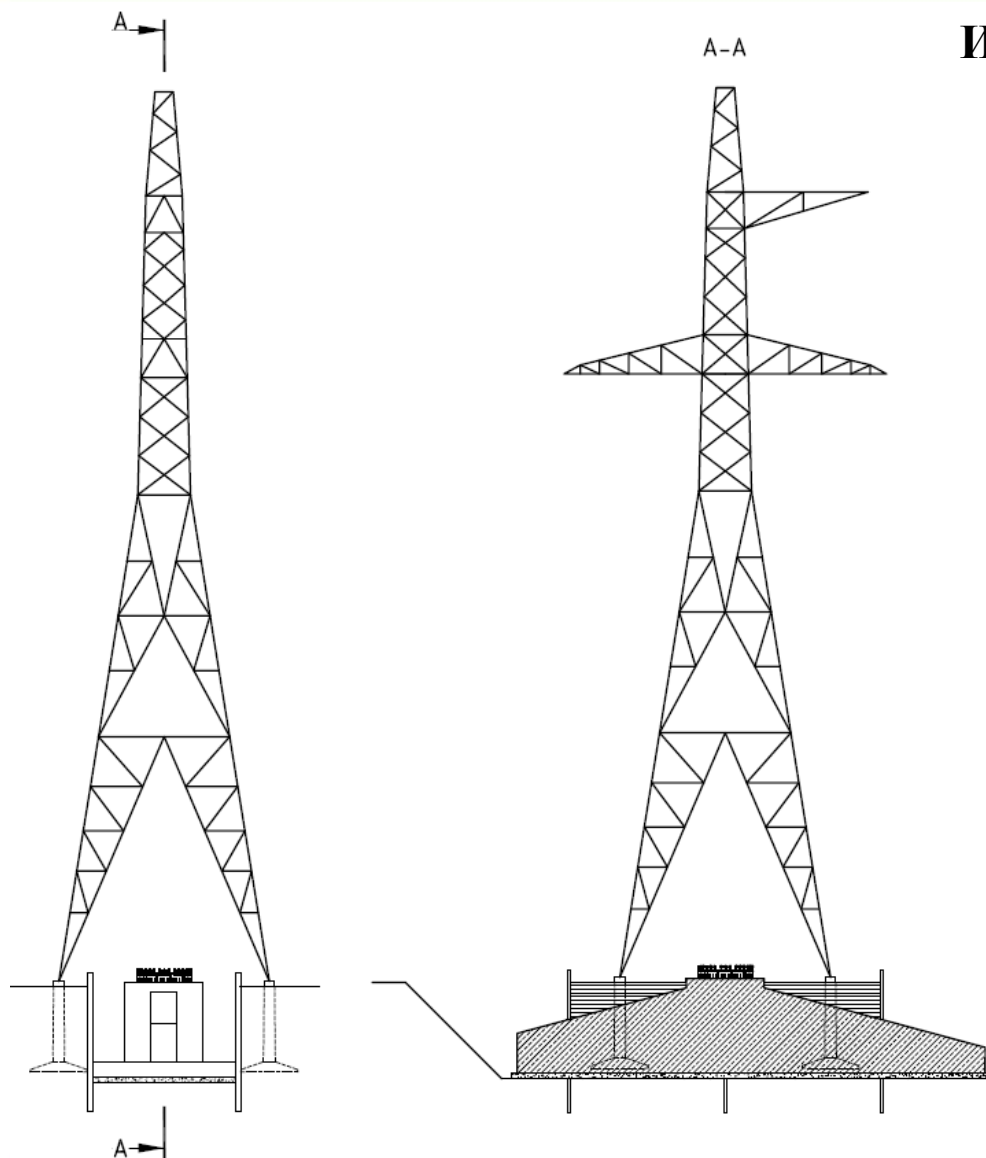
$Q=242 \text{ тс}$ .

**Монолитный фундамент мелкого заложения**



**Фундамент из буринъекционных свай с монолитным ростверком**



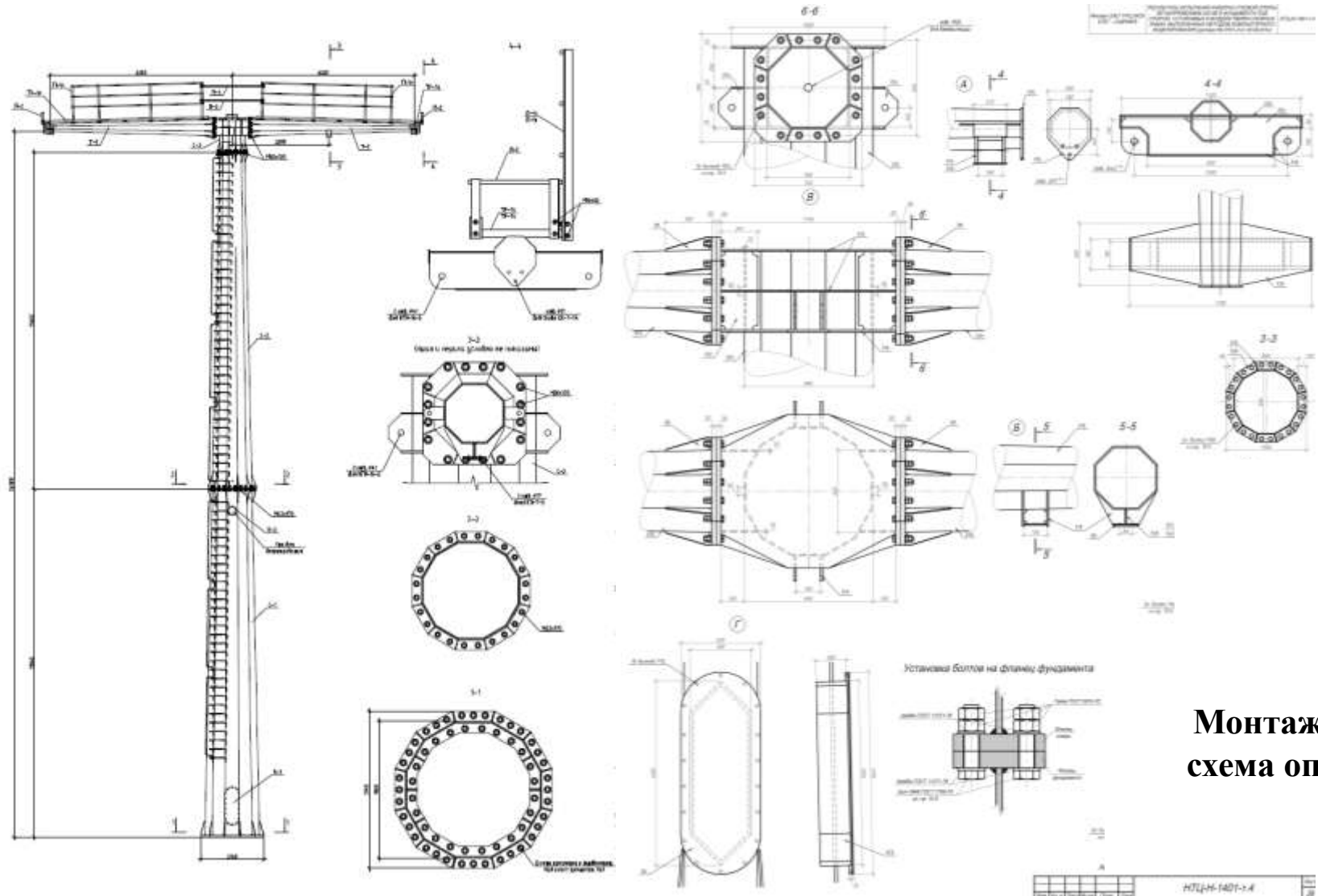


Изготовление монолитного фундамента осуществляется без отключения существующей ВЛ 220 кВ.

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





**Монтажная  
схема опоры**