

УДК 662.997.534

**Эрмекова З.К.***к.т.н., доц. Кыргызско-Узбекс. Межд. универ. им. Б.Сыдыкова, Кыргызская Республика***Асанбаев И.И.***преп. Кыргызско-Узбекского Межд. универ. им. Б.Сыдыкова, Кыргызская Республика***Салиева Н.А.***сопр. ОНиИ Кыргызско-Узбекского Межд. универ. им. Б.Сыдыкова, Кыргызская Республика*

## **КҮН РАДИАЦИЯСЫНЫН ТҮШКӨН ЖАНА ТУНУК ТОСМОЛОР АРКЫЛУУ ӨТКӨН АГЫМЫН ЭСЕПТӨӨ АЛГОРИТМИ**

*Бул жумушта изилдөөнүн предмети катары тунук тосмонун геометриялык жана оптикалык мүнөздөмөлөрүн, ошондой эле күн радиациясынын мүнөздөмөлөрүн эске алуу менен күн радиациясынын түзүлүштөрүн эсептөө болуп саналат. Изилдөөнүн максаты болуп түшүү бурчунун косинусунун интегралына киргендер тунук тосмонун геометриясына жана ага күн бою өзгөрмөлүү күн нурларынын түшүү бурчуна көз каранды экенин аныктоо. Ошол эле учурда, маселени жалпылоо мүмкүнчүлүгү бар (алар күн радиациясынын тыгыздыгына көз каранды эмес), башкача айтканда убакыттын ар бир учуру үчүн алардын кээ бир орточо маанилерин аныктоого болот. Изилдөөлөрдө теоретикалык жана эксперименталдык усулдары пайдаланылды. Изилдөөнүн жыйынтыгында тунук тосмо аркылуу түшкөн жана өткөн күн агымын мүнөздөөчү агым коэффициенттерин жалпылоо. Жарым цилиндрдик жана сегменттик программалардын агымынын коэффициенттерин, аянтын, күндүн жана алардын компоненттерин эсептөө алгоритми жана программасы иштелип чыккан.*

**Негизги сөздөр:** тунук каптама; тунук тосмонун сырткы жана ички бети; түшүү бурчу; күн нурунун агымы; эсептөө алгоритми.

## **АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ПОТОКА СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ПАДАЮЩЕГО И ПРОХОДЯЩЕГО ЧЕРЕЗ ПРОЗРАЧНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ**

*Предметом исследования в данной работе является расчет солнечных радиационных структур с учетом геометрических и оптических характеристик прозрачного барьера, а также характеристик солнечного излучения. Те, которые входят в Интеграл косинуса угла падения в качестве цели исследования, зависят от геометрии прозрачного барьера и угла падения на него солнечного света, который меняется в течение дня. В то же время существует возможность обобщить проблему (они не зависят от плотности солнечной радиации), то есть можно определить некоторые из их средних значений для каждого случая времени. В исследованиях использованы как теоретические, так и экспериментальные методы. Обобщение коэффициентов потока, характеризующих солнечный поток, падающий через прозрачный барьер и проходящий через него в результате исследования. Разработаны алгоритм и Программа расчета коэффициентов потока, площади, времени суток и их составляющих для полуцилиндрических и сегментных программ.*

**Ключевые слова:** прозрачное покрытие; лицевой и тыльной поверхности прозрачного ограждения; угла падения, солнечный поток; солнечных лучей, солнечного потока; алгоритм расчета.

## **ALGORITHM FOR CALCULATING THE FLUX OF SOLAR RADIATION INCIDENTING AND PASSING THROUGH TRANSPARENT FENCES**

*The subject of research in this work is the calculation of solar radiation structures taking into account the geometric and optical characteristics of the transparent barrier, as well as the characteristics of solar radiation. Those included in the Incident Angle Cosine Integral as a research objective depend on the geometry of the transparent barrier and the angle of incidence of sunlight on it, which varies throughout the day. At the same time, it is possible to generalize the problem (they do not depend on the density of solar radiation), that is, it is possible to determine some of their average values for each time case. The research used both theoretical and experimental methods. Generalization of flux coefficients characterizing the solar flux incident and passing through a transparent barrier as a result of the study. An algorithm and program for calculating*

flow coefficients, area, time of day and their components for semi-cylindrical and segment programs have been developed.

**Key words:** transparent coating; front and back surfaces of transparent fencing; angle of incidence, solar flux; sun rays, solar flow; calculation algorithm.

Рассмотрим вначале потоки, проходящие через элементарные площадки прозрачного ограждения (ПО). При этом, как обычно предполагается в фотометрии будем считать, что и в общем случае и для объемной конфигурации ПО выполняется условие - в пределах элементарной площадки поверхности ПО вектор нормали и плотность падающего излучения есть величины постоянные [1]. Из положений фотометрии [1], также следует, что поток излучения  $d\Phi$ , падающий на элементарную площадку поверхности ПО  $dS_{oc}$  будет равен

$$d\Phi = E_c * (c * n) * dS_{oc}. \quad (1)$$

В предположении, что нормали элементарных площадок лицевой и тыльной поверхности ПО, которые соответствуют точкам входа и выхода луча имеют почти одинаковое направление, получаем, что поток солнечного излучения проходящий через площадку  $dS_{oc}$  будет равен

$$d\Phi_2 = E_2 * (c_2 * n_2) * dS_2 = k_{по} * E_c * (c * n) * dS_{oc}. \quad (2)$$

А поток, проходящий через освещаемую часть поверхности ПО в некоторый момент времени  $\tau$  будет равен

$$\Phi_2 = \iint_{S_{oc}} k_{по} * E_c * (c * n) * dS_{oc}. \quad (3)$$

Входящие в интеграл косинус угла падения  $\cos i$ , или скалярное произведение  $(c * n)$ , а также  $k_{по}$  зависят от геометрии ПО и угла падения на него солнечных лучей переменных в течение дня. В тоже время имеется возможность обобщения задачи (они не зависят от плотности солнечного излучения), т.е. можно определить их некоторые средние значения для каждого момента времени. Такие задачи рассматривались в ряде работ, например, в [2] предлагалось использовать среднее значение косинуса угла падения солнечных лучей, или  $\cos i_{cp} = S_{п} / S_{oc}$ . Запишем для этого интеграл (3) в виде суммы, или

$$\Phi_2 = \sum \sum k_{по} * E_c * dS_{п}. \quad (4)$$

При этом всегда поток  $\Phi_{п}$ , падающий на освещаемую часть ПО равен

$$\Phi_{п} = \sum \sum E_c * dS_{п}. \quad (5)$$

Формально можем ввести в задачу понятие интегрального параметра пропускания ПО  $K_T$  в момент времени  $\tau$  как

$$K_T = \Phi_2 / \Phi_{п}. \quad (6)$$

Выражение (2.27) с учетом (2.25) и (2.26) можно записать в виде

$$K_T = \Phi_2 / \Phi_{\Pi} = \sum \sum k_{\Pi O} * E_C * dS_{\Pi} / \sum \sum E_C * dS_{\Pi}. \quad (7)$$

Как видно, в (7) числитель и знаменатель сокращаются на  $E_C$  и если считать, что одинаково и количество площадок  $N$ , то (7) запишется в виде

$$K_T = (\sum k_{\Pi O}) / N \quad (8)$$

И так мы определили, что интегральный параметр пропускания освещаемой части ПО равен среднему арифметическому из суммы её коэффициентов пропускания элементарных участков  $k_{\Pi O}$  деленному на число элементарных участков  $N$ .

Также видно, что среднее значение  $K_T$ , как и среднее  $\cos i_S$  или коэффициент площади  $K_{\Pi}$  позволяют определять их независимо от значений  $E_C$  и характера её изменения, которое даже для ясной погоды носит достаточно сложный характер. С учетом указанного входящий через ПО поток  $\Phi_2$  будет равен

$$\Phi_2 = K_T * \Phi_{\Pi} = K_T * E_C * S_{\Pi}. \quad (9)$$

Учитывая, что среднее значение  $\cos i_S$  или коэффициента площади  $K_{\Pi}$  физически является отношением площади проекции  $S_{\Pi}$  освещаемой части ПО  $S_{OC}$ , или

$$K_S' = \cos i_S = S_{\Pi} / S_{OC}, \quad (10)$$

то выражение (9) можно переписать в виде

$$\Phi_2 = K_T * K_S' * E_C * S_{OC}. \quad (11)$$

Из (9) или (10) видно, что если для плоской ПО этим выражениям в принципе достаточно для определения солнечного потока, входящего через плоское ПО (для плоской ПО  $S_{OC}$  постоянно и всегда равно площади ПО –  $S_{\Pi O}$ ) то для объемных конфигураций ПО необходимы дополнительные соотношения.

Например, если обобщать значения коэффициента потока не в виде  $\cos i_S$ , а в виде другого параметра  $K_{\Pi 2}$

$$K_{\Pi 2} = S_{\Pi} / S. \quad (12)$$

Здесь, как и выше,  $S_{\Pi}$  - нормальная к солнечным лучам площадь проекции освещаемой части ПО, а  $S$  – площадь плоскости, замыкающей ПО (см. рисунок 1).

Так как  $K_{\Pi 2}$  это геометрический параметр, то также, как и  $K_S'$  он может определяться заранее.

Подставляя (12) в (9) окончательно получаем выражение для определения солнечного потока, входящего через прозрачное ограждение

$$\Phi_2 = K_T * \Phi_{\Pi} = E_C * K_T * K_{\Pi 2} * S. \quad (13)$$

Как видно, для определения входящего солнечного потока необходимо знать 4 величины, из которых для конкретной ПО (должны быть известны её геометрические параметры, см. рисунок 1) и табулированные для этой ПО значения  $K_T$ ,  $K_{\Pi 2}$ , а также  $E_C$ .

Пропускание потока солнечного излучения прозрачным ограждением зависит в общем случае от её геометрии, ориентации, её оптических свойств и толщины, а также, очевидно от угла падения солнечных лучей, т.е. поток солнечного излучения, входящий через ПО будет величиной переменной в течение дня [2].

Характерные геометрии ПО, которые в настоящее время широко используются в солнечных низкопотенциальных установках приведены на рисунке 1.

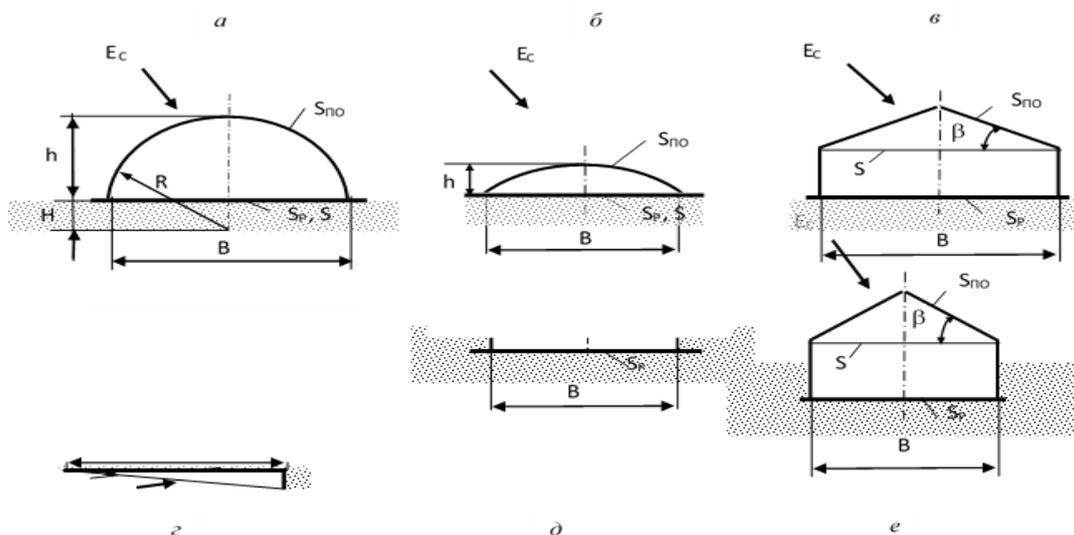


Рисунок 1 - Характерные сечения солнечных установок и геометрии прозрачных ограждений: *a* – полуцилиндрическая (арочная); *б* – сегментная; *в* – двускатная с прозрачными боковыми стенками; *г* – с плоской наклонной ПО и с теплоизолированной задней стенкой; *д, е* - заглубленные.

Учитывая большое разнообразие геометрий прозрачных ограждений и ориентаций солнечных установок введем некоторые определения.

Площадь прозрачного ограждения -  $S_{\text{ПО}}$ .

Площадь плоскости, замыкающей прозрачное ограждение -  $S$ .

Рабочая площадь солнечной установки –  $S_{\text{Р}}$ .

Как видно из рисунка 1 для схем «а – в» и «д, е» замыкающая ПО площадь  $S$  равна рабочей площади  $S_{\text{Р}}$ , а для схемы "г" она равна площади прозрачного ограждения  $S_{\text{ПО}}$  (солнечное излучение, падающее на заднюю стенку также может быть использовано).

Эти зависимости для некоторых случаев и геометрий ПО (плоская, полуцилиндрическая) могут быть доведены до аналитического вида, однако более целесообразный путь учитывая возможности компьютерной техники — это разработка алгоритмы и программ расчета.

Рассмотрим теперь алгоритмы расчета коэффициентов площади и пропускания  $K_{\text{T}}$ . Определения коэффициентов, входящих в выражение (13) даны выше. Из этих выражений следует, что для определения относительного потока солнечного излучения, входящего в ПО -  $K_{\text{T}}$ ,  $K_{\text{S}}$  и  $K_{\text{П}2}$  достаточно в первом приближении рассмотреть только прямые солнечные осевые солнечные лучи. Задача существенно усложняется при расчете вхождения в ПО диффузной части солнечной радиации.

В случае диффузной радиации на каждую точку поверхности ПО, в отличие от прямого солнечного излучения, падает пучок лучей, включающий рассеянное на облаках и

отраженное от окружающих тел солнечное излучение, составляющий в общем случае пучок с углом до  $\pi/2$ .

При этом в двукратный интеграл по поверхности ПО добавляется еще один интеграл по конусу пучка.

Однако, как показывают исследования [6-8] можно считать, что диффузная составляющая солнечного излучения слабо зависит от положения Солнца над горизонтом, т.е. мало изменяется в течение дня, что означает, что её также можно достаточно вычислять только один раз.

Также известно, что в ясные дни диффузная составляющая мала по сравнению с прямой солнечной радиацией. Отметим, что в облачные дни доля диффузной составляющей может стать основной, но т.к. в этих случаях суммарная плотность солнечной радиации обычно мала и не превышает  $300 \text{ Вт/м}^2$ , то в общем такие случаи можно не рассматривать.

В связи с этим далее будем определять коэффициенты потока только для прямой составляющей солнечного излучения.

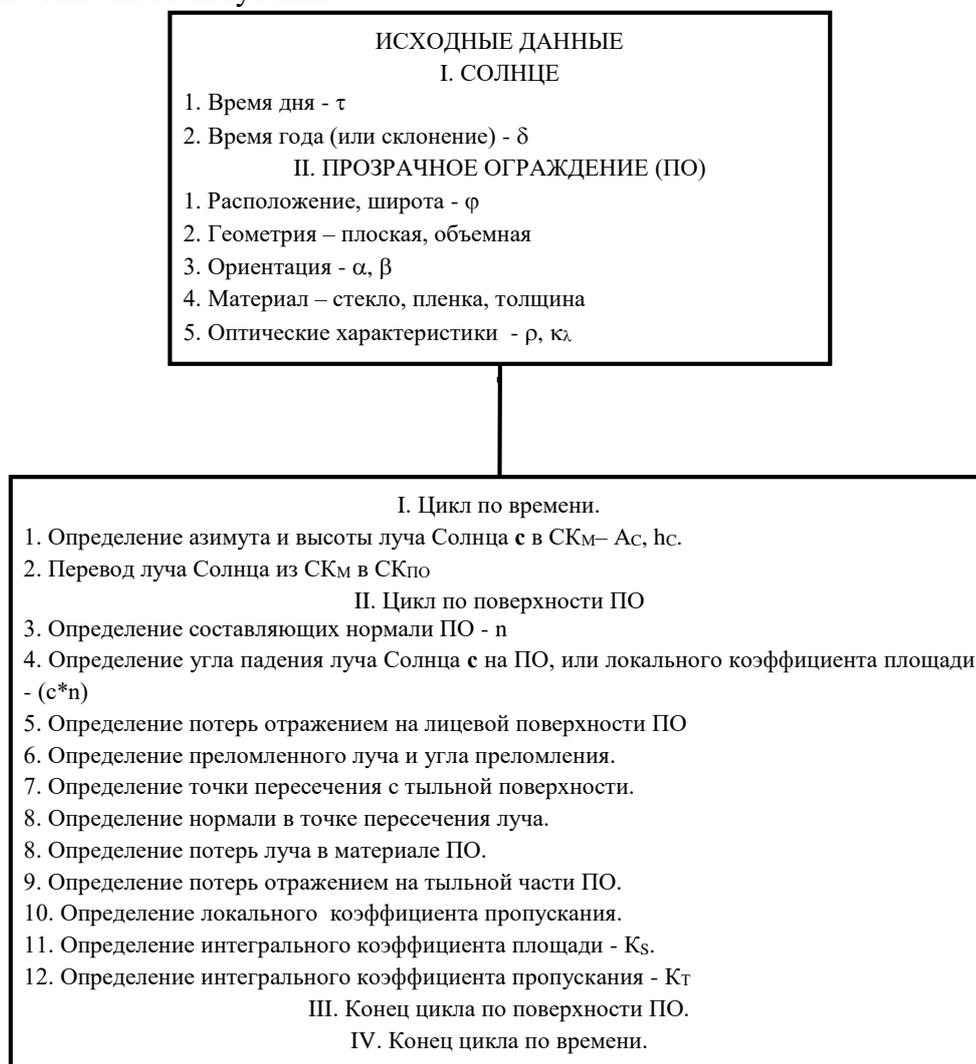


Рисунок 2 - Блок-схема алгоритма расчета коэффициентов потока.

При этом учитывая малость углового радиуса Солнца  $\varphi_0$ , можно рассматривать только осевой солнечный луч. Блок-схема алгоритма определения потока солнечного излучения, входящего в ПО приведена на рисунке 2.

Как видно, основные этапы алгоритмизации — задачи- это определение направления солнечного луча во времени и задание его в системе координат (СК) солнечной установки [9]. Создать и определить математическую модель с использованием скалярного алгоритма расчета и уравнений многомерной регрессии [11].

Как видно, в алгоритме используются в основном соотношения из геометрической оптики, фотометрии и аналитической геометрии, так, например, блоки 5-10, а также 11 и 12 определяются по выражениям, приведенным выше.

Рассмотрим выражения для определения блоков 1-4. Согласно [9] вводим в задачу две основные системы координат (см. рисунок 3а, б), местную СК<sub>М</sub> (OX<sub>М</sub> – на Юг, OY<sub>М</sub> – на Восток, OZ<sub>М</sub> – по вертикали места и СК (OXYZ), связанную с солнечной установкой, причем начальное положение её осей совпадает с осями СК<sub>М</sub> (см. рисунок 3б).

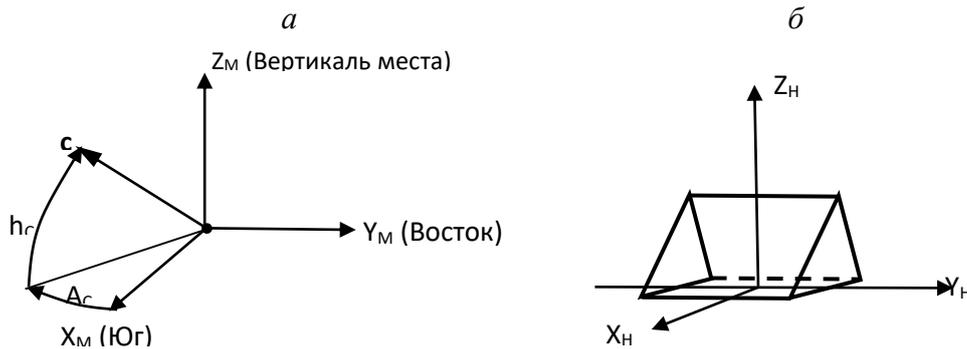


Рисунок 3 - Положение Солнца в местной системе координат СК<sub>М</sub> (а) и начальное положение НПУ в СК<sub>Н</sub> (б).

Ориентацию ПО или НПУ относительно местной системы координат СК<sub>М</sub> и соответственно наоборот определяем по схеме, приведенной на рисунке 4.

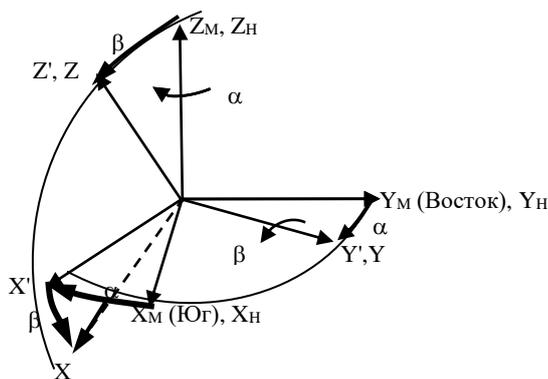


Рисунок 4 - Схема к определению ориентации НПУ относительно СК<sub>М</sub>.

То есть связь между СК ПО и СК<sub>М</sub> определяется двумя углами: α - поворот в горизонтальной плоскости и β - угол "наклона" ПО.

Итак, при α = 0 имеем широтную ориентации (длинная ось ПО вдоль широты), а при α = 90° меридианную ориентацию (длинная ось ПО вдоль меридиана). Матрицы перехода от СК<sub>М</sub> к СК установки или ПО и обратно имеют вид [10].

Переход от СК <sub>М</sub> к СК				Переход от СК к СК <sub>М</sub>			
	X <sub>М</sub>	Y <sub>М</sub>	Z <sub>М</sub>		X	Y	Z
X	cosα*cosβ	-sinα*cosβ	-sinβ	X <sub>М</sub>	cosα*cosβ	sinα	cosα*sinβ
Y	sinα	cosα	0	Y <sub>М</sub>	-sinα*cosβ	cosα	-sinα*sinβ
Z	cosα*sinβ	-sinα*sinβ	cosβ	Z <sub>М</sub>	-sinβ	0	cosβ

(14)

Составляющие солнечного луча в СК<sub>М</sub>, как известно равны (рисунок 2а)

$$c_{xM} = \cosh c * \cos A_c; \quad c_{yM} = -\cosh c * \sin A_c; \quad c_{zM} = \sinh c, \quad (15)$$

где  $A_c$ ,  $h_c$  – углы азимута и высоты Солнца, относительно плоскости горизонта, равные

$$h_c = \arcsin(\cos \delta * \cos(\omega_3 * \tau) * \cos \varphi + \sin \delta * \sin \varphi), \quad (16)$$

$$A_c = \arcsin(\cos \delta * \sin(\omega_3 * \tau) / \cosh c),$$

где  $\delta$  – склонение Солнца,  $\omega_3$  – угловая скорость вращения Земли,  $\varphi$  – широта места,  $\tau$  – время, отсчитываемое в задаче от полудня. На этом алгоритм определения углов падения солнечных лучей на солнечную установку и далее на ПО заканчивается.

По результатам исследований влияния оптико-геометрических и теплотехнических параметров опреснителя на её производительность можно сделать следующие выводы.

#### Выводы:

1. Показано, что обобщение коэффициентов потока, характеризующих падающий и входящий через прозрачное ограждение солнечный поток, необходимо проводить относительно некоторой постоянной площади, например, рабочей или замыкающей плоскости;

2. Разработан алгоритм и программа расчета коэффициентов потока, площади, пропускания в заданный момент времени дня и их составляющих, как локальных, так и средних полуцилиндрических и сегментных ПО;

3. Показано, что для полуцилиндрических ПО меридиональная ориентация обеспечивает в течение дня больший, чем при широтной ориентации солнечный поток, входящие через ПО, в то время как в сегментных имеем обратную ситуацию – более целесообразна широтная ориентация ПО, причем это не зависит от длины ПО;

4. Определены коэффициенты площади и потока скатных ПО, разработана программа, позволяющая проводить расчетные исследования по определению их эффективных параметров для самого различного их сочетания и расположения. Показано, что для скатных ПО также более эффективна меридиональная ориентация.

#### Список литературы:

1. **Клычев, Ш.И.** Концентраторы солнечного излучения - моделирование и расчет [Текст] / Ш.И. Клычев, С.Ю. Никитин // LAP Lambert Academic Publishing. Deutschland, 2016.- Pp 195.
2. **Исманжанов, А.И.** Исследование эксплуатационных характеристик малометаллоемкой солнечной опреснительной установки [Текст] / А.И.Исманжанов, З.К. Эрмекова, И.И. Асанбаев // Наука.Образование.Техника.- Ош: КУУ, 2016.- №3,4.- С.13-17.

3. Эрмекова, З.К. Разработка конструкции солнечной опреснительной установки для питьевого водоснабжения [Текст] / З.К. Эрмекова, И.И. Асанбаев // Наука. Образование. Техника.- Ош: КУМУ, 2023.- №1.- С. 5-12.
4. Эрмекова, З.К. Анализ и расчет солнечной радиации на территории города Ош и Карасуйского района [Текст] / З.К. Эрмекова, О.У. Дилишатов, Б.У. Хасанов // Наука. Образование. Техника.- Ош: КУУ, 2022. - №2. - С. 35-43
5. Эрмекова, З.К. Коэффициенты потока скатных прозрачных ограждений солнечных установок [Текст] / З.К. Эрмекова // Наука. Образование. Техника.- Ош: КУУ, 2019. - №1. - С.12-17.
6. Исманжанов, А.И. Моделирование и расчет светопропускания прозрачного ограждения солнечных установок [Текст] / [А.И. Исманжанов, Ш.И. Клычев, М.С. Самиев, З.К. Эрмекова] // Наука. Образование. Техника.- Ош: КУУ, 2015.- №1.- С.33-37.
7. Рзаев, П.Ф. О вхождении солнечной радиации в гелиотеплиц [Текст] / П.Ф. Рзаев // Гелиотехника.- Ташкент: АН РУз, 1965.- №4. - С. 43-48.
8. Якубов, Ю.Н. Расчет солнечной радиации, падающей на цилиндрическую поверхность [Текст] / Г.Я. Умаров, К.Б. Байбутаев // Гелиотехника. - Ташкент: АН РУз, 1972.- №3. - С. 52-56.
9. Авезов, Р.Р. Коэффициент пропускания светопрозрачной изоляции плоских гелиоустановок диффузной солнечной радиации [Текст] / Р.Р. Авезов, Н.Р. Авезова, К.А. Самиев // Гелиотехника. - Ташкент: АН РУз, 2007.- №1. - 11 с.
10. Гершун, А.А. Избранные труды по фотометрии и светотехнике [Текст] / А.А. Гершун.-М.: Гостехиздат, 1958. – 548 с.
11. Адылова Э.С. Определение факторов влияющих на объем воды в Токтогульских водохранилищах с помощью математических моделей [Текст] / Э.С. Адылова, Г.К. Омурбекова // Наука. Образование. Техника.- Ош: КУУ, 2022.- №2.- С.43-48

Поступила в редакцию: 05.01.2024 г.

УДК 622.271

**Кожогулов К.Ч.**

*д.т.н., проф. Кыргызского гос. технич. универ. им. И. Раззакова, Кыргызская Республика*

**Кожогулов Б.К.**

*к.э.н., директор Проектного центра «Кен-Тоо», Кыргызская Республика*

**Тишуров М.К.**

*инженер Проектного центра «Кен-Тоо», Кыргызская Республика*

**Ганиев Ж.М.**

*и.о. доцента Кыргызского гос. технич. универ. им. И. Раззакова, Кыргызская Республика*

## КЫРГЫЗСТАНДА ТИК ЖАТКАН КЕНДЕРДИ ИШТЕП ЧЫГУУДА ЭКОЛОГИЯЛЫК ТАЗА ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ КОЛДОНУУ МҮМКҮНЧҮЛҮГҮ

*Бул жумушта изилдөө предмети болуп Кыргызстанда жайгашкан тик кендерди иштетүү технологиясы эсептелет. Изилдөөнүн максаты - Кыргызстанда жайгашкан тик кендерди иштетүүдө экологиялык таза технологияларды колдонуу мүмкүнчүлүгүн аныктоо. Изилдөөлөрдө бургулоо машинасын жана эшмезымдуу арааны колдонуу менен өзөктү казып алуу технологиялык схемаларды талдоо методдору колдонулган. Изилдөөнүн натыйжасында, аз кубаттуу өзөктөрдү иштетүүнүн үзгүлтүксүз ыкмаларынын мүмкүнчүлүктөрүн талдоо жүргүзүлгөн. Бул өзөктөрдү казып алуу үчүн бургулоо машинанын колдонуу мүмкүнчүлүктөрүн көрсөтүлгөн. Эшмезымдуу араа менен мындай өзөктөрдү казуу ыкмасы негизделген. Изилдөөнүн жыйынтыктары түстүү, баалуу жана сейрек металлдарды казып алуучу тоо-кен ишканаларына сунушталат.*

**Негизги сөздөр:** жол; тик кулоо; аз кубаттуу өзөк; атайын эшмезымдуу араа.

## ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КРУТОПАДАЮЩИХ ЖИЛ В КЫРГЫЗСТАНЕ

*В данной работе предметом исследования является технология разработки крутопадающих жил в Кыргызстане. Цель исследования - возможности применения экологически чистых технологий*