

*Дилишатов Осконбай Ураимович*

старший преподаватель

Кыргызско-Узбекский университет

г. Ош, Кыргызская Республика

## **ВЛИЯНИЕ РЕЛЬЕФА ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ НА РЕЖИМЫ РАБОТЫ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНЫХ СОЛНЕЧНЫХ УСТАНОВОК**

*Аннотация:* в статье автором исследовано влияние рельефа горной местности на выходные характеристики солнечных теплоэнергетических установок. Установлено, что для выработки необходимой тепловой мощности солнечным теплоэнергетическим установкам, затененным горными скалами, необходима дополнительная площадь солнечных коллекторов, величина которой зависит как от продолжительности затенения, так и от времени дня затенения.

*Ключевые слова:* солнечная радиация, горная местность, рельеф, солнечная теплоэнергетическая установка, теплопроизводительность, солнечный коллектор, дополнительная площадь коллектора.

Несмотря на достаточно высокий уровень энергообеспеченности населения Кыргызстана, где среднедушевое потребление электроэнергии составляет около 2400 кВт ч в год [1], в энергетика страны все еще остается много проблем. К таким проблемам можно отнести низкую эффективность использования топливно-энергетических ресурсов, высокий, а порой и критический уровень изношенности основных производственных мощностей топливно-энергетического комплекса, высокая энергоемкость экономики, достаточно высокий уровень непроизводительных потерь энергии, пренебрежение к проблемам использования возобновляемых источников энергии и др.

Территория Кыргызстана состоит из 48,94% гор, 44,76% естественные пастбища, сенокосы, и около 6,3% из орошаемых земель [2].

Более половины населения Кыргызстана проживает в сельской местности. В весенне-летне-осеннее время большинство сельского населения выезжает на горные и предгорные пастбища. Быт таких людей в течение всего пастбищного

сезона остается малоэнергообеспеченной. Временные жилища этих людей располагаются, как правило, вдали от систем электроснабжения.

Использование энергоустановок на возобновляемых источниках энергии (ВИЭ) для данной категории населения позволило бы решить их проблему в электрической и тепловой энергии, а также существенным образом улучшило бы их бытовые условия.

Например, потребности указанной группы населения в электроэнергии можно было бы покрыть за счет фотоэлектрических станций, микроГЭС, а потребности в тепловой энергии для обогрева временных жилищ и приготовления горячей воды можно было бы покрыть за счет солнечных водонагревательных установок или солнечных систем обогрева передвижных жилищ.

Горные регионы – это особая среда. Существуют ряд факторов горного региона, который непосредственно оказывает влияние на режимы работы, производительность и на КПД энергоустановок на ВИЭ. К таким факторам можно отнести:

1. Факторы рельефа горной местности.
2. Факторы климата горных регионов.
3. Факторы, определяющие эксплуатационные и экономические показатели энергоустановок на ВИЭ.

В работе [3] нами рассмотрено влияние фактора горной местности на технические и экономические показатели солнечных теплоэнергетических установок (СТЭУ).

При вынужденной установке солнечных теплоэнергетических установок (СТЭУ) на скалистых местностях, последние затеняют на определенное время облученность СТЭУ прямой солнечной радиацией, что уменьшает не только общую продолжительность работы СТЭУ в течение дня, но и меняет режимы их работы, что безусловно сказывается на их КПД и производительности.

Настоящая работа посвящена исследованию влияния рельефа горной местности на работу СТЭУ.

Характер затенения СТЭУ скалами может быть разным. Их можно свести на наиболее часто встречающиеся варианты (рис. 1).

Затенение в утреннее время (а), в вечернее время (б), в течение дня один раз (в), в течение дня несколько раз (г) и одновременно всеми случаями (д).

В случае а рельеф горной местности будет влиять на начало работы СТЭУ: отодвигает на позднее время. Однако, облучение более высокой плотностью солнечного излучения, когда прямое СИ попадает на СТЭУ позволяет ей более быстро выходить на рабочий режим.

В случае б, продолжительность работы СТЭУ сокращается. Но, плотность СИ при начале затенения остается еще достаточно высокой. Это позволяет в течение определенного времени использовать еще тепловую инерцию самой СТЭУ.

В случаях в, г и д временное затенение СТЭУ влияет на режим ее работы в течение всего светового дня. Здесь сказывается тепловая инерция СТЭУ и соотношение времен затенения и облучения СТЭУ прямой солнечной радиацией.

- на время начала работы;
- на время конца работы;
- на характер выхода на номинальный режим работы;
- на характер выхода из номинального режима работы;
- на характер режима работы в течение дня;

На рис. 1 приведены наиболее характерные случаи закрытия горами СТЭУ:

– а: СТЭУ расположена на открытой местности, с удаленными горами, на препятствующими поступлению прямой солнечной радиации в течение всего дня;

– б: СТЭУ закрыта с восточной стороны высокими горами;

– в: СТЭУ закрыта с западной стороны высокими горами;

– г: СТЭУ закрыта высокими горами с южной стороны частично, в течение дня;

– д: СТЭУ закрыта высокими горами с несколькими ложбинами с южной стороны;

– е: СТЭУ закрыта всеми предыдущими случаями.

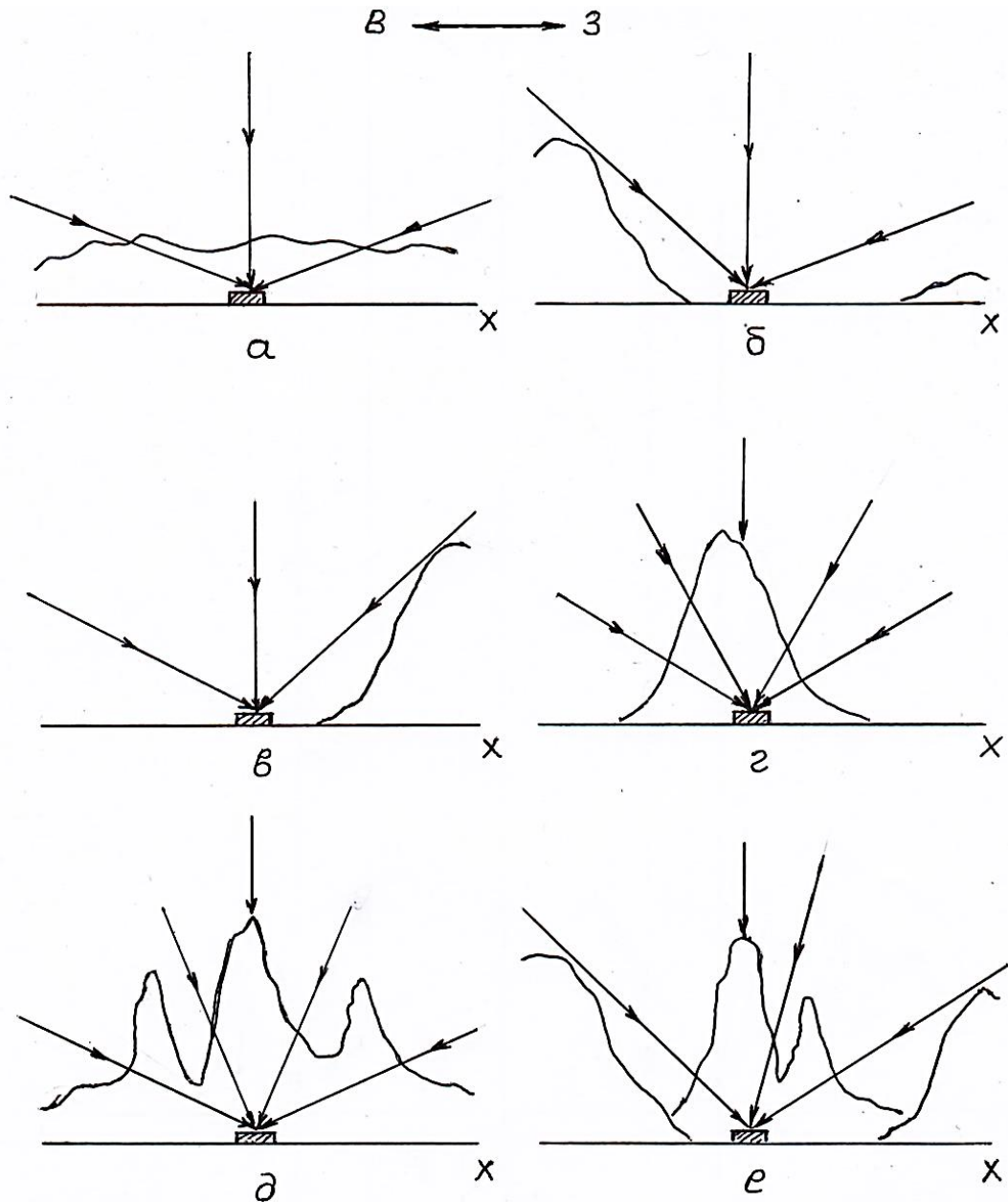


Рис. 1. Характер затенения СТЭУ горами

На рис. 2 приведены характеры поступления прямой (I), рассеянной (D) и суммарной (E) солнечной радиации на СТЭУ для приведенных на рис. 1 характерах затенения.

В любом случае СТЭУ будет облучаться рассеянной солнечной радиацией.

Строго говоря, яркость участка неба, закрытого горными скалами, будет отличаться от яркости открытого неба. В первом приближении мы примем яркость неба во всем пространстве одинаковой.

На режим работы будет оказывать основное влияние поступление прямой солнечной радиации на теплоприемники СТЭУ.

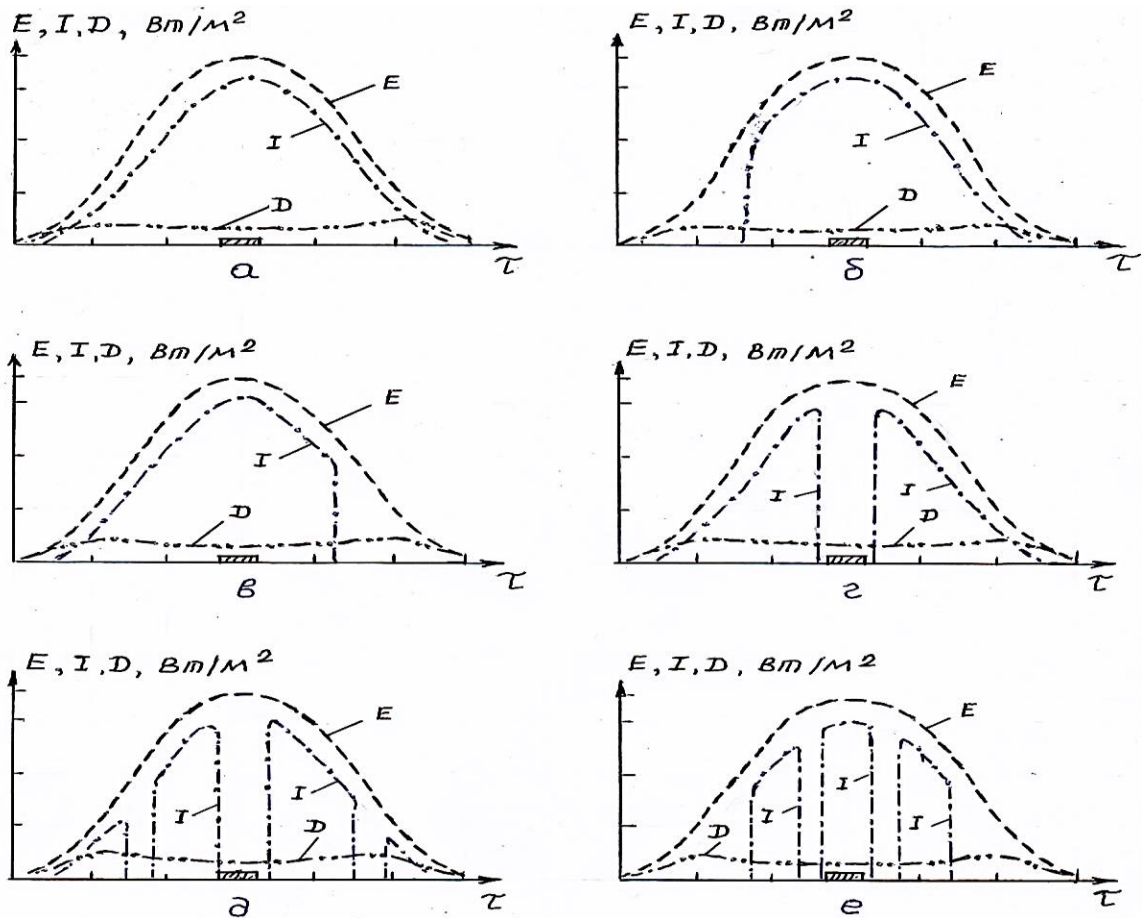


Рис. 2. Характер поступления прямой, рассеянной и суммарной солнечной радиации на СТЭУ при различных случаях затенения горами

Прямая солнечная радиация в данный момент времени определяется выражением [4–6]:

$$I(t) = I_0 e^{-\tau m} \cos[n \wedge i_0(t)] \quad (1)$$

где  $I_0$  – солнечная постоянная ( $1330 \text{ Вт/м}^2$ ),  $\tau$  – оптическая толщина атмосферы по нормали к поверхности Земли,  $m$  – масса атмосферы,  $n$  – нормаль к поверхности теплоприемника  $i_0(t)$  – единичный вектор, направленный на Солнце в данное время.

Суммарный за световой день поток прямой радиации  $I_c$  определяется интегрированием (4) по времени:

$$I_c = \int_{t_B}^{t_3} I(t) dt \quad (2)$$

Поток рассеянной солнечной радиации в данный момент времени определяется выражением [4; 5]:

$$D = \int_{\omega} B \cos i d\omega \quad (3)$$

где  $B$  – функция распределения яркости по небосводу,  $i$  – угол падения радиации в данную точку от заданного участка небосвода,  $d\omega$  – телесный угол, внутри которого падает рассеянная солнечная радиация на данную площадку.

Суммарный за световой день поток рассеянной солнечной радиации  $D_c$  определяется интегрированием (6) по открытой части небосвода и от времени восхода Солнца до захода:

$$D_c = \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{h(\varphi)}^{\pi/2} B(h, \varphi) \cos i \cos h dh \quad (4)$$

где  $h$  – угловая высота нормали к площадке, которая наклонена к горизонту под углом  $\alpha$ ,  $h(\varphi)$  – наименьшая угловая высота точки неба в азимуте  $\varphi$ . Функция  $h(\varphi)$  характеризует закрытость горизонта.

Интегралы в вышеприведенных выражениях считаются численными методами. Таким образом, суммарная солнечная радиация, поступающая на рассматриваемую площадку, равна:

$$E_c = I_c + D_c \quad (5)$$

В случае затенения СТЭУ горными скалами, последняя получает меньше солнечной радиации – как прямой, так и рассеянной.

При этом затененная скалами СТЭУ недополучает прямую солнечную радиацию  $I_{cr}$ , равной:

$$I_{cr} = \int_{t_{31}}^{t_{32}} I(t) dt \quad (6)$$

Тогда затененная скалами СТЭУ получает прямую солнечную радиацию  $I_{cr}$ , равной:

$$I_{cr} = I_c - I_{cr} \quad (7)$$

где  $I_{cr}$  – недополученная прямая солнечная радиация из-за затенения.

Точно так же затененная скалами СТЭУ недополучает часть рассеянной солнечной радиации  $D_r$ , равную:

$$D_r = \int_{2\pi - \theta}^{2\pi} d\varphi \int_{h(\varphi)}^{\pi/2} B(h, \varphi) \cos i \cos h dh \quad (8)$$

где  $\theta$  – угол, на который закрывается СТЭУ скалами.

Следовательно, в итоге затененная скалами СТЭУ получает суммарную солнечную радиацию, меньшую чем СТЭУ, расположенной на открытой местности на величину:

$$\Delta E = E_c - E_{ст} \quad (9)$$

СТЭУ, при среднедневном КПД  $\eta$  и площади приемной поверхности солнечных коллекторов (СК) за световой день вырабатывает тепловую энергию  $Q_c$ , равную:

$$Q_c = \eta S_c E_c \quad (10)$$

Следовательно, чтобы обеспечить улавливание того же количества солнечной радиации и выработки того же количества тепловой энергии  $Q_c$ , что и СТЭУ, расположенного на открытой местности, мы должны увеличить площади СК на величину:

$$\Delta S = (S_{ст} - S_0) \Delta E / \eta S_{ст} Q_{ст} \quad (11)$$

Здесь КПД СТЭУ как для горных, так и для долинных условий приняты одинаковыми.

Таким образом, вынужденное использование дополнительной площади СК, естественно, увеличит стоимость всей СТЭУ в целом. Величина  $\Delta S$  зависит не только от продолжительности затенения СТЭУ, но и от времени дня затенения. Если затенение происходит в утренние и вечерние часы, то величина  $\Delta S$  может быть не такой уж большой, так как в эти периоды дня значения  $I_c$  и  $D_c$  невелики.

Если же затенение происходит в полуденные часы, то величина  $\Delta S$  может быть значительной, так как в эти периоды дня значения  $I_c$  и  $D_c$  соответственно значительны.

### ***Список литературы***

1. Кыргызстан. Окружающая среда и природные ресурсы для устойчивого развития. ПРООН в Кыргызской Республике [Текст]. – Бишкек, 2007. – 92 с.
2. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1–6. Выпуск 32. Киргизская ССР [Текст]. – Л.: Гидрометеиздат., 1989. – 375 с.

3. Исманжанов А.И. Оценка экономической эффективности гелиоустановок в горных условиях [Текст] / А.И. Исманжанов, А.Б. Сатыбалдыев, О.У. Дилишатов // Гелиотехника. – 2005. – №3. – С. 38–42.

4. Черванеев И.Г. К энергетической характеристике горных склонов [Текст] / И.Г. Черванеев, В.И. Мамницкий [и др.] // Вестник Харьковского университета. – 1985. – Вып. 267. – С. 59–63.

5. Черванеев И.Г. К расчету радиационного режима горного рельефа [Текст] / И.Г. Черванеев, В.И. Мамницкий [и др.] // Вестник Харьковского университета. – 1985. – Вып. 283. – С. 3–5.

6. Даффи Дж. А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии [Текст] / Дж. А. Даффи, У.А. Бекман. – М.: Мир, 1977. – 420 с.