

**«Оптимизация режимов работы  
системы электроснабжения (на  
примере использования  
солнечных панелей в городе  
Астане)»**

# Актуальность темы исследования

- Энергетика в наше время располагается в моменте, когда уже становятся востребованными и необходимыми новые энергетические технологии (возобновляемые источники энергии – далее ВИЭ). Причиной этому является то, что природные ресурсы, базирующиеся на применении органических веществ, этих как уголь, нефть и естественный газ, истощаются. В это же время присутствует фактически не истощаемый источник энергии – энергия солнца.
- Республика Казахстан пребывает в том поясе Земли, где солнечная активность наибольшая. Здесь складываются более благоприятные условия для применения энергоустановок на базе преобразователей солнечной энергии.
- В связи с чем тема исследования видится достаточно актуальной.

# Цели и задачи исследования

- Целью работы является разработка проекта применения возобновляемых источников энергии в г. Астана (на примере установки солнечных панелей).
- Задачи исследования:
  - - провести обзор и анализ теоретических и методологических основ исследования технологического процесса потребления электроэнергии от солнечных панелей,
  - - разработать проект применения солнечных панелей в г.Астана,
  - - произвести расчет экономической эффективности проекта,
  - - разработать рекомендации по повышению эффективности солнечных панелей для электроснабжения потребителей города Астана

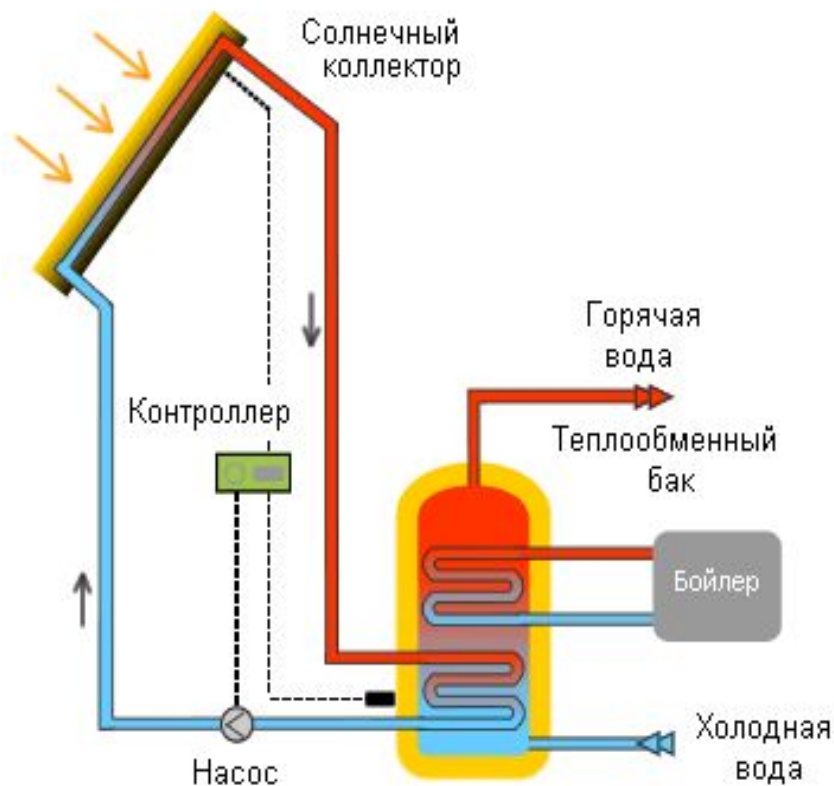
# Исследовательская новизна ВКР

- Оценен энергетический потенциал солнечных панелей применительно к условиям Астаны, определены мощностные характеристики применяемых гелиосистем, а также рассчитана экономическая эффективность применения ВИЭ в городе Астана.

## Принцип работы солнечного преобразователя

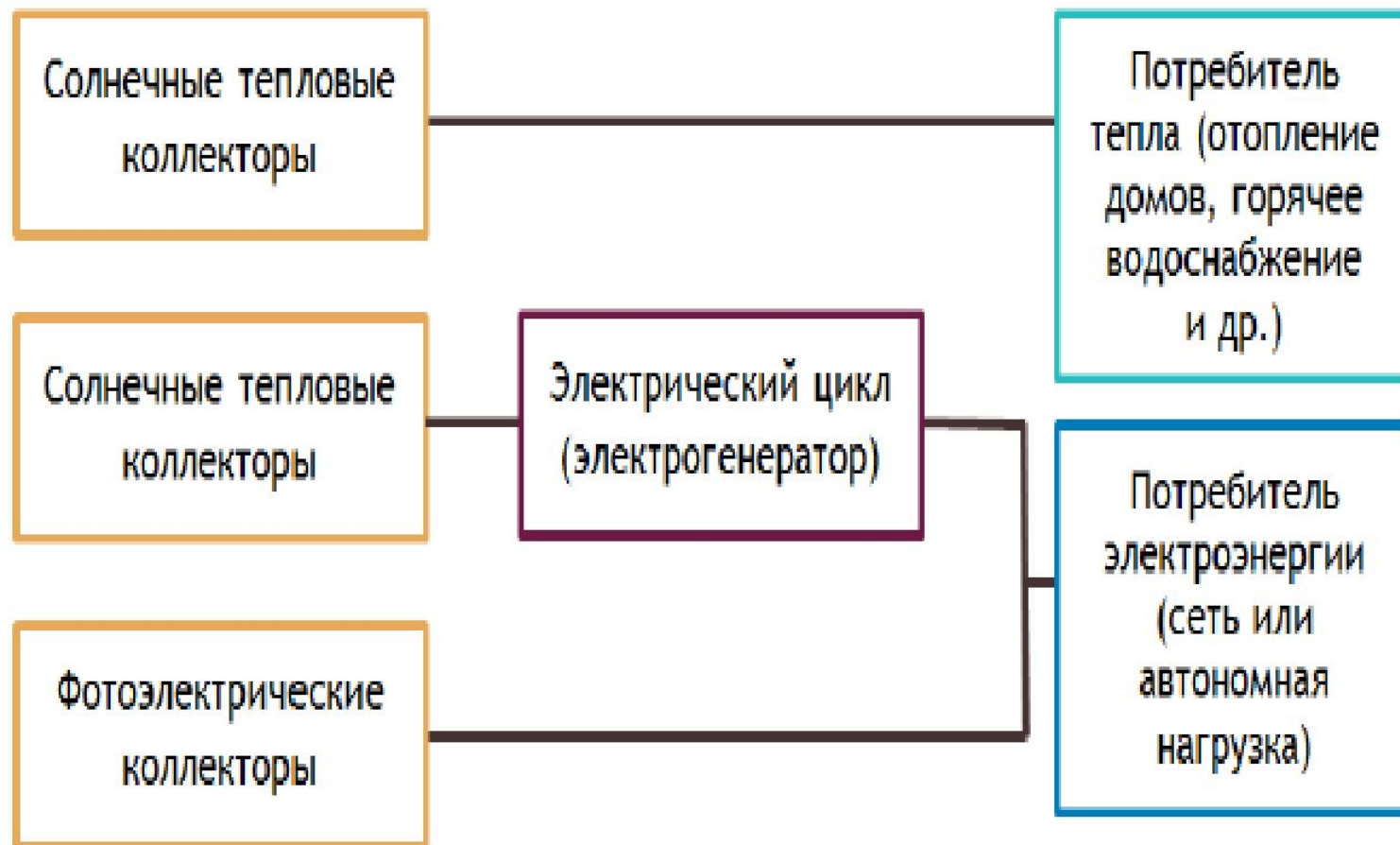


## Принцип работы солнечного водонагревателя

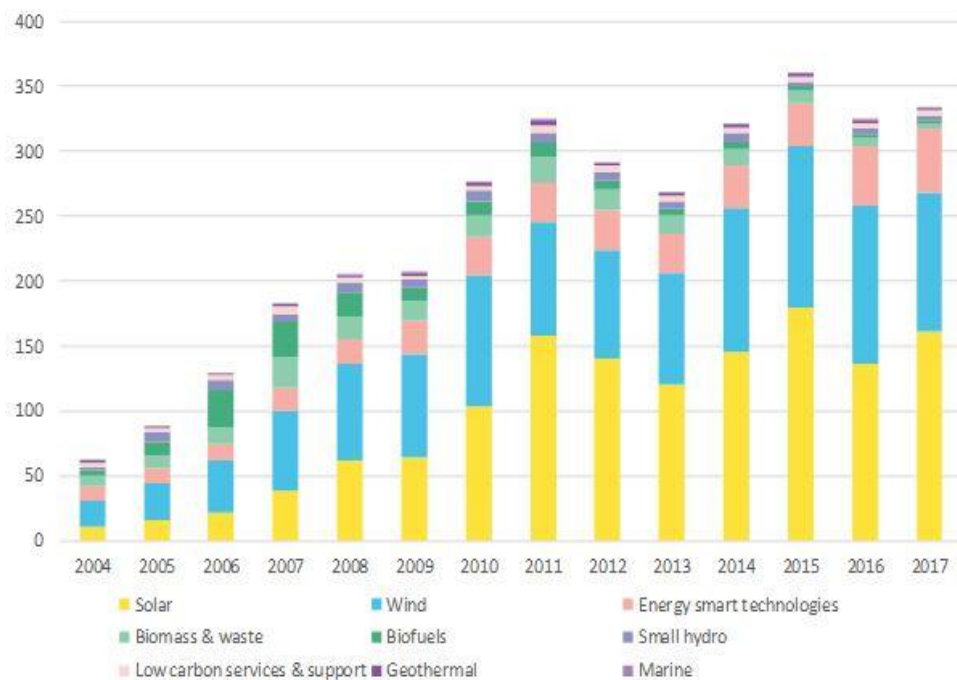




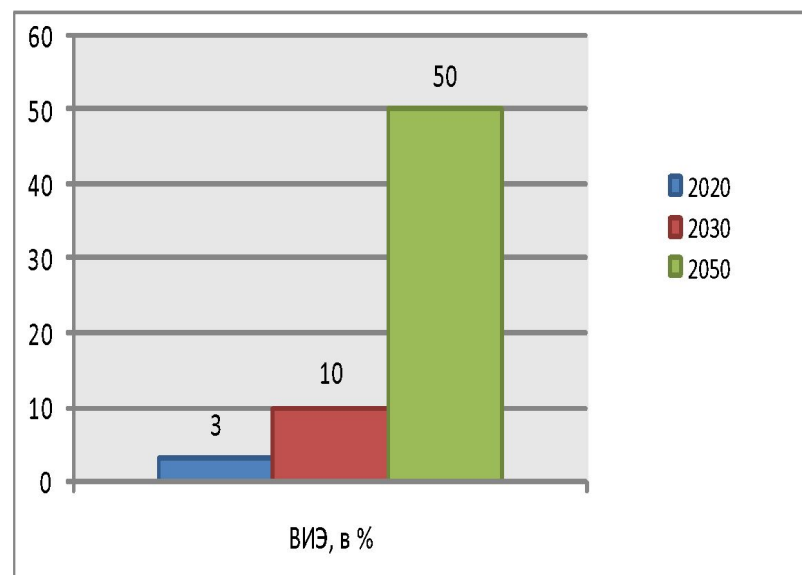
## Схема основных систем преобразования солнечной энергии



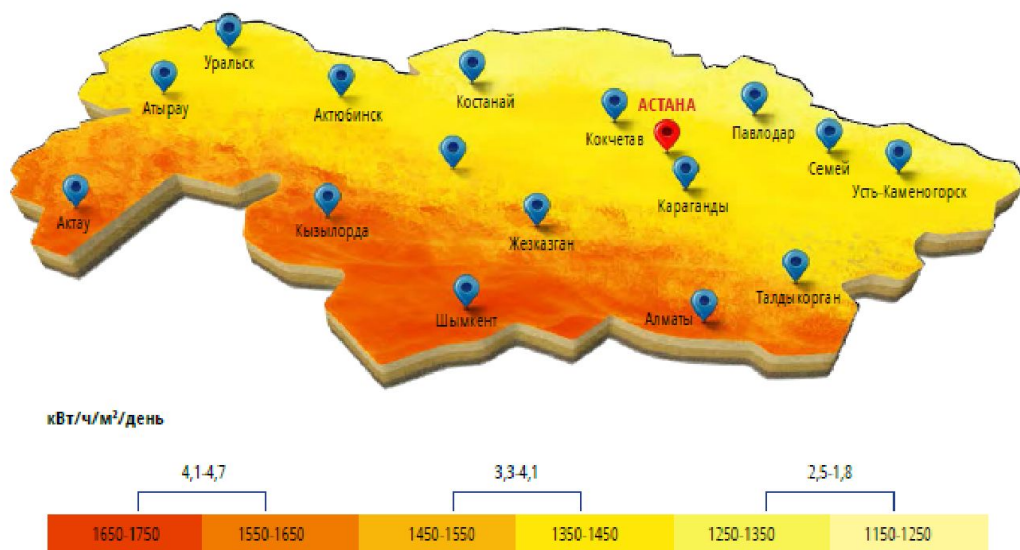
## Мировые инвестиции в развитие ВИЭ



## Перспективы развития ВИЭ в Казахстане



## Распределение солнечной энергии в Казахстане



Республика Казахстан обладает большим потенциалом для развития солнечной энергетики. В среднем количество солнечных дней составляет 250 в год, а в юго-восточных регионах - 300 дней. Энергия солнечного излучения оценивается в 1300-1800 кВт на 1м<sup>2</sup> в год.

**Среднегодовой уровень инсоляции для Астаны и Акмолинской области - 3,5 - 4 кВт\*ч/м<sup>2</sup>/сутки.**



# График выработки электроэнергии, в течении года, фотоэлектрической станцией мощностью 200кВт

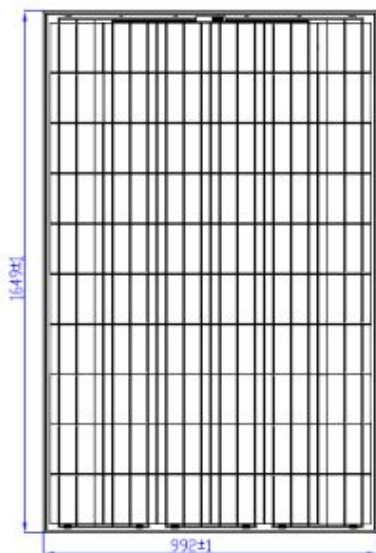
Balances and main results

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	T Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray MWh	E_Grid MWh	EffArrR %	EffSysR %
January	35.4	-15.48	86.3	84.5	17.63	17.33	14.86	14.60
February	55.4	-14.34	104.3	102.0	21.05	20.69	14.69	14.43
March	118.9	-5.34	184.5	180.4	34.77	34.19	13.72	13.49
April	147.0	5.80	177.9	173.1	31.60	31.10	12.93	12.72
May	186.8	14.39	186.8	180.8	31.13	30.65	12.12	11.94
June	190.9	18.58	177.9	171.9	29.11	28.67	11.90	11.73
July	194.6	19.92	187.2	181.0	30.36	29.92	11.80	11.63
August	169.2	18.36	184.8	179.2	30.24	29.80	11.91	11.74
September	124.5	11.74	171.5	167.1	29.10	28.67	12.35	12.16
October	65.5	4.03	103.1	100.5	18.80	18.49	13.28	13.06
November	44.7	-4.74	107.5	105.3	20.86	20.52	14.12	13.88
December	27.5	-13.00	70.8	69.1	14.40	14.15	14.81	14.55
Year	1360.5	3.42	1742.7	1694.8	309.06	304.17	12.91	12.70

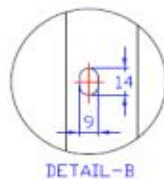
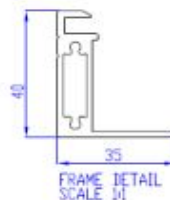
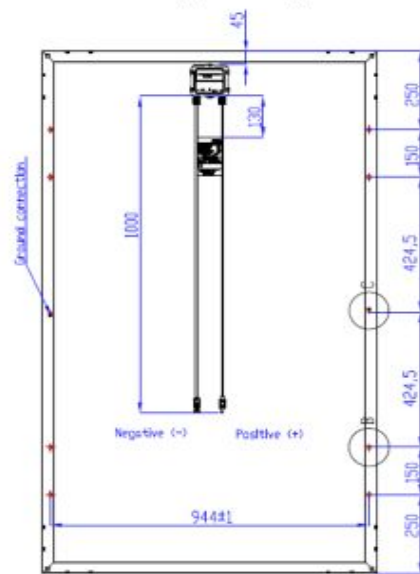
Legends:	GlobHor	Horizontal global irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
	T Amb	Ambient Temperature	E_Grid	Energy injected into grid
	GlobInc	Global incident in coll. plane	EffArrR	Effic. Eout array / rough area
	GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	EffSysR	Effic. Eout system / rough area

## KZ PV 230 M60

Передний вид



Задний вид



Солнечный модуль KZ PV M60

Изготовлен из поликристаллического кремния, состоит из 60 ячеек 156x156 мм.

Размер модуля 1649x992x40 мм, масса около 19,5 кг.

Соединительная коробка исполнения IP67 с 3 байпасными диодами.

Конструкция рассчитана на солнечные панели Astana Solar с размерами: 1649x992x40 мм. Материал конструкции – оцинкованная сталь.

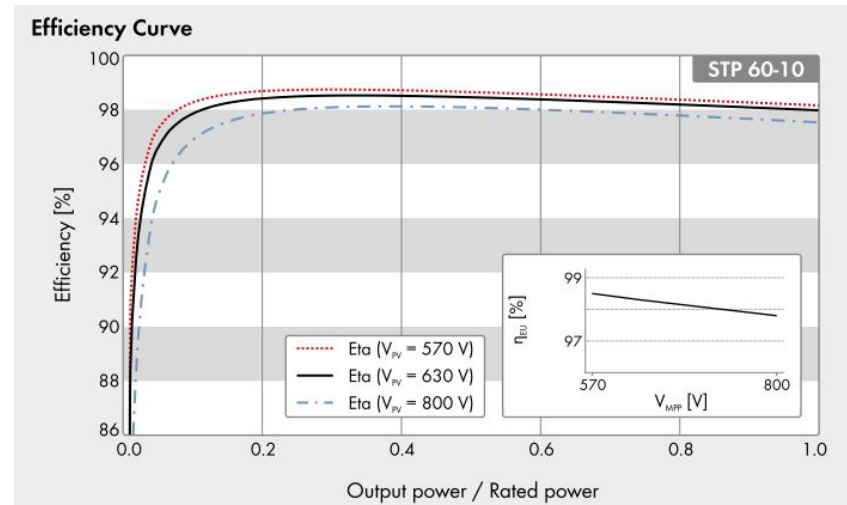
Расчетный угол наклона модулей – 45°.



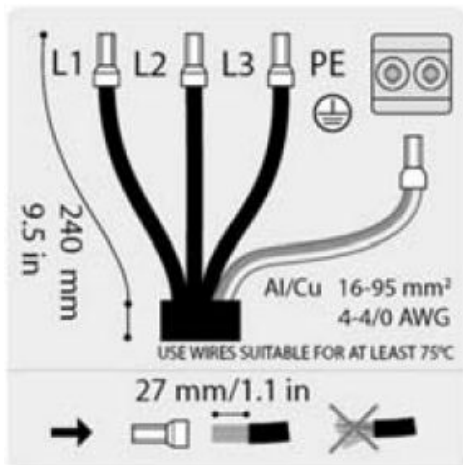
Two-support design without diagonal struts



Сетевой инвертор (On-Grid) с высоким КПД, системное решение для промышленных фотоэлектростанций.



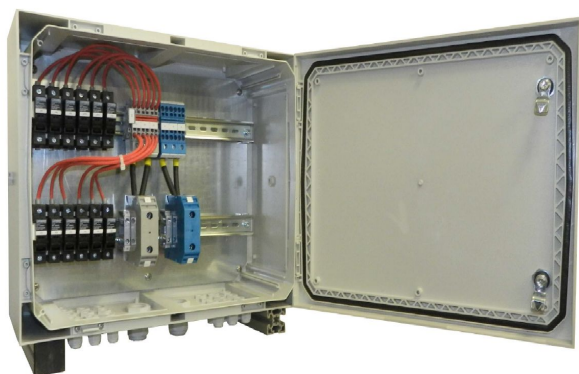
Кривая изменения КПД инвертора



Подключение инвертора к сети производится четырехпроводным кабелем  
Специального заземления корпуса не требуется

# Контроллер связи SMA Inverter Manager IM-10

Технические характеристики	
Напряжение питания	9 – 36 В DC
Потребление мощности	Менее 20 Вт
Размеры Ш x В x Г	160 x 125 x 49 мм
Масса	940 г
Степень защиты	IP 21
Температурный диапазон	-40...+85 <sup>0</sup> С
Относительная влажность	5 – 95% без конденсации
Пользовательский интерфейс	LCS Tool для ПК
Интерфейс датчиков	RS485
Интерфейс подключения к инвертору	1 порт Ethernet RJ45
Интерфейс подключения к локальной сети	1 порт Ethernet RJ45, Modbus TCP Sunspec
Интерфейс удаленного контроля	6 цифровых входов, Modbus TCP через внешний модуль I/O



## Распределительный шкаф SMA DC-Combiner CMB1

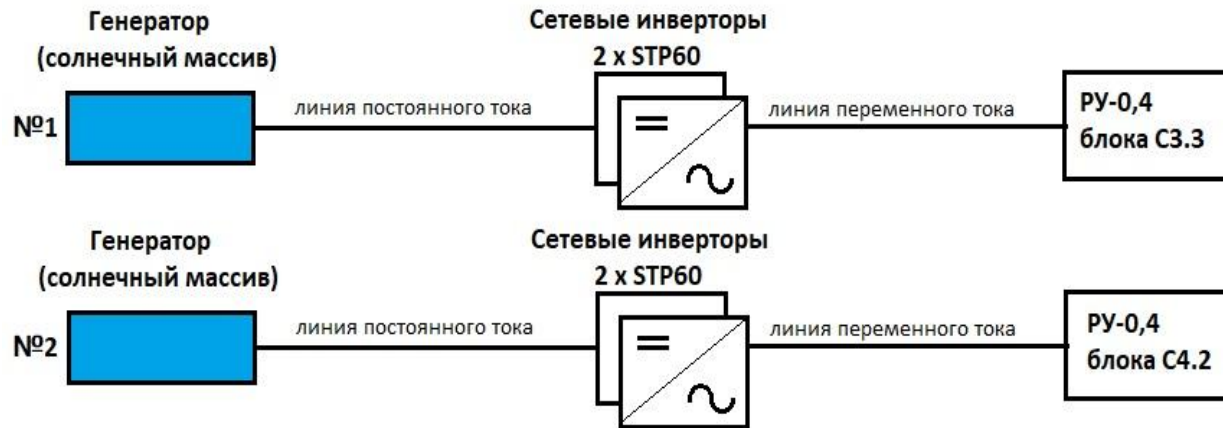
Распределительное устройство для параллельного подключения 12 фотоэлектрических линий (веток).

Положительный полюс линии подключается к модульным терминалам с предохранителями.

Отрицательный полюс подключается к модульным клеммным колодкам, или к терминалам с предохранителями.

Выходные кабели подключаются к клеммным колодкам (рассчитанным на большой ток) или через выключатель.

# Структурная схема ФЭС



ФЭС состоит из 2х солнечных массивов, каждый из которых подключен к РУ-0,4 кВ через сетевые инверторы SMASTP60.

Солнечный массив состоит из фотоэлектрических модулей мощностью 240 Вт каждый:

Массив №1: 420 модулей  $\times$  240 = 100 800 Вт = 100,8 кВт

Массив №2: 420 модулей  $\times$  240 = 100 800 Вт = 100,8 кВт.

Мощность сетевого инвертора STP60 составляет 60 кВт.

Суммарная мощность сетевых инверторов составляет 240 кВт

Суммарная мощность генератора энергии (солнечные массивы) составляет 201,6 кВт.



# Симуляция в программе SketchUp Pro 2016



21 декабря, 22 марта



21 июня, 21 сентября



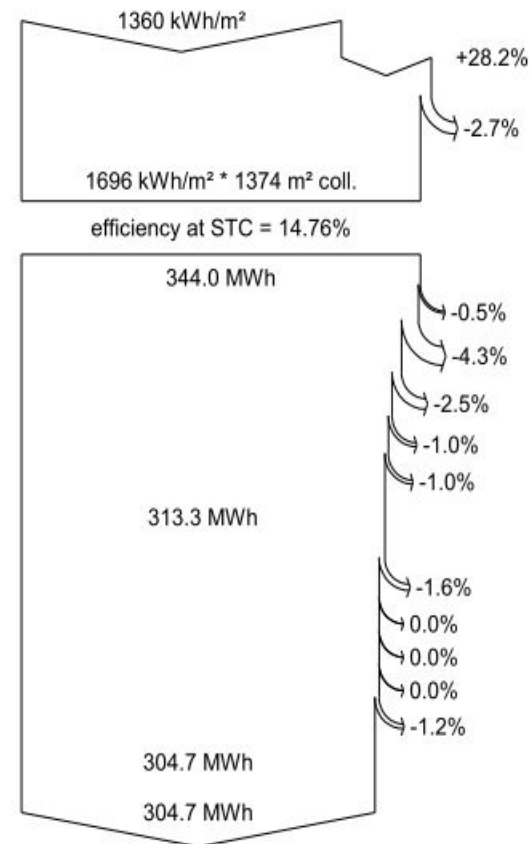


## Баланс и основные результаты

Месяц	суммарная горизонт. радиация кВтч/м <sup>2</sup>	горизонт. рассеянная радиация кВтч/м <sup>2</sup>	температура окружающей среды °С	суммарное падение на плоскость кВтч/м <sup>2</sup>	суммарная эффективная энергия, с учетом IAM и затенений кВтч/м <sup>2</sup>	эффективная энергия на выходе с массива МВтч	энергия, выданная в сеть МВтч	коэффициент исполнения
Январь	35,4	16,12	-15,48	86,1	84,2	17,58	17,27	0,995
Февраль	55,4	25,34	-14,34	104,1	101,8	21,01	20,64	0,984
Март	118,9	33,44	-5,34	184,5	180,4	34,77	34,19	0,919
Апрель	147,1	57,80	5,80	177,2	172,3	31,49	30,99	0,867
Май	186,8	67,61	14,39	188,5	182,6	31,54	31,06	0,818
Июнь	191,0	85,78	18,58	177,3	171,2	29,4	28,97	0,810
Июль	194,4	72,92	19,92	187,7	181,7	30,21	29,76	0,786
Август	169,3	66,95	18,36	185,8	180,2	30,09	29,66	0,792
Сентябрь	124,4	45,13	11,74	172,2	167,8	29,49	29,05	0,837
Октябрь	65,5	36,18	4,03	101,8	99,1	18,73	18,43	0,898
Ноябрь	44,8	17,49	-4,74	107,1	104,8	20,73	20,39	0,945
Декабрь	27,5	14,44	-13,00	71,4	69,8	14,56	14,30	0,993
ГОД	1360,5	539,18	3,42	1743,7	1695,9	309,61	304,71	0,867

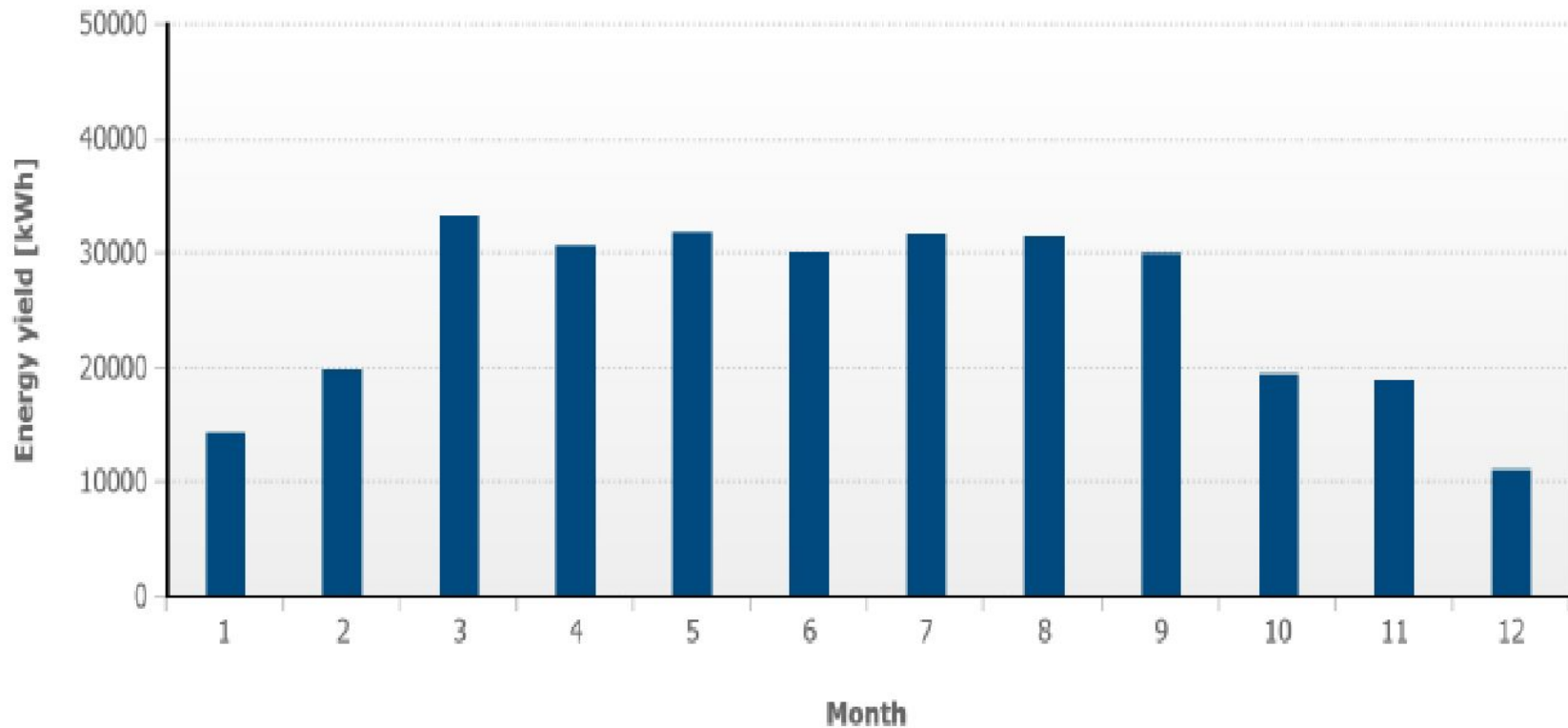
# Диаграмма потерь за год

- Суммарная горизонтальная радиация
- Суммарное рассеивание на поверхности
- Коэффициент IAM суммарный
- Эффективная радиация на коллектор
- PV-конверсия
- Номинальная энергия массива (при STC)
- Потери PV из-за уровня радиации
- Потери PV из-за температуры
- Потери из-за качества модулей
- Потери из-за несоответствия модулей
- Омические потери в проводах
- Виртуальная энергия массива при MPP
- Потери в инверторе в работе (КПД)
- Потери в инверторе при превышении мощности инвертора
- Потери в инверторе из-за установки мощности
- Потери в инверторе из-за номинального напряжения инвертора
- Потери в инверторе из-за установки напряжения
- Доступная энергия для отдачи
- Энергия, отданная в Сеть



# Расчет выработки

Energy yield per month



# Выводы

- Основной целью реализации вышеуказанного проекта является усиление оснащённости Астаны энергоэффективными техническими средствами и технологиями.
- Режим работы ФЭС - параллельный с основной распределительной сетью, являющейся опорной для ФЭС. Произведённая фотоэлектрической станцией электроэнергия идёт в распределительную сеть на такие нагрузки, как освещение этажей, атриумов, лифтовых шахт, лестничных пролётов, серверных, щитовых, а также на электродвигатели вентиляционных установок, внутренние кондиционеры и т.д.
- Если приобрести ФЭС, то капитальные вложения составят 50 млн.тенге, при этом срок эксплуатации гарантирован в течении 25-ти лет. Расходы на электроэнергию при этом будут нулевые, т. к. будет использоваться энергия солнца. Получается за весь период гарантированной эксплуатации проект полностью окупится (при расчете 2 млн.тенге в год).

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**