



предварительный

Проект

установки ветроэлектростанции

Место установки: плоская крыша многоэтажного дома

Объект: пр-т М.Бажана 16, Киев, Украина

Реализатор проекта: ООО «НВП «Альт-Энерго»,

ул. Бориспольская 7, оф. 206,

г. Киев, Украина



Директор: Бабару С.А.

Киев 2017

Содержание

1. Общая характеристика установки
2. Оценка территории установки
3. Схема подключения
 - 3.1. Предназначение узлов установки
 - 3.2. Технические характеристики узлов установки
 - 3.3. Перечень всех необходимых узлов установки
4. Показатели выработки электроэнергии ветроэлектростанции
 - 4.1. Мощность ветрогенератора в зависимости от скорости ветра
 - 4.2. Суточная выработка электроэнергии в зависимости от скорости ветра
5. Расчет фермы на максимально допустимую нагрузку
 - 5.1. Определение максимальной нагрузки на ферму
 - 5.2. Расчет прочности фермы, определение максимально допустимой нагрузки
 - 5.3. Расчет на потерю устойчивости конструкции
 - 5.4. Расчет реакций опор фермы (нагрузка на анкерные болты), её веса.
6. Безопасность
7. Гарантийное обслуживание
8. Продукция сертифицирована и согласована с государственной санитарно-эпидемиологической экспертной службой

1. Общая характеристика установки

1.1. Предмет проекта:

Электрификация посредством установки ветроэлектростанции на плоскую крышу объекта с последующим преобразованием альтернативного источника энергии «ветер» в энергию электрическую.

1.2. Способ установки

Установка ветроэлектрогенераторов (ВЭГ) на объект путем механического соединения опор ВЭГ с металлическим основанием предварительно собранным на плоской крыше здания. Опора обеспечивает рабочую высоту ветроэлектрогенераторов

1.3. Краткое описание установки

Ветроэлектростанция является абсолютно автономной и не требует внешнего управления. ВЭГ при наличии ветра обеспечивают бесперебойный заряд АКБ. Блок автоматики (контроллер) обеспечивает контроль работы ВЭГ и АКБ. Инвертор обеспечивает преобразование постоянного тока в переменный и передачу его в центральную электросеть. Счетчики обеспечивают фиксирование выработанной и потребленной электроэнергии. Балласт обеспечивает сброс излишков электроэнергии в случае полного заряда АКБ и отсутствия потребления.

2. Оценка территории установки



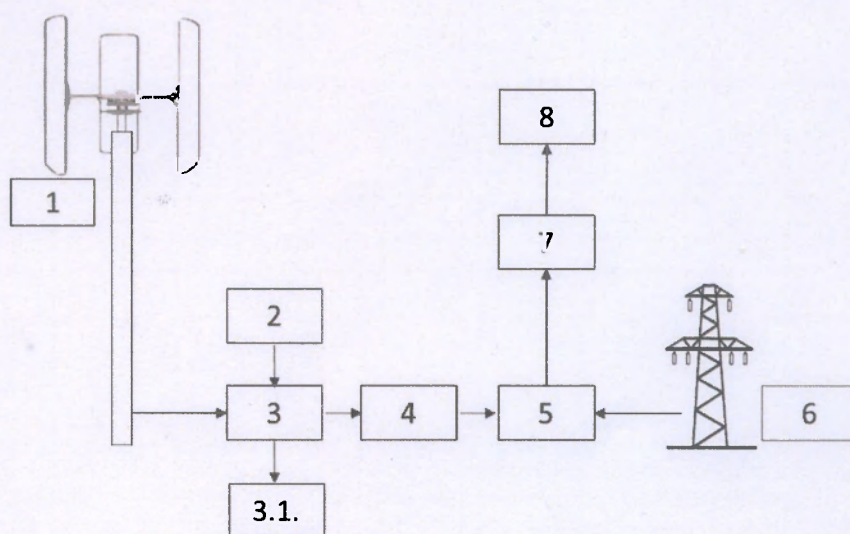
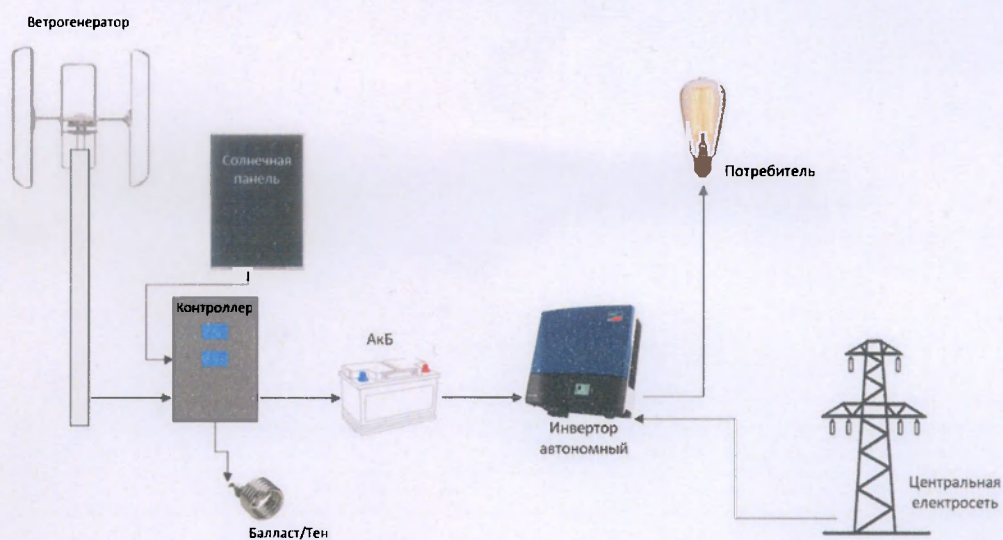
Положительные характеристики места установки:

- плоская крыша – простота в монтаже опоры ветроэлектрогенератора (ВЭГ)
- отсутствие более высоких зданий в непосредственной близости от места размещения
- высокое качество ветрового потока (ср.год. скорость ветра >6 м/с)

Возможные сложности в установке:

- необходимо упорядочить размещение спутниковых антенн на крыше объекта

3. Схема подключения



где:

1. Ветрогенератор
2. Солнечная панель
3. Контроллер (автоматика)
- 3.1. Балласт – тен
4. Блок аккумуляторных батарей
5. Инвертор автономный
6. Центральная электросеть
7. Счетчик потребления от центральной электросети
8. Потребитель (приборы потребления)

3.1. Предназначение узлов установки

Ветрогенератор:

Выработка электроэнергии с помощью альтернативного источника «ветер». Переменный ток. Три фазы.

Опора ветрогенератора:

Обеспечение необходимой высоты для работы ветрогенератора типа «турбина»

Контроллер (автоматика):

Преобразование переменного тока в постоянный. Контроль заряда АкБ. Контроль работы ветрогенератора. Сброс излишков электроэнергии через систему балласта.

Балласт:

Система страховки ветровой станции на случай излишков выработанной электроэнергии и больших значений ветровых потоков. Воздушный/водяной тэн. Выполняет роль потребителя излишков электроэнергии.

Блок аккумуляторных батарей:

Аккумуляирование сгенерированной электроэнергии.

Инвертор:

Преобразование постоянного тока аккумуляторных батарей в переменный для бытового потребления

Потребитель

Бытовые приборы потребителя

Солнечная панель

Обеспечение заряда АкБ, в случае отсутствия ветра

Центральная электросеть

Альтернативный источник электроэнергии в случае разряда АкБ, отсутствия ветра и солнца, и необходимости потребления

3.2. Технические характеристики узлов установки

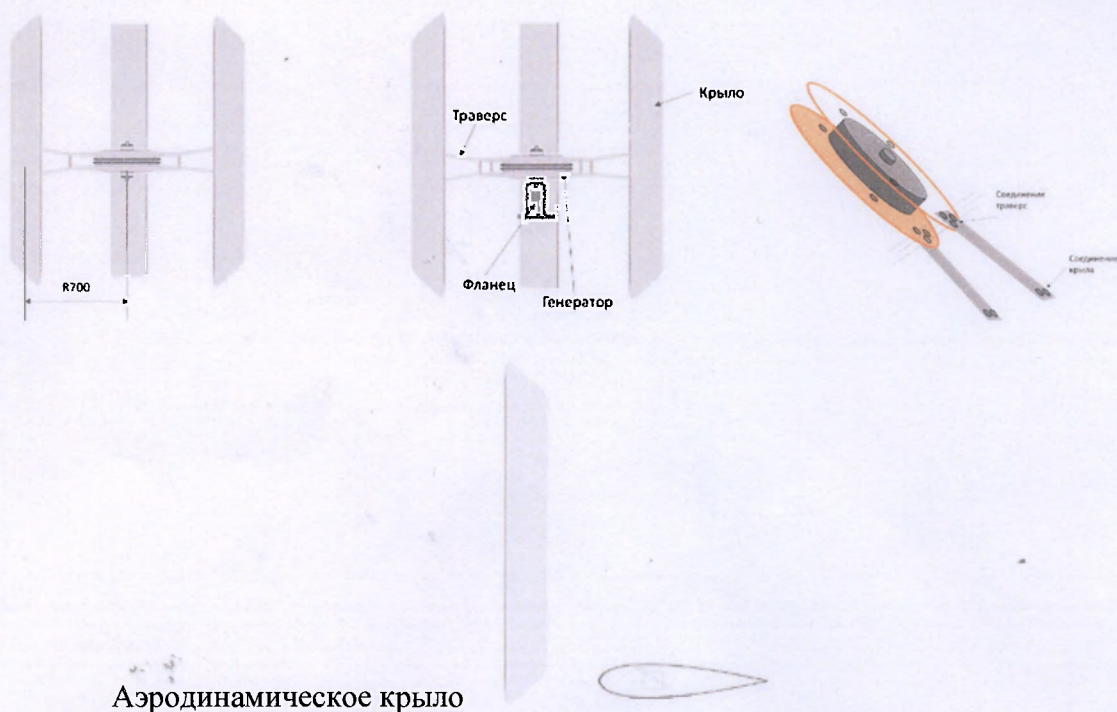
Ветрогенератор

Общие характеристики:

- Трехфазный
- На постоянных магнитах
- Тип ветроколеса: «турбина»
- Тип крыла: аэродинамическое
- Материал крыла: стеклопластик
- Бесшумный
- Не отпугивает птиц и насекомых

Технические характеристики:

	ВЭГ 800
Номинальная мощность, скорость ветра 11,4 м/с, Вт	800
Максимальная мощность, Вт	до 3000
Выходное напряжение, В	0 - 80
Выходной ток, А	0 - 35
Количество лопастей	3
Диаметр ветроколеса, м	1,4
Высота крыла, м	1,5
КПД ветроколеса	мин 35%
Материал крыла	стеклопластик
Старт, скорость ветра (м/с)	1,5 - 2
Рабочий диапазон, скорость ветра (м/с)	от 3
Температурный режим	-40 ... +50
Защита	Противоураган, выполняется контроллером
Контроль скорости вращения	Автоматически, выполняется контроллером



Контроллер (автоматика)

Модель	WC 15000W (гибридный)
Мост	преобразование переменного тока в постоянный
Бустер	повышение низкого напряжения 0,5 – 1В до 12/24/48 В
MPPT	контроль скорости вращения и равномерность загрузки ВЭГ в зависимости от скорости ветра и уровня заряда АкБ
Контроль заряда АкБ + защита	контроль заряда АкБ, а также защита от разряда/перезаряда (для свинцово-кислотных батарей)
Балласт	Система сброса излишков электроэнергии
Входное напряжение	0-100 В
Выходное напряжение	12/24/48 В (выполняется индивидуально в зависимости от выбранной схемы)
Гибрид	Подключение солнечной панели мощностью до 275 Вт

Блок аккумуляторных батарей

- Свинцово-кислотные: 48В 200А/ч
- 12шт, 3 группы по 4 шт системы 48В
- Общая емкость: 28,8 кВт
- Доступная емкость потребителю: 17,3 кВт

Инвертор

- Автономный, однофазный
- Пиковая нагрузка до 10 кВт
- Входное напряжение 48В

Солнечная панель (батарея)

- Количество: 4 шт
- Мощность: 275 В, общий номинал 1,1 кВт
- Напряжение: 31,3 В

3.3. Перечень всех необходимых узлов установки

	Наименование узлов установки	Количество
1	Ветрогенератор ВЭГ 800	5
2	Гибридный контроллер ВКЗкВт(5) + СК275Вт	1
3	Инвертор автономный Форт ХТ1203А (48/220/10кВт)	1
4	Аккумуляторная батарея (с-к) 12В/200 А.ч	12
5	Балласт/тэн, 48В/1500Вт	3
6	Солнечная панель Амери Солар, 275В (1,65х1,04)	1
7	Сопутствующие материалы (обвязка АкБ, крепления и др)	1
8	Опора ферма	1
9	Ограждение безопасности	1

4. Показатели выработки электроэнергии ветроэлектростанции

4.1. Вырабатываемая мощность ВЭГ 800 в зависимости от скорости ветра

Скорость ветра, м/с	Мощность, Вт
3	15,4
4	36,4
5	71,1
6	122,9
7	195,1
8	291,2
9	414,6
10	568,8
11	757,0
12	982,8
13	1249,5
14	1560,7
15	1919,5
16	2329,6
17	2794,3

4.2. Суточная выработка электроэнергии (5 ВЭГ + 1 солнечная панель)

условие: наличие постоянного ветрового потока в диапазоне указанных величин скорости ветра

Суточная выработка электроэнергии в зависимости от скорости ветра, кВт.ч.			
Скорость ветра, м/с	ВЭГ 800	Солнечные панели (1х275)	Всего
5	8,5	0,5	9,0
6	14,5	0,5	15,0
7	23,5	0,5	24,0
8	35,0	0,5	35,5

5. Расчет фермы на максимально допустимую нагрузку

Техническое задание:

определить при какой максимальной нагрузке прочность фермы будет соответствовать допустимым пределам.

Входные данные:

Материал фермы: Сталь 3

Механические характеристики для данной стали:

Предел прочности материала $\sigma_b = 340$ МПа

Модуль упругости материала $E = 210000$ МПа

Коэффициент Пуассона $\nu = 0.3$

Коэффициент безопасности $f = 1.5$

Ферма состоит из профилей:

- квадратная труба **100x100x6** (стойки на которые крепятся ветрогенераторы)
- квадратная труба **40x40x4** (раскосы, подкосы)
- двутавр **H=240** (основание)

5.1. Определение максимальной нагрузки на ферму

На Рис.1. изображена ферма. Ферма представляет собой рамку длиной 12 м и шириной 5 м, на рамку установлены стойки под вертикальные ветрогенераторы, стойки установлены в 3 ряда по 7 стоек, каждая стойка равноудалена друг от друга, всего стоек 21 шт., между стойками установлены раскосы для увеличения жесткости конструкции.

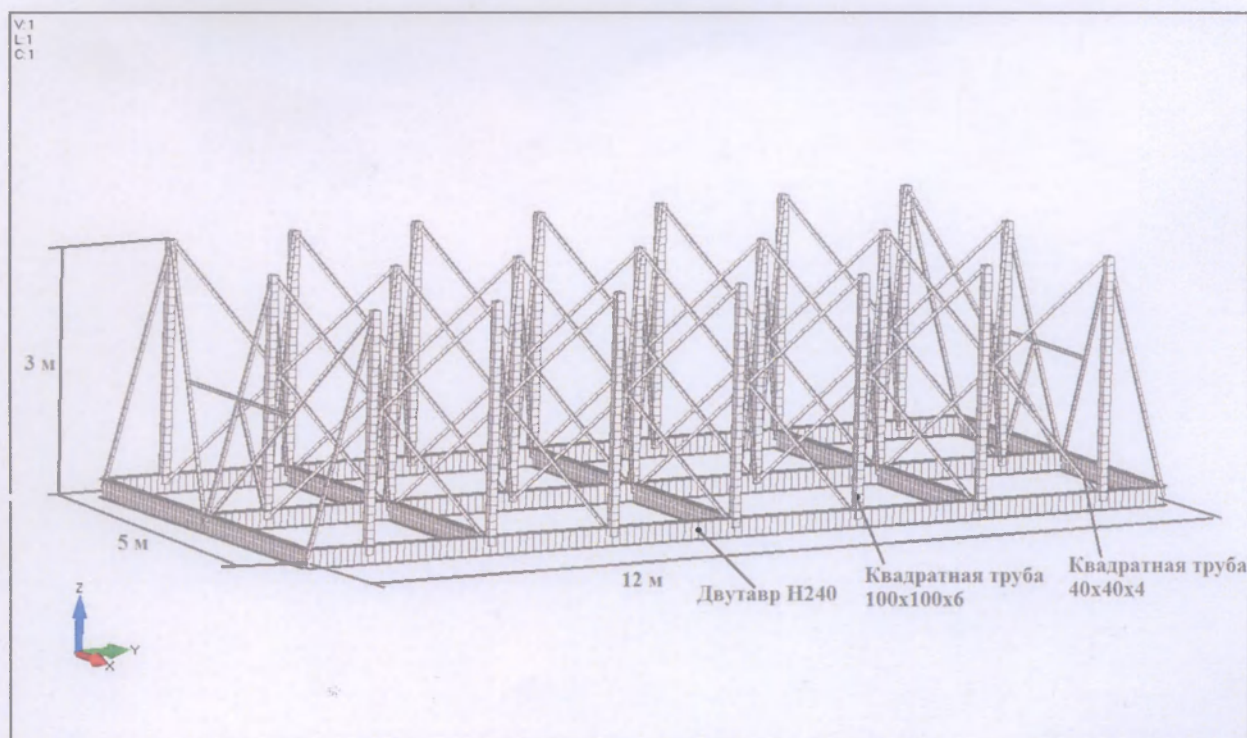


Рис.1. Ферма под 21 ветрогенератор.

Ферма закреплена по периметру в 12 точках, на стойки фермы в местах крепления стоек с ветрогенератором действуют реактивный момент и аэродинамическая результирующая сила возникшая за счет набегания потока ветра на вращающиеся лопасти. В связи с недостаточностью входящих данных (нет данных аэродинамических характеристик ветрогенератора) было принято решение выполнить расчет прочности фермы на максимально допустимую нагрузку моделирующую силы приходящие от ветрогенератора и удовлетворяющую условию $\sigma_{\phi} = \sigma_{доп}$, где $\sigma_{доп}$ –допускаемые напряжения для данного материала.

$$\sigma_{доп} = \sigma_{в}/f = 340/1.5 = 253 \text{ МПа}$$

Исходя из условий симметрии фермы и из условий направления действия нагрузки создаваемой ветрогенераторами, которая напрямую зависит от направления ветра, было принято решение проводить расчет для 2 расчетных случаев:

- 1) Сила создаваемая ветрогенераторами, действующая на стойки фермы берется в направлении вдоль оси X
- 2) Сила создаваемая ветрогенераторами, действующая на стойки фермы берется в направлении вдоль оси Y

5.2. Расчет прочности фермы, определение максимально допустимой нагрузки

Расчеты были выполнены методом конечных элементов, была создана конечноэлементная модель из балочных элементов типа Beam.

Граничные условия и силы действующие на ферму для первого расчетного случая изображены на Рис.2., для второго расчетного случая изображены на Рис.3.

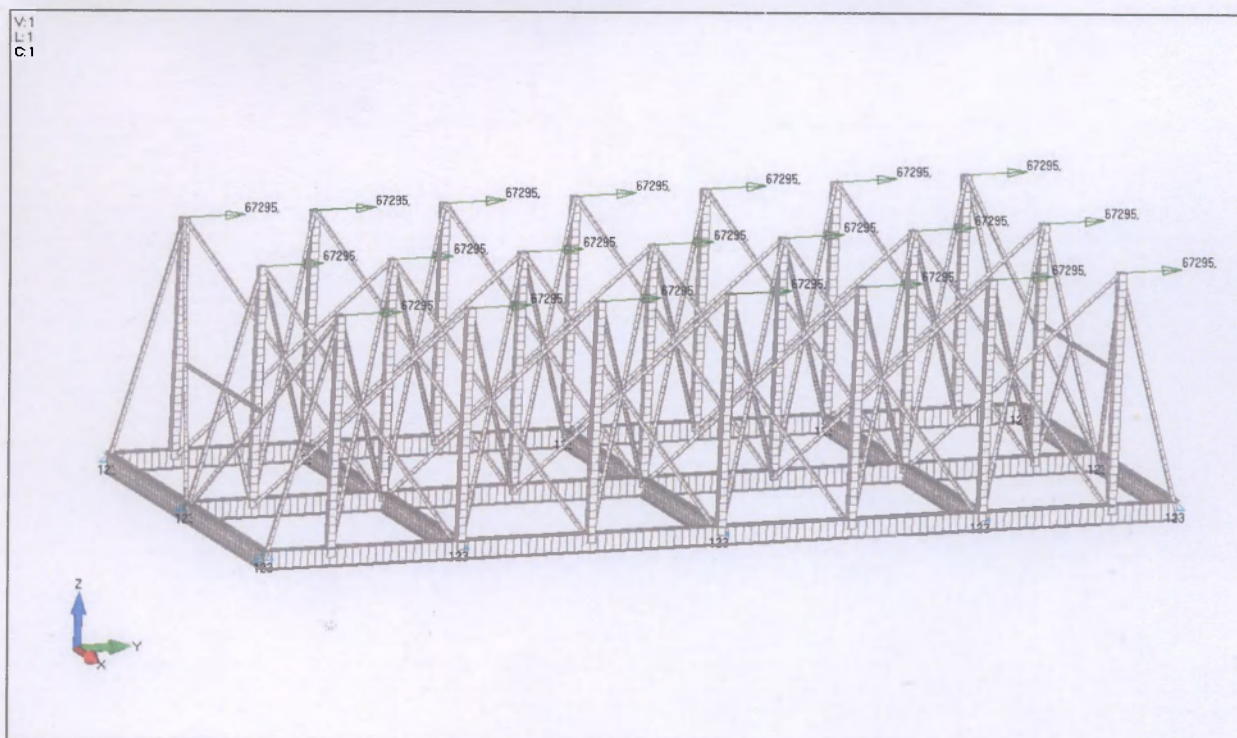


Рис.2. Схема с граничными условиями и первой схемой нагружения

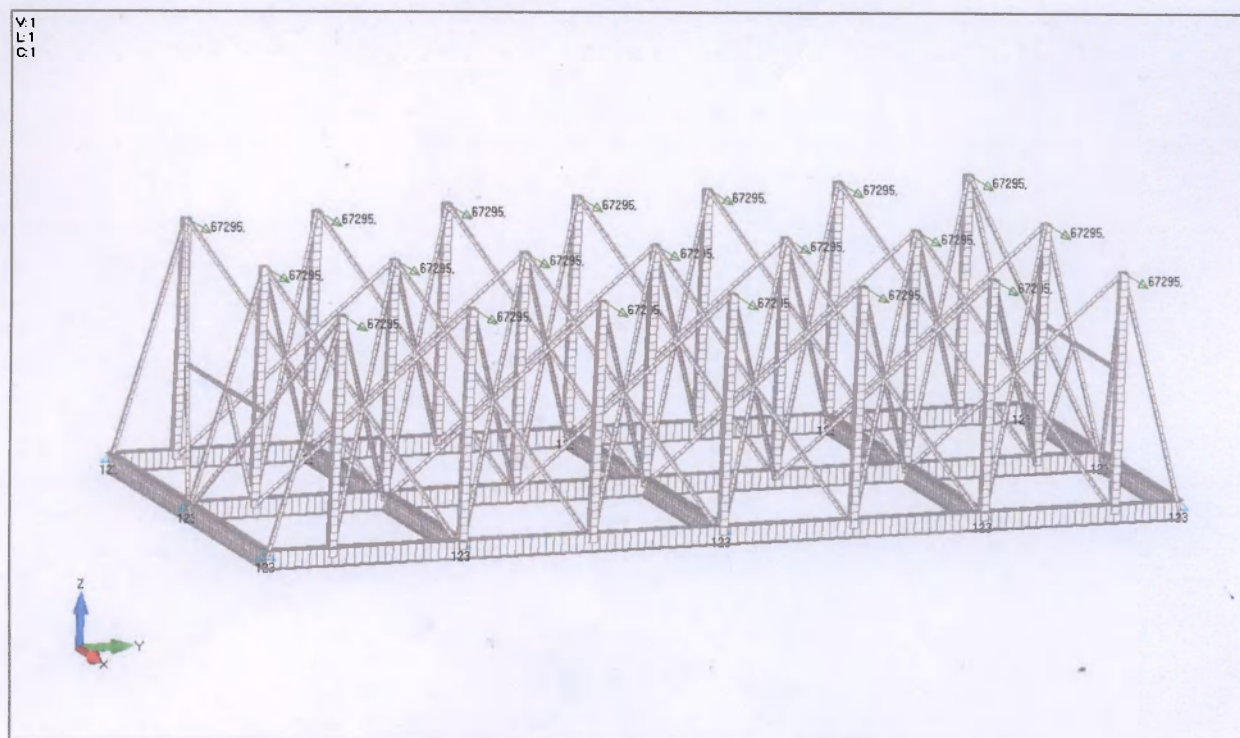


Рис.3. Схема с граничными условиями и второй схемой нагружения

Проведя несколько расчетов, было получено значение максимальной нагрузки $R_{\max} = 67295 \text{ N}$ (6,7 т.) при котором в конструкции фермы не возникают напряжения больше допустимого значения $\sigma_{\text{доп}} = 253 \text{ МПа}$. На Рис.4. изображена эпюра напряжений возникших в следствии воздействия на конструкцию фермы нагрузки из первого расчетного случая.

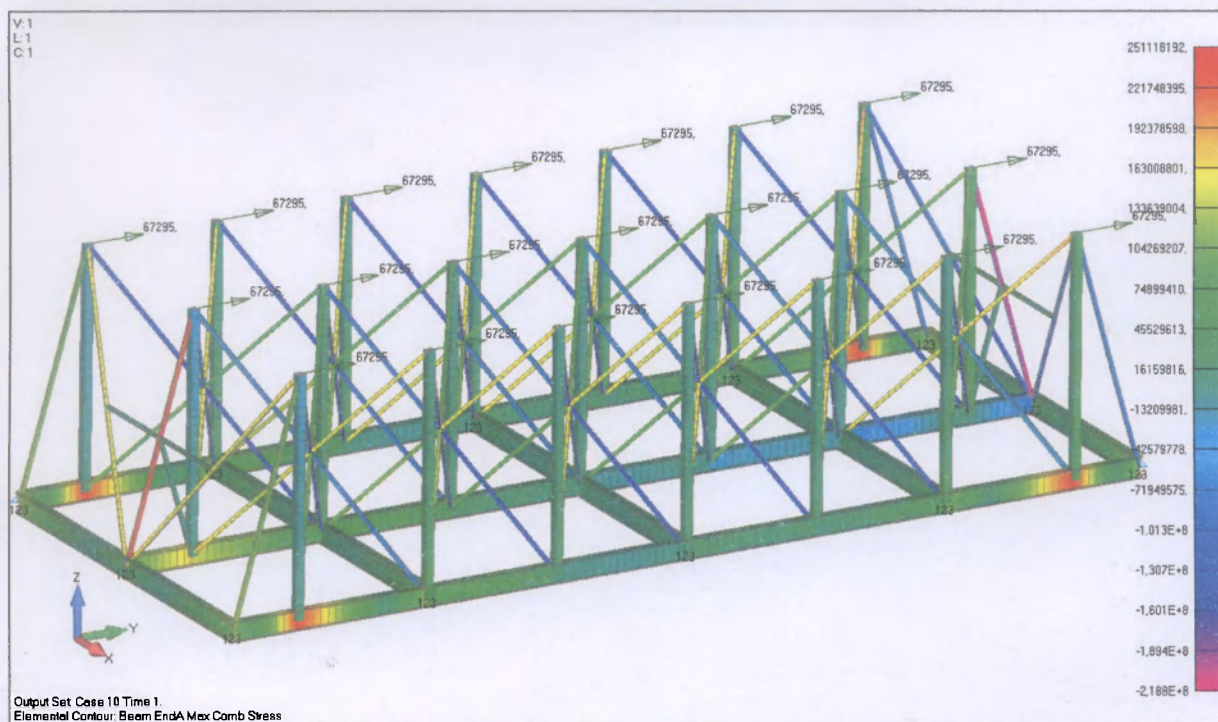


Рис.4. Эпюра напряжений для первого расчетного случая

На Рис.5. изображена эпюра напряжений возникших в следствии воздействия на конструкцию фермы нагрузки из первого расчетного случая.

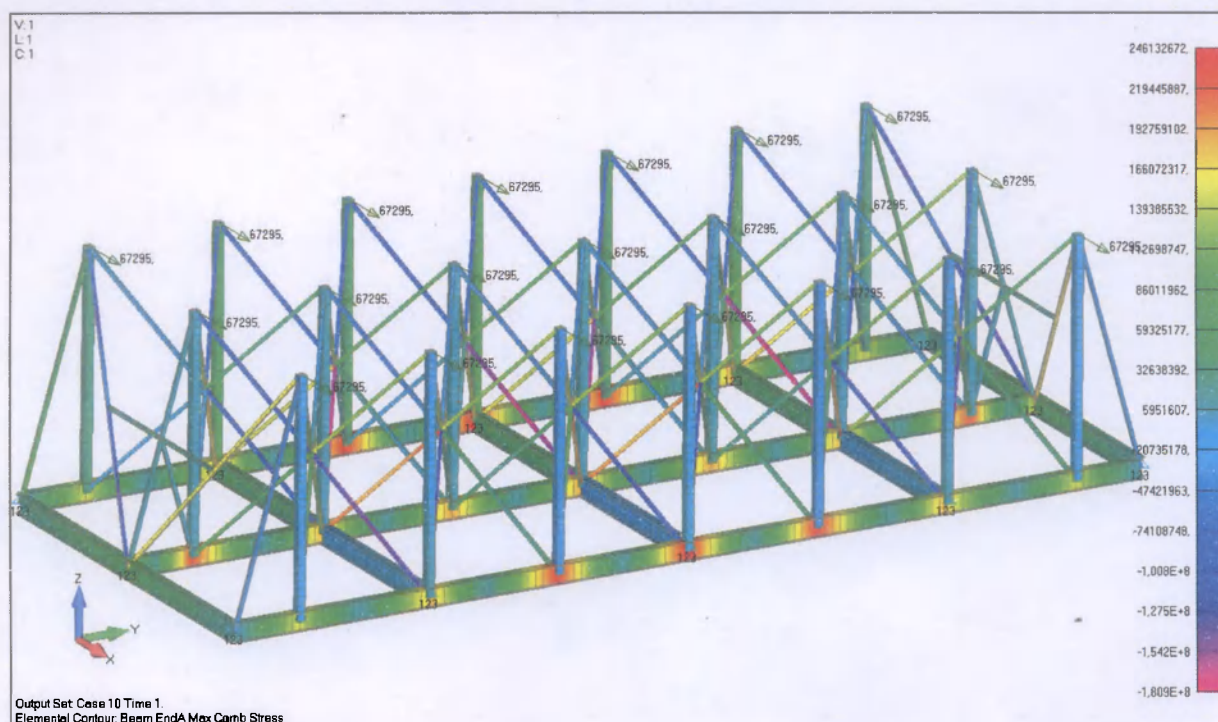


Рис.5. Эпюра напряжений для второго расчетного случая

5.3. Расчет на потерю устойчивости конструкции

Также был проведен расчет на потерю устойчивости фермы, для двух случаев нагружения.

Для первого случая нагружения, запас по максимальной нагрузке которая вызовет потерю устойчивости конструкции фермы оказался меньше единицы, потеря устойчивости произойдет при силе меньше от P_{max} на 6,3%, определим критическую силу по устойчивости конструкции $P_{crit_1} = P_{max} - 6,3\%P_{max} = 67295 - 4239 = 63055$ N (6,3 т), при $P_{crit_1} = 63055$ N (6,3 т) произойдет потеря устойчивости в крайнем подкосе.

Потеря устойчивости для первого расчетного случая изображена на Рис.6.

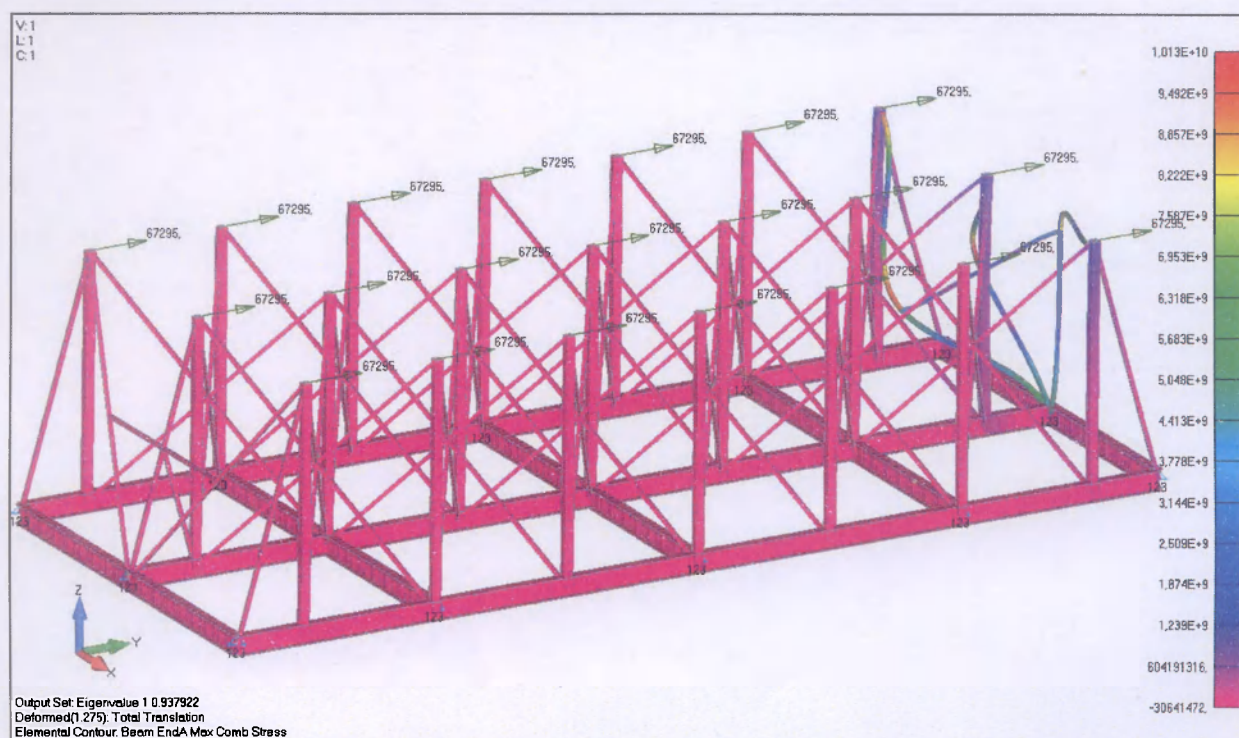


Рис.6. Схема потери устойчивости конструкции фермы для первого расчетного случая

Для второго случая нагружения запас по максимальной нагрузке которая вызовет потерю устойчивости конструкции фермы превышает единицу, поэтому потеря устойчивости произойдет при силе больше от P_{max} на 14%, определим критическую силу по устойчивости конструкции $P_{crit_2} = P_{max} + 14\%P_{max} = 67295 + 9421 = 76716$ N (7,6 т), при $P_{crit_2} = 76716$ N (7,6 т) произойдет потеря устойчивости в крайних подкосах.

Потеря устойчивости для второго расчетного случая изображена на Рис.7.

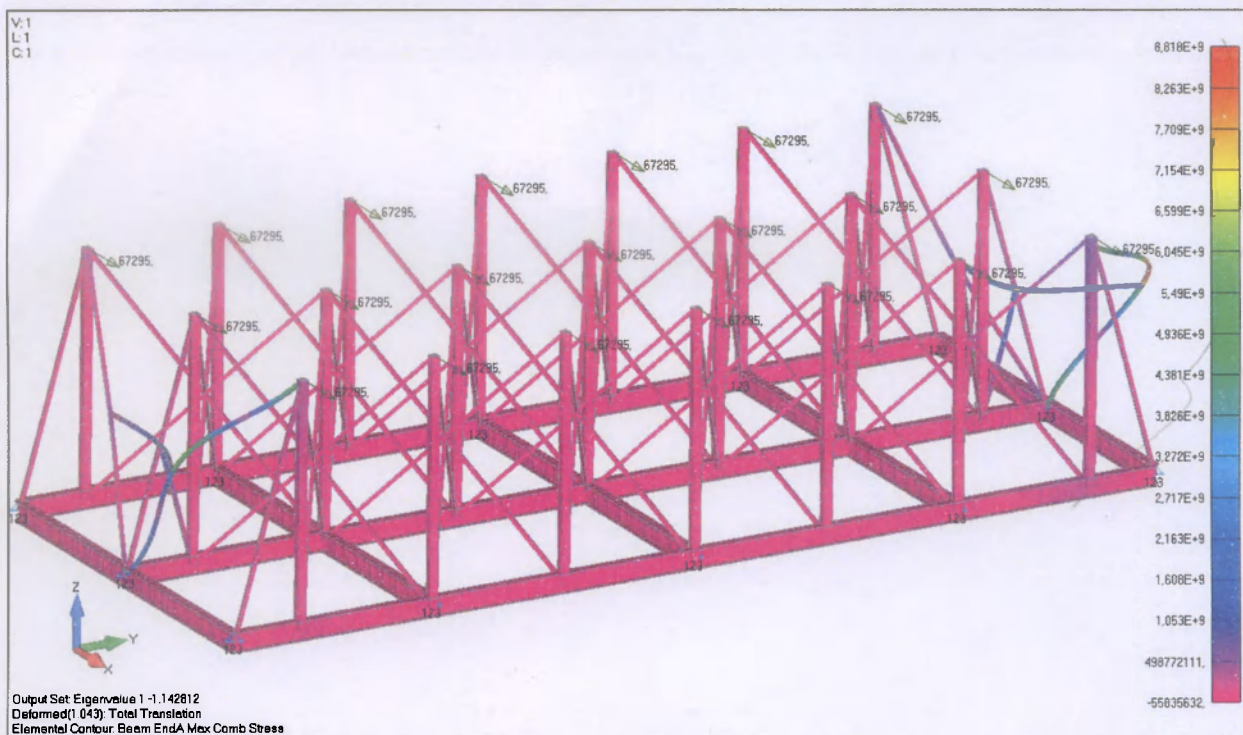


Рис.7. Схема потери устойчивости конструкции фермы для второго расчетного случая

5.4. Расчет реакций опор фермы (нагрузка на анкерные болты), её веса.

Расчет устойчивости показал что максимальная допустимая нагрузка не должна превышать $P_{max} \leq P_{crit_1} \leq 63055N$ (6,3 т) поэтому дальнейший расчет реакций конструкции фермы (нагрузка на анкерные болты), будут рачитаны на нагрузку $P_{max} = 63055N$.

Схема роспределения реакций в опорах конструкции фермы для первого случая нагружения изображена на Рис.8.

Общий вес конструкции $G_f = 38254 \text{ N}$ (3,8 т)

Вывод:

Расчет показал, что при данных двух случаях нагружения фермы, максимальная допустимая нагрузка в большей степени зависит от устойчивости конструкции, а именно от величины сжимающих усилий, которые возникают в стержнях фермы при их критических значениях теряется устойчивость боковых подкосов, которая в следствии приведет к полному или частичному разрушению фермы. Максимальная критическая нагрузка, которую может выдержать ферма $P_{\max} = P_{\text{crit}_1} = 63055 \text{ N}$ (6,3 т), а максимальные реакции в опорах при этой нагрузке $R_{z_{\max}} = 271304 \text{ N}$ (27,1 т) – отрывная, $R_{xy_{\max}} = 350624 \text{ N}$ (35 т) – срезающая. Общий вес конструкции $G_f = 38254 \text{ N}$ (3,8 т)

Таким образом, максимальная критическая нагрузка, которую может выдержать ферма, является большим значением, чем возможно создаваемая всеми установленными ветрогенераторами в целом.

6. Безопасность

Проектом предусмотрена установка ограждения в виде металлической сетки по всему периметру фермы на высоте не ниже верхнего края крыла установленного ветрогенератора.

Таким образом, в случае форс-мажорных обстоятельств, исключается возможность непреднамеренного падения предметов установки с высоты крыши объекта.

7. Гарантийное обслуживание

Продукция, производимая компанией ООО «НВП «Альт-Энерго», а именно Ветрогенератор и Контроллер (автоматика), имеют гарантийный срок обслуживания не менее пяти лет и подтверждается Паспортом на изделие. Компания ООО «НВП «Альт-Энерго» при необходимости может взять на себя и пост-гарантийное обслуживание.

[illegible][illegible]