

Е. В. ЧИРКОВА

DOI: 10.17673/Vestnik.2019.03.8

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОТЫ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ЗДАНИЯХ

### USE OF SOLAR ENERGY HEAT IN ANIMAL BREEDING BUILDINGS

*Рассматривается возможность применения воздушных солнечных коллекторов для отопления животноводческих зданий. Определяется количество солнечной энергии в Самарской области в зимние месяцы,*

*когда температура наружного воздуха опускается ниже критической, при которой биологические тепловыделения животных не компенсируют теплопотери через наружные ограждения и начинается дефицит теплоты в помещениях для их содержания. Приводится расчет теплопроизводительности системы солнечного отопления и степени замещения требуемой тепловой нагрузки на примере здания коровника. На основе выполненных расчетов оценивается целесообразность использования теплоты солнечной энергии в животноводческих зданиях. Даются рекомендации по месту установки солнечных коллекторов на здании коровника.*

*The article discusses the possibility of using solar air collectors for heating livestock buildings. The disposable amount of solar energy in the Samara region is determined during the winter months when the outdoor temperature drops below the critical level, at which biological heat release from animals does not compensate for heat loss through outdoor fences, and a deficit of heat in the premises for their maintenance begins. The calculation of the heat output of the solar heating system and the degree of substitution of the required heat load is given using the example of a cowhouse. Based on the calculations performed, the feasibility of using the heat of solar energy in livestock buildings is estimated. Recommendations are given on the place of installation of solar collectors on the cowhouse.*

**Ключевые слова:** воздушный солнечный коллектор, солнечная энергия, микроклимат, отопление, животноводческое здание

**Keywords:** air solar collector, solar energy, microclimate, heating, livestock building

Основной задачей в животноводстве на сегодняшний день является создание оптимальных микроклиматических условий для выращивания высокопродуктивных животных при наименьших затратах энергии.

На формирование микроклимата в помещениях для содержания животных одновременно влияет множество факторов. К наиболее существенным из них относятся: климатические характеристики местности, количество, возраст и порода животных, размеры и планировка сельскохозяйственных помещений, материал наружных ограждений, наличие систем отопления и вентиляции.

С точки зрения экономии тепловой энергии основным параметром, характеризующим микроклимат в помещении, является температура внутреннего воздуха, от которой в свою очередь напрямую зависит продуктивность сельскохозяйственных животных. В нормах технологического проектирования для определенного вида животных и птиц приводятся оптимальные производственные температуры, при которых производство животноводческой продукции наиболее эффективно.

Большинство функционирующих в настоящее время коровников и помещений для откорма крупного рогатого скота, построенных по типовым проектам, эксплуатируются как неотапливаемые с неорганизованным воздухообменом. Отопительные системы в них либо не были предусмотрены вообще, либо не применяются с целью сокращения эксплуатационных затрат.

Согласно исследованиям [1–3] расчетные температуры воздуха в животноводческих помещениях могут обеспечиваться за счет утилизации естественной физиологической теплоты, выделяемой животными. Однако при температурах наружного воздуха  $t_{н}$  ниже условной расчетной температуры  $t_{н}^p$  [1, 4], определяемой из теплового баланса конкретного сельскохозяйственного здания, в неотапливаемых помещениях начинается дефицит теплоты.

Несмотря на то, что крупный рогатый скот выдерживает широкий диапазон отрицательных температур и выживает в этих условиях [5–7], его продуктивность резко снижается. Еще одним неприятным фактором, который имеет

место при  $t_n < t_n^p$ , является наличие тумана в животноводческих помещениях [8].

Натурные исследования, проведенные в неотапливаемом коровнике круглогодичного беспривязного содержания на 200 коров молочного направления, расположенном в с. Васильевка Ставропольского района Самарской области [9, 10], показали, что при температурах наружного воздуха  $t_n \geq -7,8^\circ\text{C}$ , в помещении поддерживается температура внутреннего воздуха не ниже нормируемой ( $t_b = 10^\circ\text{C}$ ). При снижении температуры наружного воздуха до  $t_n = 5^\circ\text{C}$ , температура воздуха в помещении коровника опускается ниже  $t_b = 5^\circ\text{C}$ . НТП-АПК 1.10.01.001-00 «Нормы технологического проектирования ферм крупного рогатого скота крестьянских хозяйств» [11] допускают снижение температуры внутреннего воздуха в коровниках на  $5^\circ\text{C}$  ниже расчетной в наиболее холодный период года в течение 5 суток подряд, но не более 240 ч за сезон, при условии, что не будет выпадать конденсат на стенах и потолке помещения. В исследуемом же коровнике в этот период наблюдался густой туман (рис. 1).

С целью сведения к минимуму количества дней в году с неблагоприятными для животных условиями существования, предлагается в качестве дополнительного источника теплоты использовать теплоту солнечной энергии.

Для достижения поставленной цели возможно применение солнечных воздушных отопительных коллекторов.

Как известно, солнечное излучение, которое достигает поверхности Земли, складывается из прямого и рассеянного. Рассеивание прямого излучения происходит в плотных слоях атмосферы и в облаках. Отражение прямого излучения от поверхности Земли также создает рассеянное излучение.

Одним из преимуществ плоских воздушных солнечных коллекторов является способ-



Рис. 1. Туман в коровнике

ность поглощать как прямое, так и рассеянное солнечное излучение. Соответственно даже в пасмурный день солнечный коллектор будет преобразовывать энергию солнца в тепловую энергию.

Другими преимуществами воздушного солнечного коллектора по сравнению с водяным являются: исключение закипания и замерзания теплоносителя, а также его утечки, быстрое изменение температуры воздуха в помещении, простота конструкции, возможность самостоятельного изготовления.

Конструкция солнечного воздушного коллектора представлена на рис. 2. В качестве примера рассмотрен отопительный коллектор российской компании «Solar Fox». Коллектор представляет собой корпус с абсорбером, покрытым черным термостойким селективным покрытием, и двумя отверстиями. Через вытяжное отверстие, расположенное снизу, воздух из помещения поступает в корпус коллектора, нагревается и подается обратно в помещение через приточное отверстие сверху. Приточное отверстие комплектуется обратным клапаном для исключения перетекания через него теплого воздуха из помещения в короб коллектора. Движение воздуха обеспечивается работой встроенного вентилятора, который включается автоматически при попадании на батарею солнечного излучения. В случае необходимости вентилятор может быть отключен при помощи выключателя. Устанавливать сол-

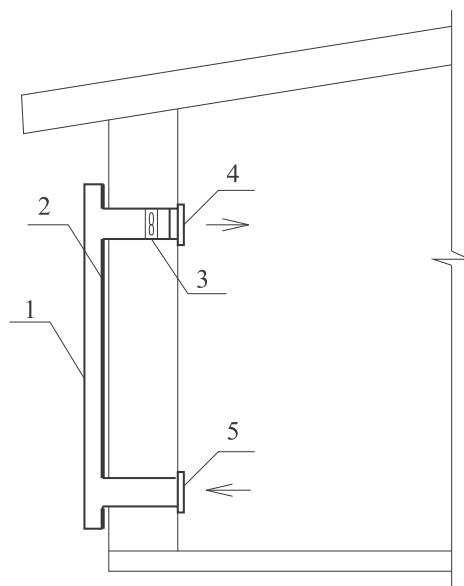


Рис. 2. Конструкция воздушного отопительного солнечного коллектора: 1 – воздушный коллектор; 2 – абсорбер; 3 – приточный вентилятор; 4 – приточная решетка с обратным клапаном; 5 – вытяжная решетка

нечный коллектор можно на стену или крышу здания.

Для оценки располагаемого количества солнечной энергии в с. Васильевка Ставропольского района Самарской области, где находится исследуемый коровник, был проведен расчет по методике, изложенной в [12].

Задачей расчета является определение среднемесячного количества суммарной солнечной энергии, МДж/(м<sup>2</sup>·мес.), поступающей на наклонную поверхность коллектора:

$$\bar{E}_k = \bar{R}\bar{E}m,$$

где  $\bar{E}$  – суммарное дневное количество суммарного солнечного излучения, поступающего на горизонтальную поверхность, МДж/(м<sup>2</sup>·день);  $m$  – количество дней в месяце;  $\bar{R}$  – отношение среднемесячных дневных количеств солнечной радиации, поступающих на наклонную поверхность:

$$\bar{R} = \left(1 - \frac{\bar{E}_d}{\bar{E}}\right) \bar{R}_n + \frac{1 + \cos\beta}{2} \cdot \frac{\bar{E}_d}{\bar{E}} + \rho \frac{1 - \cos\beta}{2},$$

где  $\bar{E}_d$  – среднемесячное дневное количество рассеянной солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность, МДж/(м<sup>2</sup>·день);  $\beta$  – угол наклона солнечного коллектора к горизонту;  $\rho$  – коэффициент отражения для подстилающей поверхности Земли, для зимы  $\rho = 0,7$ ;

$\bar{R}_n$  – коэффициент пересчета прямого излучения с горизонтальной на наклонную поверхность:

$$\bar{R}_n = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cos \delta \sin \omega'_3 + \frac{\pi}{180} \omega'_3 \sin(\varphi - \beta) \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta \sin \omega_3 + \sin \varphi \sin \delta \frac{\pi}{180} \omega_3},$$

где  $\varphi$  – географическая широта местности, для с. Васильевка  $\varphi = 53^\circ$ ;  $\delta$  – угол склонения солнца в определенный день  $n$ :

$$\delta = 23,45 \sin\left(360 \frac{284 + n}{365}\right),$$

где в качестве дня  $n$  был принят 15-й день каждого месяца;

$\omega_3$  – часовой угол захода Солнца для горизонтальной поверхности:

$$\omega_3 = \arccos(-\operatorname{tg}\varphi \operatorname{tg}\delta);$$

$\omega'_3$  – часовой угол захода Солнца для наклонной поверхности:

$$\omega'_3 = \min\{\omega_3; \arccos[-\operatorname{tg}(\varphi - \beta) \operatorname{tg}\delta]\}.$$

Поскольку дефицит теплоты в коровнике наблюдался при температурах наружного воздуха  $t_n \leq -7,8^\circ\text{C}$ , расчет проводился только для зимних месяцев. Результаты расчета сведены в табл. 1.

Таблица 1

Расчет располагаемого количества солнечной энергии в с. Васильевка Ставропольского района Самарской области по месяцам

Показатель	Январь	Февраль	Декабрь
$m$ , дн.	31	28	31
$n$ , дн.	15	46	349
$\delta$ , °	-21,3	-13,3	-23,3
$\varphi$ , °	53	53	53
$\beta$ , °	68	68	68
$\omega_3$ , °	58,9	71,7	55,2
$\omega'_3$ , °	58,9	71,7	55,2
$\bar{R}_n$	4,75	2,97	5,52
$\bar{E}_d$ , МДж/(м <sup>2</sup> ·день)	2,04	3,48	1,32
$\bar{E}$ , МДж/(м <sup>2</sup> ·день)	2,83	6,02	1,96
$\bar{R}$	2,04	1,87	2,48
$\bar{E}_k$ , МДж/(м <sup>2</sup> ·мес.)	179	315	151

Следующей задачей было определение площади поверхности нагрева воздушных солнечных коллекторов и их количества с учетом КПД.

Количество коллекторов рассчитывается по формуле

$$N = \frac{F_{\text{к}}^{\text{тп}}}{f_{\text{к}}},$$

где  $f_{\text{к}}$  – площадь поверхности нагрева одного коллектора, м<sup>2</sup>;  $F_{\text{к}}^{\text{тп}}$  – суммарная требуемая площадь поверхности нагрева солнечных коллекторов, м<sup>2</sup>;

$$F_{\text{к}}^{\text{тп}} = \frac{Q_{\text{o}}}{q_{\text{к}}},$$

где  $Q_{\text{o}}$  – тепловая нагрузка на отопление, МДж/мес.;  $q_{\text{к}}$  – среднемесячная теплопроизводительность коллектора, МДж/(м<sup>2</sup>·мес.);

$$q_{\text{к}} = E_{\text{к}} \eta_{\text{к}}.$$

КПД солнечного коллектора рассчитывается по формуле

$$\eta_{\text{к}} = \eta_{\text{o}} - \frac{K_{\text{к}}(T_{\text{в}} - T_{\text{н}})}{I_{\text{к}}},$$

где  $\eta_{\text{o}}$  – эффективный оптический КПД солнечного коллектора, доли; принимается из технического паспорта на солнечные коллекторы компании «Solar Fox»;

$T_{\text{в}}$  – температура воздуха на входе в коллектор, °С;

$T_{\text{н}}$  – температура наружного воздуха, °С;

$I_{\text{к}}$  – плотность суммарного теплового потока солнечной радиации, поступающей на поверхность солнечного коллектора, Вт/м<sup>2</sup>; принимается равной 800 Вт/м<sup>2</sup>;

$K_{\text{к}}$  – эффективный коэффициент теплопотерь солнечного коллектора:

$$K_{\text{к}} = a_1 + a_2(T_{\text{в}} - T_{\text{н}}),$$

где  $a_1$  – коэффициент тепловых потерь солнечного коллектора первого порядка; согласно ГОСТ Р 54856-2011 «Методика расчета энергопотребности и эффективности системы теплогенерации с солнечными установками», для остекленных коллекторов  $a_1 = 3,5$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С);

$a_2$  – коэффициент температурной зависимости коэффициента тепловых потерь солнечного коллектора второго порядка; согласно ГОСТ Р 54856-2011 [13],  $a_2 = 0$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

Требуемая тепловая нагрузка на отопление определялась для коровника в с. Васильевка Ставропольского района Самарской области. Продольная ось здания ориентирована в направлении «СВ–ЮЗ», окна обращены на северо-запад и юго-восток. Здание коровника одноэтажное, со стоечно-балочным каркасом, в плане однопролетное длиной 78,0 м, шириной 21,0 м, шаг стоек 6,0 м. Высота помещения

в коньке 4,15 м. Здание коровника представляет единый строительный объем (6984 м<sup>3</sup>), площадь пола 1684 м<sup>2</sup>. В торцах здание снабжено распашными металлическими воротами размером 3,0×3,0 м, в продольных стенах предусмотрены две деревянные двери размером 0,9×2,0 м, окна размером 1,8×0,6 м в количестве 24 шт. с открывающимися фрамугами. Оконные проемы с двойным остеклением в спаренных деревянных переплетах. Наружные стены здания выполнены из керамзитобетонных стеновых панелей толщиной 0,4 м; полы бетонные; бесчердачное покрытие из железобетонных пустотных плит толщиной 0,22 м. Кровля двухскатная из профилированной стали толщиной 0,9 мм. Вдоль конька по всей длине здания расположен светоаэрационный фонарь.

Биологическая теплота, выделяемая животными  $Q_{\text{б}}^{\text{ж}}$ , Вт, определяется по формуле [12]:

$$Q_{\text{б}}^{\text{ж}} = q_{\text{ж}} z k_1 k_2 k_3,$$

где  $q_{\text{ж}}$  – явная теплота, выделяемая одним животным, Вт/гол.;

$z$  – расчетное количество животных в помещении, гол.;

$k_1$  – коэффициент отклонения тепловыделений животных в зависимости от температуры воздуха в помещении, для коров при  $t_{\text{н}} = 10$  °С,  $k_1 = 1$ ;

$k_2$  – коэффициент, учитывающий фактическое число животных в помещении по сравнению с расчетным, для крупного рогатого скота  $k_2 = 0,9$ ;

$k_3$  – коэффициент, учитывающий тепловыделение животных, находящихся в состоянии покоя (в ночное время); для крупного рогатого скота  $k_3 = 0,8$ .

Результаты расчета представлены в табл. 2.

Как видно из расчета, действительный КПД солнечных коллекторов в зимние месяцы составляет 58–61 %. При установке на кровле здания воздушных солнечных коллекторов в количестве 150 штук можно добиться 100 % покрытия тепловой нагрузки на отопление коровника при температурах ниже условной расчетной  $t_{\text{н}}^{\text{р}} = -7,8$  °С в феврале и декабре. Установка коллекторов на кровле предпочтительна по двум причинам: во-первых, возможно расположение коллектора с оптимальным углом наклона к горизонту, во-вторых, площадь покрытия коровника составляет 1700 м<sup>2</sup>, что позволит разместить необходимое количество солнечных коллекторов.

В январе доля покрытия тепловой энергией составляет 50 %. Это неплохо, поскольку позволит поддерживать температуру внутреннего воздуха в коровнике  $t_{\text{в}} = 7$  °С вместо  $t_{\text{в}} = 4,1$  °С в случае отсутствия теплопоступлений от

Таблица 2

Расчет площади поверхности нагрева воздушных солнечных коллекторов

Показатель	Январь	Февраль	Декабрь
$\eta_{\text{ср}}$ %	70	70	70
$T_{\text{в}}$ °С	5	5	5
$T_{\text{н}}$ °С	-13,5	-12,6	-9,6
$\eta_{\text{к}}$ %	57,6	58,4	60,9
$q_{\text{к}}$ МДж/(м <sup>2</sup> ·мес.)	103,2	184,0	92,0
$Q_{\text{ср}}$ МДж/мес.	92804	78341	30070
$F_{\text{к}}^{\text{тп}}$ , м <sup>2</sup>	900	426	327
$f_{\text{к}}$ м <sup>2</sup>	3	3	3
$N_{\text{к}}$ шт. (принятое)	150	150	150
$Q_{\text{к}}$ МДж/мес.	46424	82799	41397
Доля покрытия тепловой энергией, %	50,0	105,7	137,7

системы солнечного отопления. Как отмечалось выше, нормы технологического проектирования допускают понижение температуры в помещениях коровников только до  $t_{\text{в}} = 5^{\circ}\text{C}$ . И, что очень важно, повышение температуры внутреннего воздуха с 4,1 до 7 °С позволит избежать образования в помещении тумана, который не только ухудшает условия существования животных, но и отрицательно сказывается на долговечности наружных ограждений.

Следует отметить, что в Самарской области в январе количество суток со сред-

ней температурой наружного воздуха ниже  $t_{\text{н}} = -13,5^{\circ}\text{C}$  не так уж и велико. На рис. 3 и 4 представлено изменение среднесуточной температуры наружного воздуха в г. Тольятти Самарской области (ближайший город к с. Васильевка) в течение января 2018 и января 2019 гг.

Из графиков видно, что в январе 2018 г. среднесуточная температура наружного воздуха ниже  $t_{\text{н}} = -13,5^{\circ}\text{C}$  наблюдалась в течение 6 суток, а в 2019 г. – в течение 9 суток, при этом не более 5 суток подряд.

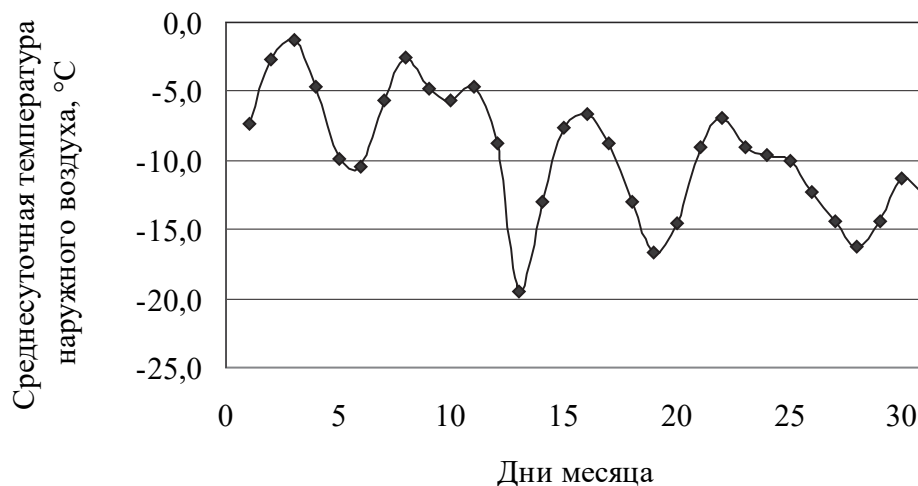


Рис. 3. Изменение среднесуточной температуры наружного воздуха в январе 2018 г.

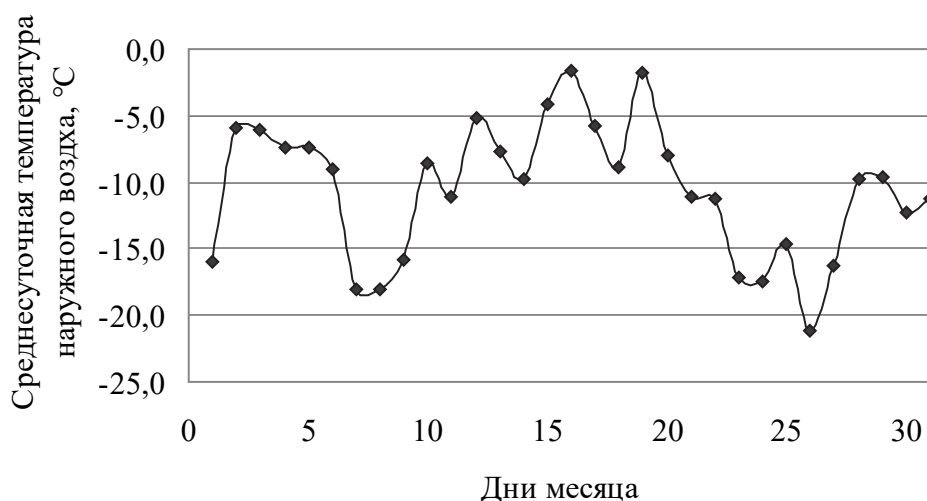


Рис. 4. Изменение среднесуточной температуры наружного воздуха в январе 2019 г.

**Выводы.** Применение воздушных солнечных коллекторов для отопления животноводческих зданий позволит свести к минимуму дни в течение холодного периода года, когда в них наблюдается дефицит теплоты; поддержание требуемых нормами параметров микроклимата в животноводческих помещениях позволит одновременно с улучшением условий содержания животных повысить их продуктивность, а также избежать преждевременного износа ограждающих конструкций сельскохозяйственных зданий. Конструкция воздушных солнечных коллекторов настолько проста, что их можно изготовить самостоятельно.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бодров В.И., Бодров М.В., Ионычев Е.Г., Кучеренко М.Н. Микроклимат производственных сельскохозяйственных зданий и сооружений. Н. Новгород: Изд-во ННГАСУ, 2008. 623 с.
2. Чиркова Е.В. Проектирование теплового контура неотапливаемых производственных сельскохозяйственных зданий // Вестник НГИЭИ. 2015. № 2. С. 75–80.
3. Чиркова Е.В. Сравнительный анализ ограждающих конструкций неотапливаемых производственных сельскохозяйственных зданий с позиции их теплопроводности // Современное строительство и архитектура. 2017. № 2. С. 43–46.
4. Бодров В.И., Бодров М.В. Вариант разумного компромисса // АВОК. 2011. № 3. С. 30–39.
5. Баротфи И., Рафаи П. Энергосберегающие технологии и агрегаты на животноводческих фермах. М.: Агропромиздат, 1988. 228 с.
6. Киселев Ю.А. Исследования по теплоустойчивости домашних животных // Тепло- и холодоустойчивость домашних животных. Новосибирск: Наука. 1976. С. 10–31.

7. Кошич И.И., Калужный Н.С., Волчкова Л.А., Нестеров В.В. Зоогигиена. СПб.: Изд-во «Лань», 2008. 464 с.

8. Чиркова Е.В. Исследование тепловлажностного режима наружных ограждений сельскохозяйственных зданий // Градостроительство, реконструкция и инженерное обеспечение устойчивого развития городов Поволжья : сб. трудов IV Всеросс. науч.-практич. конф. 16-18 сентября 2015 г. Тольятти: ТГУ, 2015. С. 199–203.

9. Кучеренко М.Н., Чиркова Е.В. Экспериментальное исследование тепловлажностных характеристик внутренних поверхностей ограждающих конструкций сельскохозяйственных зданий // Вестник ВСГУ-ТУ. 2013. № 2. С. 45–50.

10. Чиркова Е.В. Обеспеченность теплофизических характеристик наружных ограждений неотапливаемых производственных сельскохозяйственных зданий: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.03. Тюмень, 2015. 22 с.

11. НТП-АПК 1.10.01.001-00. Нормы технологического проектирования ферм крупного рогатого скота крестьянских хозяйств [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://ohranatruda.ru/ot\\_biblio/normativ/data\\_normativ/10/10194/](http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/10/10194/).

12. Богословский В.Н., Крупнов Б.А., Сканава А.Н. Внутренние санитарно-технические устройства: в 3 ч. Ч. 1. Отопление: (справочник проектировщика) / под ред. И.Г. Старовойта, Ю.И. Шиллера. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1990. 344 с.

#### REFERENCES

1. Bodrov V.I., Bodrov M.V., Ionychev E.G., Kucherenko M.N. *Microclimate of industrial agricultural buildings and structures*. N. Novgorod, NNGASU Publ., 2008. 623 p.



2. Chirkova E.V. Design of the thermal circuit of unheated industrial agricultural buildings. *Vestnik NGIEI* [Bulletin of NGIEI], 2015, no. 2, pp. 75-80. (in Russian)
3. Chirkova E.V. Comparative analysis of enclosing structures of unheated industrial agricultural buildings from the point of view of their moisture conductivity. *Sovremennoe stroitel'stvo i arhitektura* [Modern Construction and Architecture], 2017, no. 2, pp. 43-46. (in Russian)
4. Bodrov V.I., Bodrov M.V. Reasonable compromise option. *AVOK* [AVOK], 2011, no. 3, pp. 30-39. (in Russian)
5. Barotfi I., Rafai P. *Energoberegayushchie tekhnologii i agregaty na zhivotnovodcheskih fermah* [Energy-saving technologies and units on livestock farms]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1988. 228 p.
6. Kiselev YU.A. Thermal resistance studies in pets. *Teplo- i holodoustojchivost' domashnih zhivotnyh* [Heat and Cold Resistance of Pets]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1976, pp. 10-31. (in Russian)
7. Koshich I.I., Kalyuzhnyj N.S., Volchkova L.A., Nesterov V.V. *Zoogigiena* [Zoogigiena], St. Petersburg, Lan' Publ., 2008. 464 p.
8. Chirkova E.V. The study of the humidity condition of the external fences of agricultural buildings. *Gradostroitel'stvo, rekonstrukciya i inzhenernoe obespechenie ustojchivogo razvitiya gorodov Povolzh'ya : Sb. trudov IV Vseross. nauch.-praktich. konf.16-18 sentyabrya 2015 g.* [Urban planning, reconstruction and engineering support for sustainable development of the Volga cities: Sat. Proceedings of IV All-Russian. scientific and practical Conf. September 16-18, 2015]. Tolyatti, 2015, pp. 199-203. (In Russian)
9. Kucherenko M.N., Chirkova E.V. An experimental study of the moisture and moisture characteristics of the inner surfaces of the enclosing structures of agricultural buildings. *Vestnik VSGUTU* [Bulletin of the VSGUTU], 2013, no. 2 pp. 45-50. (in Russian)
10. Chirkova E.V. *Obespechennost' teplofizicheskikh harakteristik naruzhnyh ograzhdenij neotaplivaemyh proizvodstvennyh sel'skohozyajstvennyh zdaniy. Abstract, Diss.* [Security of thermophysical characteristics of external fences of unheated industrial agricultural buildings. Abstract, Diss.]. Tyumen, 2015, 22 p.
11. NTP-APK 1.10.01.001-00 Norms of technological design of cattle farms of peasant farms. Available at: [http://ohranatruda.ru/ot\\_biblio/normativ/data\\_normativ/10/10194/](http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/10/10194/) (accessed 30 April 2019).
12. Bogoslovskij V.N., Krupnov B.A., Skanavi A.N., Shiller YU.I. *Vnutrennie sanitarno-tekhnicheskie ustrojstva: v 3 ch. CH. 1. Otoplenie (Spravochnik proektirovshchika)* [Internal sanitary facilities: at 3 pm Part 1. Heating (Designer Handbook)], Moscow, Strojizdat Publ., 1990. 344 p.
13. State Standard P 54856–2011 Methodology for calculating the energy demand and efficiency of a heat generation system with solar installations. Moscow, Standartinform Publ., 2012. 35 p. (In Russian)

Об авторе:

**ЧИРКОВА Елена Владимировна**

кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения  
Тольяттинский государственный университет.  
Архитектурно-строительный институт  
445667, Россия, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14,  
тел.: (8482) 53-92-78  
E-mail: chirkovaev@mail.ru

**CHIRKOVA Elena V.**

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Heat and Gas Supply, Ventilation, Water Supply and Water Disposal Chair  
Togliatti State University  
Institute of Architecture and Civil Engineering  
445667, Russia, Togliatti, Belorusskaya str., 14,  
tel.: (8482) 53-92-78  
E-mail: chirkovaev@mail.ru

Для цитирования: Чиркова Е.В. Использование теплоты солнечной энергии в животноводческих зданиях // Градостроительство и архитектура. 2019. Т.9, № 3. С. 56–62. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.03.8.

For citation: Chirkova E.V. Use of Solar Energy Heat in Animal Breeding Buildings // Urban construction and Architecture. 2019. V.9, 3. Pp. 56–62. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.03.8.