

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛОУТИЛИЗАЦИОННЫХ УСТАНОВОК В ОТОПИТЕЛЬНО-ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

М.А. Прищепов, докт.техн.наук, доцент, И. А. Цубанова, аспирантка (УО БГАТУ)

Аннотация

Предложена методика определения предельных капиталовложений при заданном сроке окупаемости в энергосберегающую отопительно-вентиляционную систему (ОВС) животноводческих зданий. Данная методика может быть использована для технико-экономического обоснования внедрения теплоутилизаторов с целью снижения расхода тепловой энергии на создание оптимальных условий для содержания животных.

Введение

При разработке конструкции теплоутилизатора важным вопросом является определение технико-экономической эффективности его использования.

С теплотехнической точки зрения теплоутилизатор (ТУ) характеризуется коэффициентом эффективности, при этом необходимо стремиться к более высокому значению этого коэффициента. Его увеличение приводит к уменьшению потребляемой тепловой энергии на отопление и вентиляцию помещения. Однако рост коэффициента эффективности приводит к увеличению площади поверхности теплообмена, а соответственно, и габаритов ТУ. Дополнительные потери давления в теплоутилизаторе сопровождаются увеличением расхода электроэнергии на привод вентиляторов.

Вышеперечисленные факторы приводят к росту капиталовложений и эксплуатационных издержек. Увеличение этих затрат может окупиться только за счет снижения потребления тепловой энергии.

Одной из возможных задач оценки технико-экономической эффективности работы ТУ является определение оптимального соотношения между коэффициентом эффективности и капиталовложениями при определенном сроке окупаемости. Фактически задача состоит в том, чтобы при приемлемом сроке окупаемости установить взаимосвязь между коэффициентом эффективности и предельными капиталовложениями.

Основная часть

Для этого представим информационную структуру математической модели (рис. 1).

$\Phi_{т.п}$ – тепловой поток теплопотерь через ограждающие конструкции, кВт; $\Phi_{в}$ – тепловой поток на нагревание вентиляционного воздуха, кВт; $\Phi_{исп}$ – тепловой поток на испарение влаги внутри помещения, кВт; $\Phi_{ж}$ – тепловой поток явных тепловыделений животными, кВт;

$t_{в}$ – расчетная температура внутреннего воздуха, °С; $t_{н.о}$ – расчетная температура наружного воздуха при проектировании системы отопления (параметр Б - средняя температура наиболее холодной пятидневки), °С; ε – коэффициент температурной эффективности; $\zeta_{т}$ и $\zeta_{э}$ – тарифы цен на тепловую и электрическую энергию, руб.; $\Delta Q_{г}$ – изменение годового расхода теплоты ГДж;

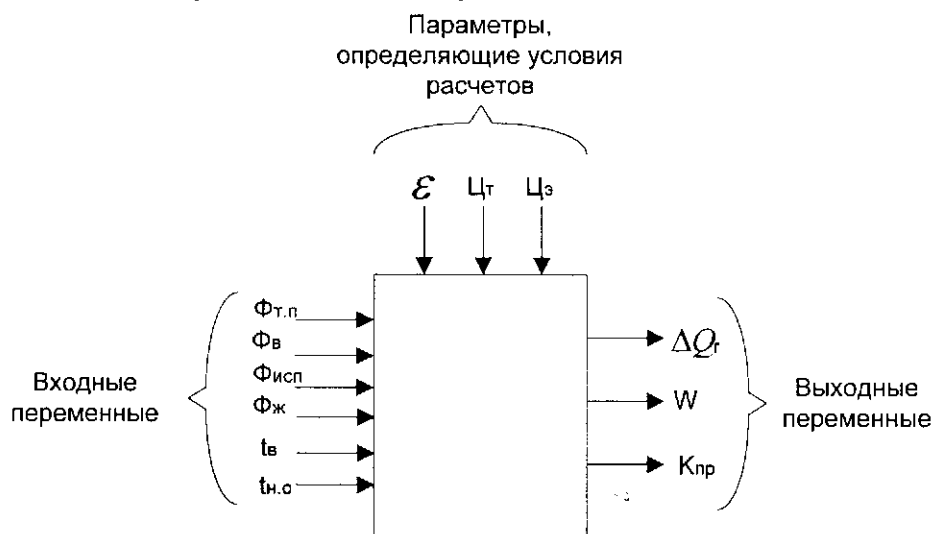


Рисунок 1. Информационная структура математической модели оценки технико-экономической эффективности работы ТУ.

W – потребление электрической энергии вытяжным вентилятором кВт·ч; K_{np} – предельные капиталовложения, руб.

При разработке модели будем исходить из того, что проект является многолетним, т. е. его расчетный период принимаем равным сроку службы оборудования. Для многолетних проектов базовая процентная ставка равна $E=0,13$ [1].

Составляем систему уравнений, описывающую взаимосвязь между приростом прибыли и капиталовложениями, амортизационными отчислениями и сроком окупаемости.

$$\begin{cases} D_r = \Delta\Pi + A; & (1) \\ P_b = \frac{D_r}{K} - E; & (2) \\ T_o = \frac{\lg(1 + E/P_b)}{\lg(1 + E)}, & (3) \end{cases}$$

где D_r – годовой доход от капиталовложений, руб.; $\Delta\Pi$ – прирост прибыли, руб.; A – отчисления на амортизацию, руб.; P_b – коэффициент возврата капиталовложений; T_o – срок окупаемости капиталовложений, лет.

Приращение суммы налогов не учитываем, так как сельскохозяйственные предприятия освобождаются от уплаты налогов.

Считается, что проект экономически целесообразен при сроке окупаемости не превышающем 3,5 года, поэтому принимаем T_o равным 3,5 года и с учетом этого проводим расчет.

Решая систему уравнений (1), (2) и (3) с учетом $E=0,13$ и $T_o=3,5$ года, получаем:

$$K = \frac{\Delta\Pi + A}{0,37} \quad (4)$$

Так как применение энергосберегающей ОВС вызывает сокращение производственных затрат и не влияет на количество и качество продукции, то прирост прибыли предприятия определяется экономией текущих затрат, т.е. $\Delta\Pi = \Delta И$.

Экономия текущих затрат определяется как разность между эксплуатационными издержками традиционной и энергосберегающей ОВС.

$$\Delta И = И_1 - И_2 \quad (5)$$

В данном случае издержки затрат по вариантам будут выглядеть следующим образом:

$$И_1 = 3T_1; \quad (6)$$

$$И_2 = 3T_2 + 3Э + A + TP, \quad (7)$$

где $3T_1$ – затраты на тепловую энергию при эксплуатации традиционной ОВС, руб.; $3T_2$ – затраты на

тепловую энергию при эксплуатации энергосберегающей ОВС, руб.; $3Э$ – затраты на электрическую энергию, потребляемую вытяжными вентиляторами, руб.; TP – отчисления на текущий ремонт, руб.

Далее запишем издержки более подробно с учетом теплоэлектронотребления:

$$И_1 = Q_{r1} \cdot Ц_r; \quad (8)$$

$$И_2 = \frac{Q_{r2} \cdot Ц_r + WЦ_э + A + P_r \cdot K}{100}, \quad (9)$$

где Q_{r1} – годовой расход теплоты при эксплуатации традиционной ОВС, ГДж; Q_{r2} – годовой расход теплоты при эксплуатации энергосберегающей ОВС, ГДж; P_r – годовая норма отчислений на текущий ремонт.

Если годовую норму отчислений на текущий ремонт принимаем $P_r=8\%$ [2], то отчисления на текущий ремонт $TP = 0,08K$.

С учетом уравнений (8) и (9) находим прирост прибыли

$$\Delta\Pi = Ц_r \Delta Q_r - Ц_э \cdot W - A - 0,08K, \quad (10)$$

где $\Delta Q_r = Q_{r1} - Q_{r2}$.

Решая совместно уравнения (4) и (10) и обозначив капиталовложения как K_{np} , получаем уравнение для определения предельных капиталовложений

$$K_{np} = \frac{Ц_r \Delta Q_r - Ц_э \cdot W}{0,45}. \quad (11)$$

Тепловой баланс животноводческих зданий определяется тепловыделениями от животных, теплотерями через ограждения здания и тепловым потоком, идущим на подогрев вентиляционного воздуха. При этом в начале определяют граничную температуру отопительного периода, исходя из теплового баланса помещения для содержания животных, а затем рассчитывают годовой расход теплоты на отопление и вентиляцию с учетом теплового режима в помещении и установленных (в зависимости от граничной температуры) параметров отопительного периода.

Граничная температура отопительного периода по вариантам, соответственно для традиционной и энергосберегающей ОВС

$$t_{н.г1} = t_v - \frac{\Phi_{ж} - \Phi_{исп}}{\Phi_{т.п} + \Phi_v} (t_v - t_{н.о}); \quad (12)$$

$$t_{н.г2} = t_v - \frac{\Phi_{ж} - \Phi_{исп}}{\Phi_{т.п} + \Phi_v(1 - \varepsilon)} (t_v - t_{н.о}). \quad (13)$$

Исходя из того, что погодные условия в Минской области наиболее типичны для РБ, то на основании климатических параметров холодного периода для данной области, приведенных в нормативной ли-

температуре [4], получены расчетные зависимости для определения параметров отопительного периода:

– средняя температура наружного воздуха в течение отопительного периода

$$\text{при } -15 \leq t_{н.г} < -6 \text{ } ^\circ\text{C} \quad t_{ср.о.} = -6,6 + 0,785 t_{н.г};$$

$$\text{при } -6 \leq t_{н.г} < 2 \text{ } ^\circ\text{C} \quad t_{ср.о.} = -\frac{1}{0,187 + 0,019 \cdot t_{н.г}};$$

$$\text{при } 2 < t_{н.г} \leq 8 \text{ } ^\circ\text{C} \quad t_{ср.о.} = -\frac{1}{0,0515 + 0,0685 \cdot t_{н.г}},$$

– продолжительность отопительного периода

$$\text{при } -15 \leq t_{н.г} < -6 \text{ } ^\circ\text{C} \quad n_0 = 87,4 + 5 \cdot t_{н.г};$$

$$\text{при } -6 \leq t_{н.г} < 2 \text{ } ^\circ\text{C} \quad n_0 = 131 + 11 \cdot t_{н.г};$$

$$\text{при } 2 < t_{н.г} \leq 8 \text{ } ^\circ\text{C} \quad n_0 = 138 + 8,4 \cdot t_{н.г}.$$

Годовые расходы теплоты по вариантам (в первом случае при традиционной ОВС, во втором при энергосберегающей):

$$Q_{г1} = 3,6 \left[(\Phi_{т.п} + \Phi_{в}) \frac{t_{в} - t_{ср.01}}{t_{в} - t_{н.о}} + \Phi_{исп} - \Phi_{ж} \right] \times \\ \times z_0 \cdot n_{01} \cdot 10^{-3} \quad (14)$$

$$Q_{г2} = 3,6 \left[(\Phi_{т.п} + \Phi_{в} [1 - \varepsilon]) \frac{t_{в} - t_{ср.02}}{t_{в} - t_{н.о}} + \Phi_{исп} - \Phi_{ж} \right] \times \\ \times z_0 \cdot n_{02} \cdot 10^{-3} \quad (15)$$

где z_0 – усредненное число часов работы системы отопления в течение суток.

Принимая $z_0 = 24$ [3], получим, соответственно:

$$Q_{г1} = 0,09 \left[(\Phi_{т.п} + \Phi_{в}) \frac{t_{в} - t_{ср.01}}{t_{в} - t_{н.о}} + \Phi_{исп} - \Phi_{ж} \right] \cdot n_{01}; \quad (16)$$

$$Q_{г2} = 0,09 \left[(\Phi_{т.п} + \Phi_{в} [1 - \varepsilon]) \frac{t_{в} - t_{ср.02}}{t_{в} - t_{н.о}} + \Phi_{исп} - \Phi_{ж} \right] n_{02} \quad (17)$$

Расход электрической энергии на привод вытяжного вентилятора:

$$W = \frac{K_3 \cdot P_n \cdot n \cdot z_0 \cdot n_{01}}{\eta}, \quad (18)$$

где K_3 – коэффициент загрузки по мощности; P_n – номинальная мощность электродвигателя вытяжного вентилятора кВт; n – количество теплоутилизационных установок; η – КПД электродвигателя.

Тогда, принимая $K_3 = 0,75$ [2] и $\eta = 0,8$

$$W = 22,5 \cdot P_n \cdot n \cdot n_{01}. \quad (19)$$

Очевидно, что с точки зрения экономической целесообразности реальные капиталовложения должны

быть не больше предельных, найденных по уравнению (11), т.е. $K \leq K_{пр}$.

Далее проведем анализ изменения предельных капиталовложений в зависимости от коэффициента температурной эффективности на примере некоторых животноводческих помещений. При расчетах ограничимся максимальным значением $\varepsilon = 0,7$, так как дальнейший рост коэффициента эффективности приведет к значительному увеличению габаритов ТУ.

По данным Минскэнерго на 01.02.2007, тарифы цен для сельскохозяйственных предприятий:

– на тепловую энергию $\Pi_т = 68638$ руб./Гкал ;

– на электрическую энергию

$$\Pi_э = 92,4 \text{ руб./}(кВт \cdot ч).$$

Тогда расчетные теплотехнические характеристики птичника на 9600 голов кур яичных пород клеточного содержания для климатических условий Минской области:

– теплопотери через ограждающие конструкции

$$\Phi_{т.п} = 63,5 \text{ кВт};$$

– тепловой поток на нагревание вентиляционного воздуха $\Phi_{в} = 176$ кВт ;

– тепловой поток на испарение влаги внутри помещения $\Phi_{исп} = 36,2$ кВт ;

– тепловой поток явных тепловыделений птицы $\Phi_{ж} = 104,6$ кВт ;

– расчетная температура внутреннего воздуха $t_{в} = 18$ °С.

Аналогичные расчетные теплотехнические характеристики получены:

• для коровника на 200 голов привязного содержания:

– теплопотери через ограждающие конструкции

$$\Phi_{т.п} = 85 \text{ кВт};$$

– тепловой поток на нагревание вентиляционного воздуха $\Phi_{в} = 204$ кВт ;

– тепловой поток на испарение влаги внутри помещения $\Phi_{исп} = 5,2$ кВт ;

– тепловой поток явных тепловыделений животными $\Phi_{ж} = 130,2$ кВт ;

– расчетная температура внутреннего воздуха $t_{в} = 10$ °С,

• для свинарника-откормочника на 1120 голов:

– теплопотери через ограждающие конструкции

$$\Phi_{т.п} = 107,7 \text{ кВт};$$

– тепловой поток на нагревание вентиляционного воздуха $\Phi_{в} = 940,8$ кВт ;

– тепловой поток на испарение влаги внутри помещения $\Phi_{исп} = 21,2$ кВт ;

– тепловой поток явных тепловыделений животными $\Phi_{ж} = 299$ кВт ;

– расчетная температура внутреннего воздуха $t_{в} = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Кроме того, задавая различными значениями коэффициента эффективности ТУ, определяли предельные капиталовложения.

Полученные зависимости представлены в виде графиков на рис.2.

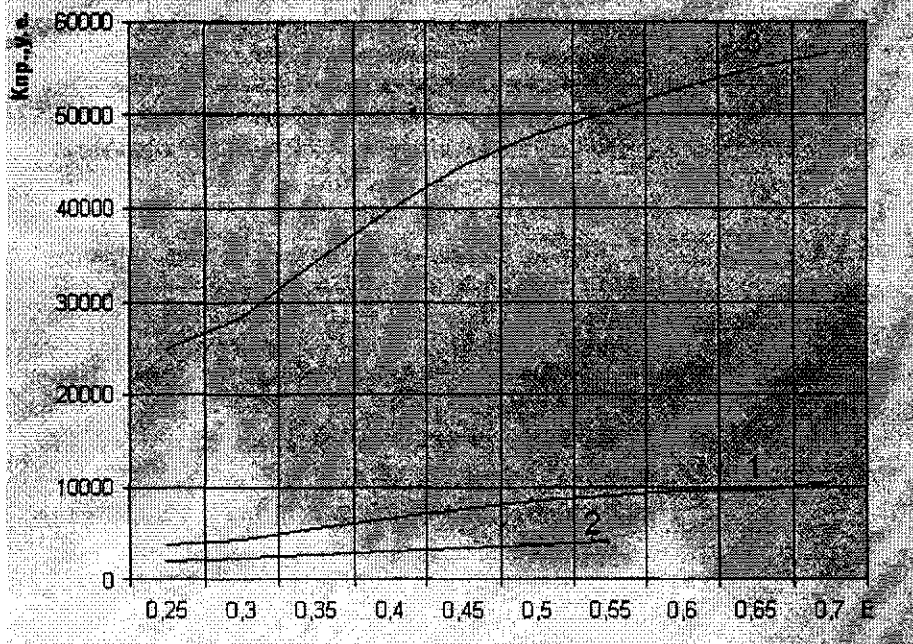


Рисунок 2. Графики изменения предельных капиталовложений в зависимости от значений коэффициента эффективности:
1 – для птичника на 9600 голов кур; 2 – для коровника на 200 голов;
3 – для свинарника-откормочника на 1120 голов.

Выводы

Предложенная методика оценки технико-экономической эффективности позволяет определить не только величину предельных капиталовложений, но и область применения теплоутилизаторов:

– анализ полученных графиков показывает, что внедрение теплоутилизационного оборудования в

помещениях для содержания коров по производству молока не принесет ощутимого экономического эффекта, так как невысокая расчетная температура внутреннего воздуха ($t_{в}=10^{\circ}\text{C}$) обуславливает низкую граничную температуру и незначительную продолжительность отопительного периода;

- полученные графики изменения предельных капиталовложений в зависимости от значений коэффициента эффективности для рассчитанных животноводческих зданий имеют практически линейный характер;
- при этом наибольшую эффективность следует ожидать от применения теплоутилизаторов в ОВС свинарников-откормочников и птичников;
- приведенные зависимости целесообразно использовать при расчете или оптимизации конструктивных параметров ТУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ширшова, В.В. Эффективность капиталовложений в условиях рынка: методы расчета/ В.В. Ширшова, Л.И. Мацкевич, Ю.Д. Мороз. – Мн.: НИК «Маркетинг», 1994.
2. Ширшова, В.В. Планирование энергопотребления и экономическая оценка ОВС на животноводческих объектах/ В.В. Ширшова. – Мн.: УО БГАТУ, 1997. – С. 11.
3. Справочник по теплоснабжению сельского хозяйства/ Л.С.Герасимович, А.Г. Цубанов, Б.Х. Драганов, А.Л.Синяков. – Мн.: Ураджай, 1993. – С. 26.
4. СНБ 2.04.02 – 2000. Строительная климатология. – Мн.: Минстройархитектуры, 2001.

“Агропанорама” - научно-технический журнал для работников агропромышленного комплекса. Это издание для тех, кто стремится донести результаты своих исследований до широкого круга читателей, кого интересуют новые технологии, кто обладает практическим опытом решения задач.

Журнал “Агропанорама” включен в список изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией для опубликования результатов диссертационных исследований по сельскохозяйственным и техническим наукам (сельскохозяйственное машиностроение, транспорт, геоэкология, энергетика). Журнал выходит раз в два месяца, распространяется по подписке и в розницу в киоске БГАТУ. Подписной индекс в каталоге Республики Беларусь: для индивидуальных подписчиков - 74884, предприятий и организаций - 748842. Стоимость подписки на первое полугодие 2008 года: для индивидуальных подписчиков - 17700 руб., ведомственная подписка - 35400 руб.