

напоров в конденсаторе и испарителе. ТН могут быть предусмотрены для осушения отработавшего СА при низкотемпературной сушке семенного зерна и семян.

Температурные и энергетические параметры режима совместной работы КЗС и ТН однозначно характеризуются входными параметрами математической модели, а так же показателями эффективности производства и передачи электрической и тепловой энергии. Искомые параметры режимов работы КЗС и ТН не могут быть приняты произвольно, а должны быть определены исходя из математической модели исследуемых процессов.

Ожидаемая экономия теплоты и топлива в КЗС при использовании ТН в рассмотренных в данной работе условиях составляет от 38,6 до 62,85%. Применение ТН в комплекте с дополнительными нагревателями способствует увеличению эффекта энергосбережения.

Расходы теплоты и топлива в КЗС. уменьшаются при увеличении влажности отработавшего СА (воздуха) и повышении эффективности производства электрической энергии на тепловых электрических станциях.

Литература

1. Данилов, О.Л. Экономия энергии при тепловой сушке / О.Л. Данилов, Б.И. Леончик. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 136 с.
2. Цубанов, А.Г. К вопросу энергосбережения в конвективных зерносушилках / А.Г. Цубанов, А.Л. Синяков, И.А.Цубанов // Агропанорама, №3, 2009. –с.22-27.
3. Янтовский, Е.И. Промышленные тепловые насосы/ Е.И. Янтовский, Л.А. Левин. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 128 с.
4. Жидко, В.И. Зерносушение и зерносушилки/ В.И. Жидко, В.А. Резчиков, В.С. Уколов – М.: Колос, 1982. – 239с.
5. Малин, Н.И. Справочник по сушке зерна/ Н.И. Малин. – М.: Агропромиздат, 1986. – 159 с.
6. Цубанов, А.Г. Тепловые насосы – утилизаторы теплоты отработавшего сушильного агента / А.Г. Цубанов, А.Л. Синяков, И.А.Цубанов // Агропанорама, №2, 2010. –с.27-31.

УДК 537.312.5:633/635

ПРЕИМУЩЕСТВА ИНФРАКРАСНОЙ СИСТЕМЫ ЛОКАЛЬНОГО ОБОГРЕВА ТЕПЛИЦ

*Ловкис В.Б., к.т.н., доц., Деменок Н.А., аспирант,
Ловкис О.В., магистрант (БГАТУ)*

Использование теплиц без обогревательных систем в условиях Республики Беларусь довольно ограничено, даже без учета отопления в холодные зимние месяцы. Начиная отапливать теплицу в апреле, овощевод продлевает сезонные работы больше чем на три месяца. В этом случае уже в мае можно высаживать рассаду в открытом грунте, теплице или парнике, после чего вы будете снимать первые урожаи уже в июне и у вас останется время для второго или даже третьего урожая той или иной культуры. В отоплении нуждаются даже теплицы из самых лучших изолирующих материалов, предназначенные только для поддержания температуры выше нуля.

Для обогрева теплиц чаще всего используются классические водогрейные системы (котел, батареи), в экономическом отношении такие системы слабо себя оправдывают по сравнению с инфракрасными системами локального обогрева, так как они не способны быстро реагировать на резкие смены температуры, а также расходуют много энергии на прогрев всего объема помещения. Ниже приведен расчет эффективности системы локального обогрева по сравнению с классической водогрейной.

**Секция 1: Энергосбережение в АПК
и мобильная энергетика**

Задано:

Площадь теплицы: $S_{\text{пола}} = A \times B = 15 \times 24 = 360 \text{ м}^2$.

Высота расчётная (2-х скатная крыша высотой 1,6 м): $H = H_{\text{стен}} + H_{\text{крыши}}/2 = 5 + 1,6/2 = 5,8 \text{ м}$.

Высота подвески горелки над полом $h = 3 \text{ м}$.

Ширина зоны обогрева: $a = 4 \text{ м}$.

Длина (суммарная) зоны обогрева: $b = 24 \text{ м}$.

Температура в зоне роста растений равна нормативной температуре комфорта растений $t_{\text{н}} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$.

Требуется найти общую мощность системы лучистого обогрева по сравнению с классической.

Расчёт:

Общий объем помещения составляет

$$V_{\text{общ}} = S_{\text{пола}} \cdot H = 960 \times 5,8 = 2088 \text{ м}^3.$$

Общая площадь поверхности (пол, потолок и стены) составляет

$$S_{\text{общ}} = S_{\text{пола}} + 2(A + B)H_{\text{стен}} + 2\sqrt{\left(\frac{A}{2}\right)^2 + H_{\text{крыши}}^2} B + A \cdot H_{\text{крыши}} = 360 + 2(15 + 24) \cdot 5 + 2\sqrt{\left(\frac{15}{2}\right)^2 + 1,6^2} \cdot 24 + 15 \cdot 1,6 = 360 + 390 + 368 + 24 = 1142 \text{ м}^2$$

В математическом выражении общая тепловая мощность, требуемая на поддержание температуры внутри объема (отдаваемая объемом в стационарном состоянии), будет пропорциональна этому объему:

$$N = nV_{\text{общ}},$$

где $n \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}\right)$ – некоторый нормативный коэффициент.

Плотность нагревающего теплового потока, падающего на эти стены на их внутреннюю поверхность из объема помещения, будет равна

$$q_{\text{нагр}} = \frac{N}{S_{\text{общ}}} = \frac{nV_{\text{общ}}}{S_{\text{общ}}}$$

По нормативам для небольших помещений, характеризующихся высотой потолка до 3 м для любой площади пола, т.е. для стен с небольшой площадью, нормативная мощность, требуемая для отопления 1 м^3 помещения составляет

$$n = 0,1 \text{ кВт/м}^3,$$

а для больших – с высотой потолка свыше 3 м – для любой площади пола для стен с большой площадью

$$n = 0,04 - 0,05 \text{ кВт/м}^3.$$

Тогда общая тепловая мощность, требуемая для поддержания в помещении объемом V

заданной нормативной температуры ($t = 18 \text{ }^\circ\text{C}$) будет равна

$$N = nV_{\text{общ}}$$

В данном случае (по минимуму)

$$N = nV_{\text{общ}} = 0,04 \cdot 2088 = 83,5 \text{ кВт.}$$

Эта мощность тепловой водогрейной системы водяного отопления.

Найдем удельную плотность теплового потока, приходящуюся на 1 м^2 общей площади:

$$q_{\text{нагр}} = \frac{N}{S_{\text{общ}}} = \frac{83,5}{1142} = 0,073 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2} = 73 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

При замене водогрейной системы (котел) на инфракрасную обогревать нужно будет не всю теплицу с общей площадью поверхности стен, потолка и пола $S_{\text{общ}} = 1142 \text{ м}^2$, а только часть его (некоторую интересующую часть поверхности пола площадью $s =$ (в данном случае) $= a \cdot b = 4 \cdot 24 = 96 \text{ м}^2$).

Инфракрасная горелка кроме конвективной составляющей (отдаваемой), тепловой мощности имеет благодаря ее специальной конструкции еще лучистую составляющую от раскаленной поверхности:

$$N_{\text{горелка}} = N_{\text{конвект.}} + N_{\text{луч.}}$$

Тепловая мощность, отдаваемая горелкой инфракрасным излучением,

$$N_{\text{луч.}} = \eta N_{\text{горелки}}$$

где $\eta = 0,38$ – лучистый КПД горелки.

Тогда

$$N_{\text{конвект.}} = (1 - \eta) N_{\text{горелка}}$$

Удельная плотность общего теплового потока, исходящего от инфракрасной горелки и падающего на интересующую часть поверхности пола площадью s , будет

$$q_{\text{гор}} = q_{\text{конв}} + q_{\text{луч}} = \frac{N_{\text{конв}}}{S_{\text{общ}}} + \frac{N_{\text{луч}}}{s} \cdot \psi$$

где ψ - угловой коэффициент излучения, показывающий, какая доля излучения горелки падает на данную часть поверхности пола площадью s .

Далее

$$q_{\text{гор}} = \frac{(1 - \eta)N_{\text{гор}}}{S_{\text{общ}}} + \frac{\eta N_{\text{гор}}}{s} \cdot \psi = N_{\text{гор}} \left(\frac{1 - \eta}{S_{\text{общ}}} + \frac{\eta N_{\text{гор}}}{s} \right).$$

Согласно с теорией и методологией расчета систем, обменивающихся лучистой тепловой энергией, коэффициент ψ для точечного источника, обогревающего полосу шириной a и длиной b , равен [1]

$$x = \frac{a}{2h}, y = \frac{b}{2h},$$

где h – высота подвески горелки над полом.

$$\psi = \frac{4}{2\pi} \left(\frac{x}{\sqrt{1+x^2}} \operatorname{arctg} \frac{y}{\sqrt{1+x^2}} + \frac{y}{\sqrt{1+y^2}} \operatorname{arctg} \frac{x}{\sqrt{1+y^2}} \right).$$

$$x = \frac{a}{2h} = \frac{4}{2 \cdot 3} = 0,67.$$

$$y = \frac{b}{2h} = \frac{24}{2 \cdot 3} = 4.$$

$$\begin{aligned} \psi &= \frac{2}{\pi} \left(\frac{0,67}{\sqrt{1+0,67^2}} \operatorname{arctg} \frac{4}{\sqrt{1+0,67^2}} + \frac{4}{\sqrt{1+4^2}} \operatorname{arctg} \frac{0,67}{\sqrt{1+4^2}} \right) = \\ &= 0,6366(0,555 \operatorname{arctg} 3,328 + 0,970 \operatorname{arctg} 0,1625) = \\ &= 0,6366(0,555 \cdot 1,2789 + 0,970 \cdot 0,1611) = 0,6366(0,7098 + 0,1563) = 0,5513. \end{aligned}$$

Откуда

$$q_{\text{гор}} = N_{\text{гор}} \left(\frac{1-0,38}{1142} + \frac{0,38 \cdot 0,5513}{96} \right) = N_{\text{гор}} (0,00054 + 0,00218) = 0,00272 N_{\text{гор}}.$$

Для поддержания температуры в рабочей зоне на прежнем уровне необходимо, чтобы

$$q_{\text{гор}} = q_{\text{нагр}} = 0,073 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}.$$

Найдем требуемую общую мощность горелок

$$N_{\text{гор}} = \frac{q_{\text{гор}}}{0,00272} = \frac{0,073}{0,00272} = 27 \text{ кВт}.$$

Выигрыш в установленной мощности составит

$$\Delta N = N - N_{\text{гор}} = 83,5 - 27 = 56,5 \text{ кВт}.$$

Выигрыш в расходе газа составит

$$\Delta G = \frac{\Delta N}{Q_{\text{г}}} = \frac{56,5 \text{ кВт}}{35000 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}} = 0,00161 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 5,81 \text{ м}^3 / \text{час}.$$

При длительности отопительного сезона 6 месяцев в году и коэффициенте загрузки 0,5 годовая экономия газа составит

$$\Delta G = 5,81 \text{ м}^3 / \text{час} \cdot 24 \text{ ч/сут} \cdot 30 \text{ сут./мес} \cdot 6 \text{ мес./год} \cdot 0,5 = 12553 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

При цене газа $\text{Ц} = 230 \text{ USD}$ за 1000 м^3 годовая экономия газа в денежном выражении составит

$$\text{Э} = \frac{\text{Ц} \cdot \Delta G}{1000} = \frac{230 \cdot 12553}{1000} = 2887 \text{ USD/год} \approx 8,74 \text{ млн.руб./год}$$

при курсе 3028 руб./1 USD.

Из приведенного расчета следует:

- система лучистого обогрева значительно экономичнее классической;
- лучистый обогрев – самый естественный и максимально приближенный к солнечному;
- система позволяет быстро реагировать на резкие перемены температуры
- инфракрасное излучение способствует прохождению реакции фотосинтеза.

Заключение

Применяемая система обогрева весенних теплиц инфракрасными газовыми горелками с локальной зоной обеспечивает годовую экономию 8,74 млн. руб.

Литература

1. Р. Зигель, Дж. Хауэлл. Теплообмен излучением. Перевод с английского под редакцией д-ра техн. наук Хрусталева Б.А. Изд-во «Мир», Москва, 1975, 936 с. с иллюстр. С. 897, п.4.

УДК 631.3.072

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗОК НА ОСИ ТРАКТОРА ПРИ ДИНАМОМЕТРИРОВАНИИ С НАВЕСНЫМ ОРУДИЕМ

Захаров А.В., к.т.н., Ващула А.В., к.т.н., Захарова И.О., аспирант (БГАТУ)

Методика динамометрирования навесных агрегатов основывается на измерении усилий в шарнирах, соединяющих навесное орудие с трактором. Далее рассчитываются с учетом измерений усилий в шарнирах нормальные нагрузки на передние и задние колеса трактора. Предлагаемая методика, предусматривает измерение силового продольного и нормального усилия в нижних тягах, а также угол наклона верхней тяги, что исключает измерение усилия в верхней тяги в виду его знакопеременства [1].

Исходными данными для расчета являются массогеометрические параметры трактора: вес трактора G_T , вес балласта G_B , продольные координаты от оси задних колес до центров тяжести соответственно трактора и балластных грузов, продольная база, типоразмеры передних и задних колес.

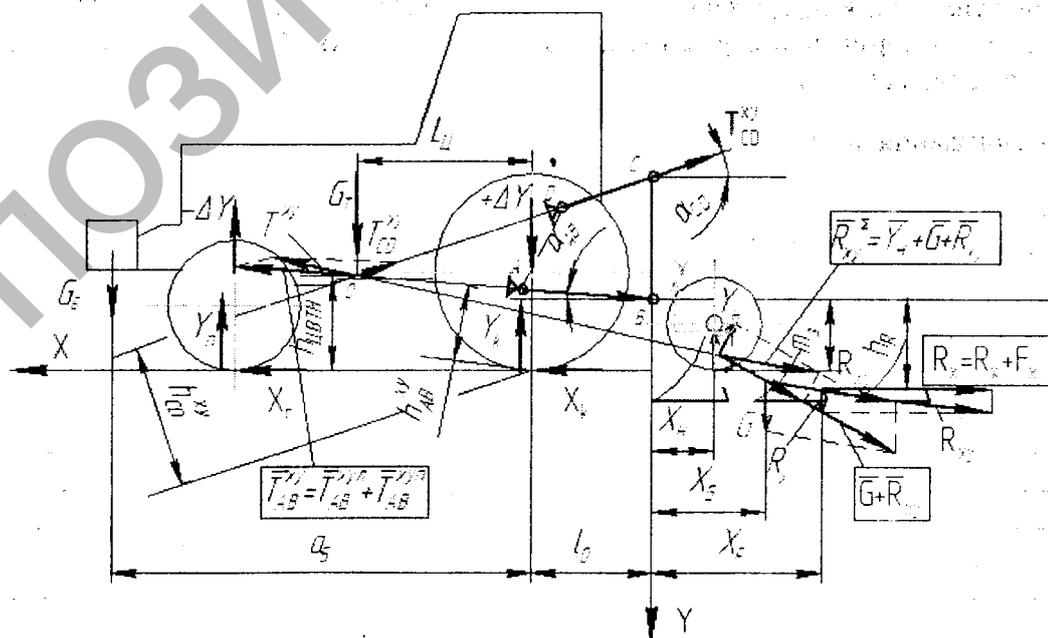


Рисунок 1 – Схема сил, действующих на навесной МТА в продольно-вертикальной плоскости при установившемся движении