

УДК621.47:662.997:662.99:771.449.2

UDC 621.47:662.997:662.99:771.449.2

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ
ПОГЛОЩЕНИЯ ОПТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ
РАЗВЕТВЛЕННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ
ПРИЕМНИКА СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО
ЭНЕРГОТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

**A MATHEMATICAL MODEL OF OPTICAL
ENERGY ABSORPTION WITH RAMIFIED
SURFACE OF THE DETECTOR OF THE
SYSTEM OF AUTONOMOUS POWER
HEATING SUPPLY OF AGRICULTURAL
PRODUCTION**

Газалов Владимир Сергеевич
ведущий научный сотрудник отдела
электроэнергетики
*Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение Северо-Кавказский научно-
исследовательский институт механизации и
электрификации сельского хозяйства (ФГБНУ
СКНИИМЭСХ),*

Gazalov Vladimir Sergeyevich
senior researcher
*Federal State financed scientific institution North
Caucasus scientific- research institute of
mechanization and electrification of agriculture
(FSBSI NCSRIMEA*

д-р техн. наук, профессор кафедры энергетики
*Азово-Черноморский инженерный институт
ФГБОУ ВПО ДГАУ в г.Зернограде, Зерноград,
Россия*

Dr.Sci.Tech., professor of the Energy department
*Azov-Black sea engineering Institute FSBEI DSAU in
Zernograd, Zernograd, Russia*

Брагинец Андрей Валерьевич
аспирант, младший научный сотрудник научный
сотрудник отдела электроэнергетики
*Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение Северо-Кавказский научно-
исследовательский институт механизации и
электрификации сельского хозяйства (ФГБНУ
СКНИИМЭСХ), Зерноград, Россия*

Braginets Andrey Valeryevich
postgraduate student, junior researcher
*Federal State financed scientific institution North
Caucasus scientific- research institute of
mechanization and electrification of agriculture
(FSBSI NCSRIMEA), Zernograd, Russia*

Разработаны солнечные коллекторы
гелиоводонагревателя с разветвленной
поверхностью. Выполнена энергетическая оценка
конструкции гелиоустановки, повышения
эффективности ее работы за счет многократных
отражений потоков солнечного излучения

Solar collectors of helio-water heater with ramified
surface were developed. We have also made an energy
estimation of a helio-unit construction and
enhancement of efficiency of its work due to multiple
reflections of solar fluxes

Ключевые слова: СОЛНЕЧНЫЕ КОЛЛЕКТОРЫ,
ГЕЛИОВОДОНАГРЕВ, ГЕЛИОРАДИАЦИЯ,
ГЕЛИОТЕХНИКА. МНОГОКРАТНЫЕ
ОТРАЖЕНИЯ

Keywords: SOLAR COLLECTORS, HELIO-WATER
HEATING, HELIO-RADIATION, HELIO-
TECHNICS, MULTIPLE REFLECTIONS

Большая протяженность линий электропередач, характерная для сельскохозяйственного производства, увеличение тарифов на электроэнергию, отсутствие у удаленных сельскохозяйственных потребителей централизованного энергоснабжения, экологические требования делают актуальным преобразование энергии солнечного излучения в тепловую адаптированными устройствами к сельскохозяйственным технологическим операциям [5].

В свете изложенного, значительно возрос мировой интерес к освоению возобновляемых источников энергии, прежде всего Солнца, ветра и биотоплива. Эти виды энергии доступны и имеют значительный потенциал на большей территории Земли, по крайней мере, в заселенных районах.

Возобновляемые источники энергии по определению не подвержены истощению, следовательно, способны полностью решить проблему истощения энергетических ресурсов. Возобновляемые источники энергии находятся в среде обитания человека в естественном состоянии, следовательно, их можно использовать, не нанося экологического урона.

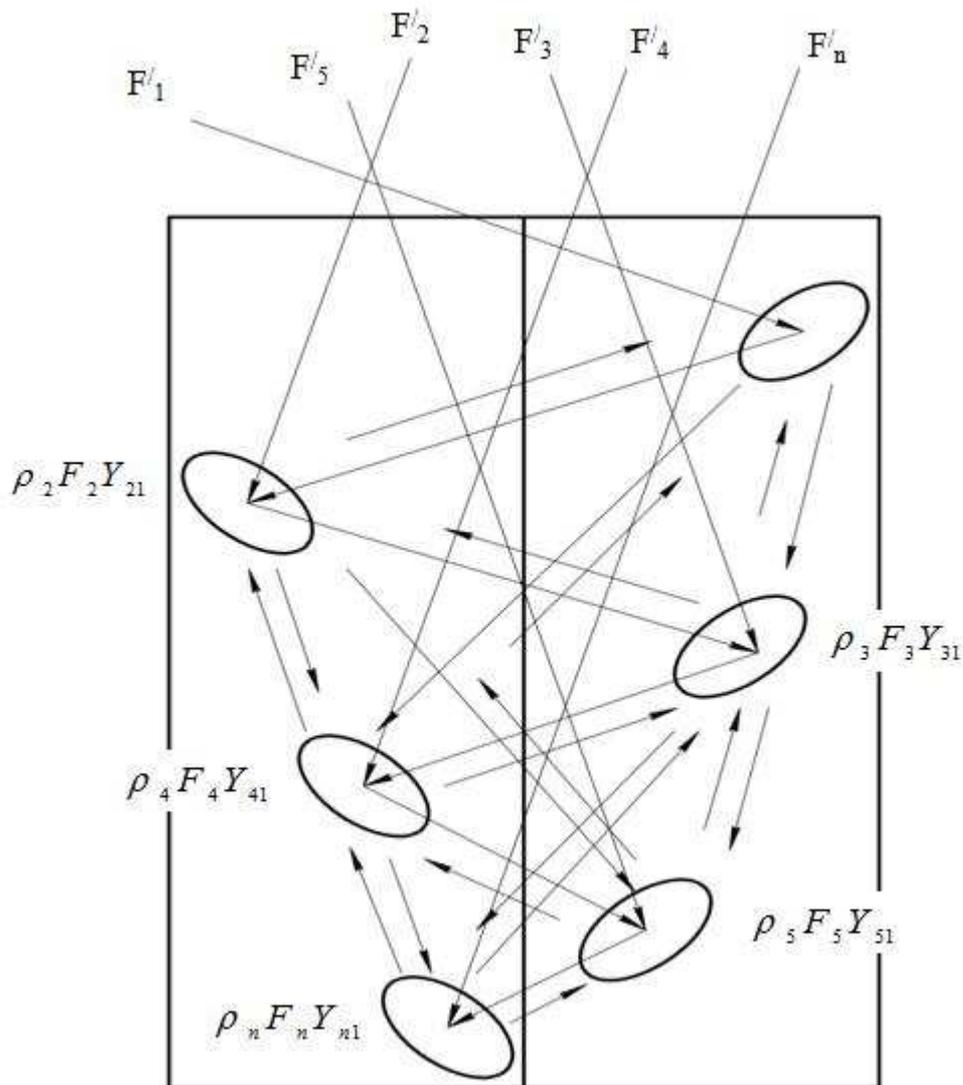
Однако практическое использование таких привлекательных источников энергии имеет свои, причем, весьма значительные, трудности, связанные с неуправляемостью и низкой плотностью энергетических потоков. Это в свою очередь порождает высокую стоимость используемой энергии. В этой связи, возобновляемые источники энергии пока находят применение преимущественно в автономных системах энергоснабжения небольшой мощности, хотя существуют и успешно реализуются проекты их использования в сетевом энергоснабжении в качестве дублирующих и разгрузочных энергостанций.

Значительное число потенциальных пользователей автономными гелиоустановками находится в сельском секторе экономики [1-4].

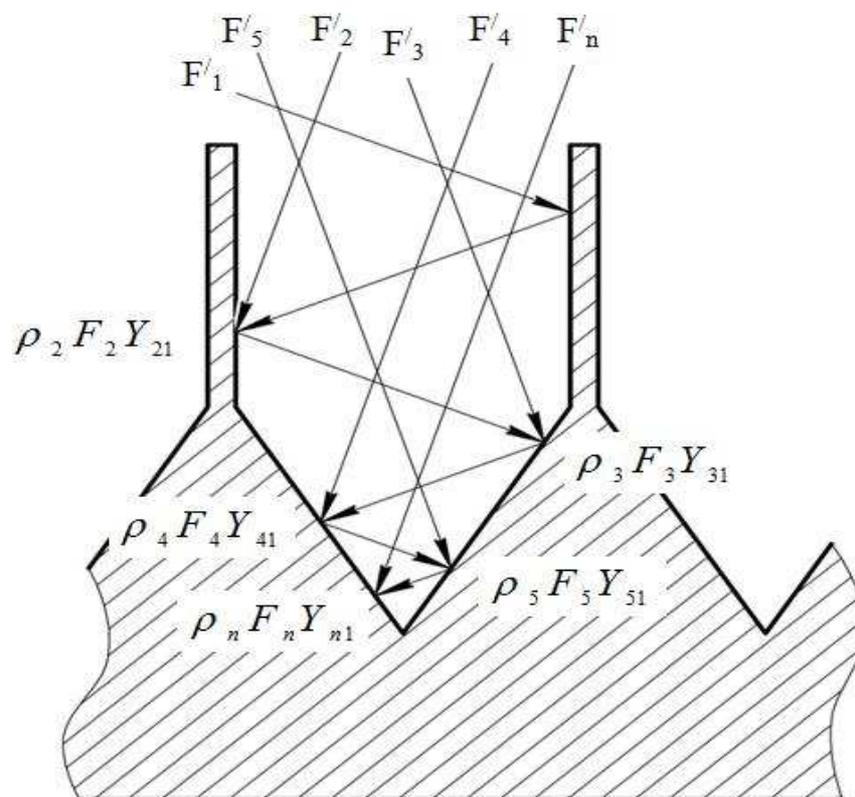
Повышение эффективности преобразования солнечного излучения в коллекторе инновационной энергосберегающей системы автономного энергоснабжения сельскохозяйственных предприятий южных регионов России на базе гелио- и фотоэлектрических модулей предлагается путем использования многократного долевого поглощения солнечного излучения за счет разветвленной поверхности коллектора [6].

При попадании излучения на поверхность солнечного коллектора возникает многократное отражение между множеством ребер специальной

формы (рисунок 1), причем одновременно с этим происходят многократные отражения между отдельными элементами каждой из «n» плоскостей.



а) вид сверху



б) вид сбоку

Рисунок 1 – Оребренная поверхность солнечного коллектора как объект с многократными отражениями

Потоки излучения, установившиеся в результате многократных отражений на каждой из сторон оребренной поверхности коллектора, равны сумме потоков излучения, поступивших извне и от каждой взаимодействующей поверхности коллектора в γ_i (γ_i - коэффициент многократного отражения) раз за счет многократных отражений на самой поверхности коллектора:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_1 = \gamma_1 (F'_1 + \rho_2 F_2 Y_{21} + \dots + \rho_n F_n Y_{n1}); \\ F_2 = \gamma_2 (\rho_1 F_1 Y_{12} + F'_2 + \dots + \rho_n F_n Y_{n2}); \\ F_n = \gamma_n (\rho_1 F_1 Y_{1n} + \rho_2 F_2 Y_{2n} + \dots + F'_n), \end{array} \right. \quad (1)$$

где γ_φ - коэффициент многократного отражения φ -й поверхности коллектора;

ρ_φ - коэффициент отражения φ -й поверхности коллектора;

F_φ' - световой поток, первоначально упавший на φ -ю поверхность коллектора;

F_φ - световой поток, установившийся на φ -й поверхности коллектора в результате многократных отражений;

$Y_{\varphi i}$ - коэффициент использования φ -й поверхности коллектора относительно i -й.

Для решения полученной системы уравнений преобразуем ее, перенеся все свободные члены в левую часть:

$$\begin{aligned} \gamma_1 F_1' &= F_1 - \gamma_1 \rho_2 F_2 Y_{21} - \dots - \gamma_1 \rho_n F_n Y_{n1}; \\ \gamma_2 F_2' &= -\gamma_2 \rho_1 Y_{12} F_1 + F_2 - \gamma_2 \rho_3 Y_{32} F_3 - \dots - \gamma_2 \rho_n Y_{n2} F_n; \\ \gamma_n F_n' &= -\gamma_n \rho_1 Y_{1n} F_1 - \gamma_n \rho_2 Y_{2n} F_2 - \dots - \gamma_n \rho_{n-1} Y_{(n-1)n} F_{n-1} + F_n. \end{aligned} \quad (2)$$

Приняв обозначение $\beta_{\varphi i} = \gamma_\varphi \rho_i U_{i\varphi}$, составим выражение определителя системы уравнений:

$$R = \begin{vmatrix} 1 - \beta_{12} - \beta_{13} \dots - \beta_{1n} \\ -\beta_{12} + 1 - \beta_{23} \dots \beta_{2n} \\ \dots\dots\dots \dots\dots\dots \dots\dots\dots \dots\dots\dots \dots\dots\dots \dots\dots\dots \\ -\beta_{1n} - \beta_{n2} - \beta_{n3} \dots - \beta_{n(n-1)} + 1 \end{vmatrix} \quad (3)$$

Следовательно, поток излучения, установившийся в результате многократных отражений на φ -й поверхности коллектора, равен:

$$F_{\varphi} = \frac{1}{R} \begin{vmatrix} 1 - \beta_{12} \dots - \beta_{1(\varphi-1)} + \gamma F_1' - \beta_{1(\varphi+1)} \dots - \beta_{1n} \\ - \beta_{21} + 1 \dots - \beta_{2(\varphi-1)} + \gamma_2 F_2' - \beta_{2(\varphi+1)} \dots - \beta_{2n} \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ - \beta_{n2} - \beta_{n2} \dots - \beta_{n(\varphi-1)} + \gamma_n F_n' - \beta_{n(\varphi+1)} \dots 1 \end{vmatrix} \quad (4)$$

Коэффициент использования определяют, интегрируя второе уравнение Ламберта по излучающей и освещаемой поверхностям:

$$U_{\varphi i} = \frac{1}{\pi S_{\varphi}} \iint_{S_{\varphi} S_i} \frac{\cos \omega_{\varphi} \cos \omega_i}{L^2} \partial S_{\varphi} \partial S_i, \quad (5)$$

так как полный световой поток φ -й равномерной поверхности коллектора равен $\pi S_{\varphi} l_i$.

Теоретические исследования подтверждаются экспериментальными исследованиями фрагментов инновационной энергосберегающей системы автономного энергоснабжения крестьянских и фермерских хозяйств на базе гелиомодулей (рисунок 2).

Из графика видно, что в первом опыте (плоская воспринимающая поверхность) часть солнечного излучения отражается и теряется в окружающую среду.

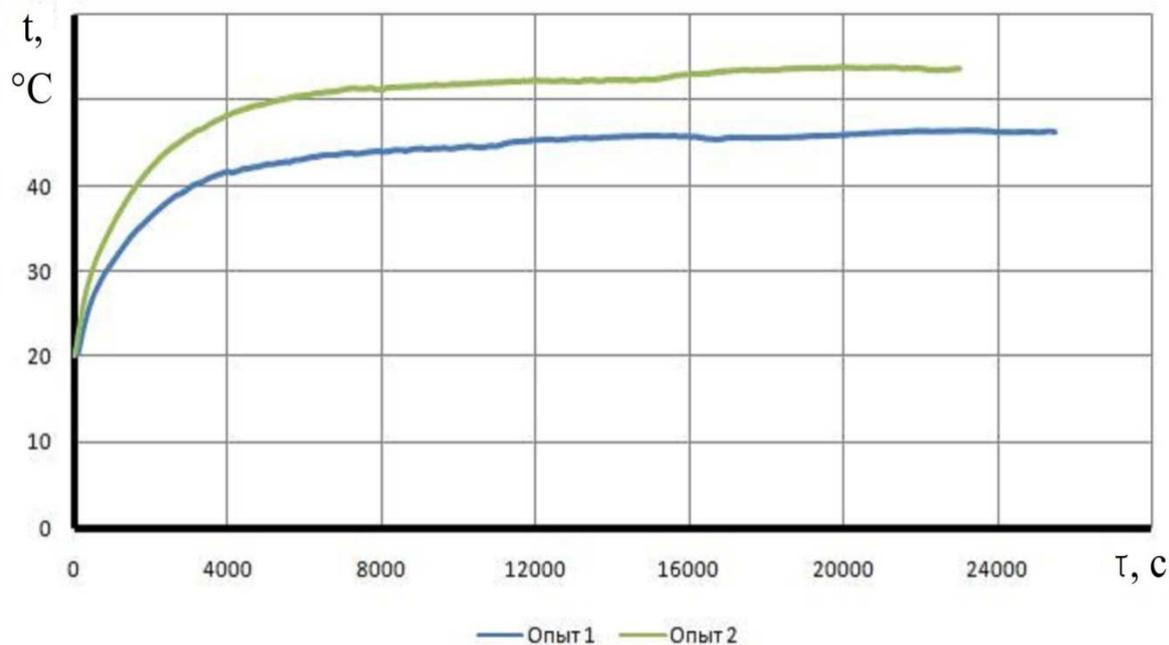


Рисунок 2 – Зависимости температуры воды от времени нагрева при разных поверхностях солнечного коллектора

Во втором опыте (разветвленная поверхность, создающая многократные отражения) при угле падения солнечных лучей в 90° происходит более интенсивный на 17 % нагрев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Газалов В.С. Всесезонный электрогелиоводоподогреватель для сельскохозяйственных потребителей/ В.С. Газалов, Е.Ю. Абеленцев// Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – №8. – С.28-29
2. Газалов В.С. Параметры и режимы работы солнечного коллектора всесезонного электрогелиоводоподогрева для сельскохозяйственных потребителей/ В.С. Газалов, А.В. Брагинец// Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: материалы 6-й Междунар. науч.-практ. конференции в рамках 16-й Междунар. агропромышленной выставки «Интерагромаш-2013» (г. Ростов-на-Дону, ВЦ «ВертолЭкспо», 26 февраля – 1 марта 2013 г.). – Ростов н/Д: Донской ГТУ, 2013. – С.441-444.
3. Газалов В.С. Энергосберегающий всесезонный электрогелиоводонагреватель для сельскохозяйственных потребителей/ В.С. Газалов, Е.Ю. Абеленцев, А.В. Брагинец // Инновационные пути развития агропромышленного комплекса: задачи и перспективы: донская агропромышленная науч.-практ. конф. посвященная 75-летию

Ростовской области (24-26 октября 2012г., г. Зерноград Ростовская обл., ФГБОУ ВПО АЧГАА). – Зерноград, 2012. – С.143-147.

4. Стребков, Д.С. Концентраторы солнечного излучения / Д.С. Стребков, Э.В. Тверьянович; Под ред. Д.С. Стребкова. – Москва: ГНУ ВИЭСХ, 2007. – 316 с.

5. Амерханов, Р.А. Оптимизация сельскохозяйственных энергетических установок с использованием возобновляемых видов энергии / Р.А. Амерханов. – Москва: Колос-Пресс, 2003. – 532 с.

6. Пахомов В.И. Повышение эффективности поглощения энергии солнечного излучения поверхностью солнечного коллектора как объектом с многократными отражениями/ В.И. Пахомов, В.С. Газалов, А.В. Брагинец // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий: сб. науч. докладов Междунар. науч.-техн. конференции "Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий" (г. Москва, ФГБНУ ВИМ, 17-18 сентября 2014 г.). – М.:ФГБНУ ВИМ, 2014. – С.372-376.

REFERENCES

1. Gazalov V.S. Vsesезonnyj jelektrogeliovodopodogrevatel' dlja sel'skohozjajstvennyh potrebitelej/ V.S. Gazalov, E.Ju. Abelencev// Mehanizacija i jelektifikacija sel'skogo hozjajstva. – 2011. – №8. – S.28-29

2. Gazalov V.S. Parametry i rezhimy raboty solnechnogo kollektora vsesезonnogo jelektrogeliovodopodogreva dlja sel'skohozjajstvennyh potrebitelej/ V.S. Gazalov, A.V. Braginec// Sostojanie i perspektivy razvitija sel'skohozjajstvennogo mashinostroenija: materialy 6-j Mezhdunar. nauch.-prakt. konferencii v ramkah 16-j Mezhdunar. agropromyshlennoj vystavki «Interagromash-2013» (g. Rostov-na-Donu, VC «VertolJekspo», 26 fevralja – 1 marta 2013 g.). – Rostov n/D: Donskoj GTU, 2013. – S.441-444.

3. Gazalov V.S. Jenergosberegajushhij vsesезonnyj jelektrogeliovodonagrevatel' dlja sel'skohozjajstvennyh potrebitelej/ V.S. Gazalov, E.Ju. Abelencev, A.V. Braginec // Innovacionnye puti razvitija agropromyshlennogo kompleksa: zadachi i perspektivy: donskaja agropromyshlennaja nauch.-prakt. konf. posvjashhennaja 75-letiju Rostovskoj oblasti (24-26 oktjabrja 2012g., g. Zernograd Rostovskaja obl., FГБОУ VPO AChGAA). – Zernograd, 2012. – S.143-147.

4. Strebkov, D.S. Koncentratory solnechnogo izluchenija / D.S. Strebkov, Je.V. Tver'janovich; Pod red. D.S. Strebkova. – Moskva: GNU VIJeSH, 2007. – 316 s.

5. Amerhanov, R.A. Optimizacija sel'skohozjajstvennyh jenergeticheskikh ustanovok s ispol'zovaniem vozobnovljaemyh vidov jenerгии / R.A. Amerhanov. – Moskva: Kolos-Press, 2003. – 532 s.

6. Pahomov V.I. Povyshenie jeffektivnosti pogloshhenija jenerгии solnechnogo izluchenija poverhnost'ju solnechnogo kollektora kak ob#ektom s mnogokratnymi otrazhenijami/ V.I. Pahomov, V.S. Gazalov, A.V. Braginec // Innovacionnoe razvitie APK Rossii na baze intellektual'nyh mashinnyh tehnologij: sb. nauch. dokladov Mezhdunar. nauch.-tehn. konferencii "Innovacionnoe razvitie APK Rossii na baze intellektual'nyh mashinnyh tehnologij" (g. Moskva, FGBNU VIM, 17-18 sentjabrja 2014 g.). – M.:FGBNU VIM, 2014. – S.372-376.