

Список использованных источников

1. Основные физико-химические свойства молока коровы [Электронный ресурс] Доступ: <https://goferma.ru/zhivotnovodstvo/korovy/fiziko-himicheskie-svoystva-moloka-korovy.html> (дата доступа 24.04.2023).
2. Качество молока коров. Физико-химические и технологические свойства [Электронный ресурс] Доступ: <https://www.vitasol.ru/notes/kachestvo-moloka-korov-2> (дата доступа 29.04.2024).
3. Состав и физико-химические свойства молока [Электронный ресурс] Доступ: <https://alternativa-sar.ru/tehnologu/mol/rodionov-g-v-tehnologiya-proizvodstva-i-otsenka-kachestva-moloka/2028-3-sostav-i-fiziko-khimicheskie-svoystva-moloka> (дата доступа 07.05.2024).
4. Методы контроля молока и продуктов его переработки [Электронный ресурс] Доступ: https://studwood.net/2148248/tovarovedenie/metody_kontrolya_moloka_produktoy_pererabotki (дата доступа 24.04.2024).

УДК 631.365.22

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Автор: К.В. Гакало, студент

Научный руководитель: И.А. Цубанов, ст. преподаватель
*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Одной из стратегических задач в сфере энергосбережения является сдерживание роста валового потребления топливно-энергетических ресурсов при экономическом развитии страны и сближение энергоёмкости валового внутреннего продукта Республики Беларусь по паритету покупательной способности со среднемировым значением этого показателя [1].

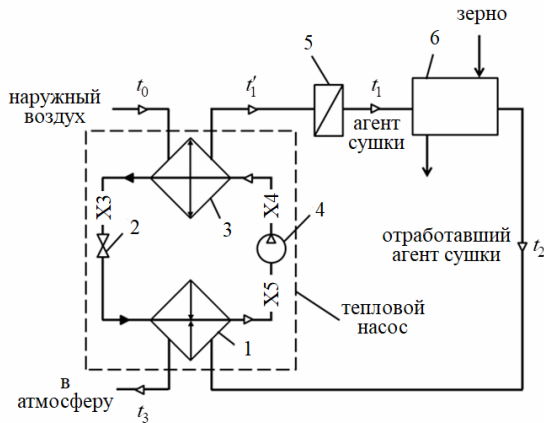
В складывающихся экономических условиях необходимо предусматривать мероприятия по повышению энергетической эффек-

тивности в сельскохозяйственном секторе экономики страны, что позволит снизить затраты на производство единицы продукции, обеспечить продовольственную безопасность и экспортный потенциал.

Климатические условия страны предопределяют первостепенную роль сушки в сохранности урожая зерновых культур. В среднем ежегодно сушке подвергается 80 % убранного зерна. При этом сушка является самым дорогим и энергозатратным процессом в послеуборочной обработке зерна, требующим большого количества топливно-энергетических ресурсов.

Для возможности производства конкурентоспособной продукции остро стоит проблема сбережения энергоресурсов при зерносушении, которая решается путем эффективного использования теплоты и электрической энергии. При этом достичь максимального эффекта возможно только в результате внедрения новых технологий и оборудования, в которых неоправданные потери энергии устранены или сведены к минимуму при том же уровне производства.

Представляется целесообразным применение компрессионных тепловых насосов в качестве утилизаторов теплоты отработанного агента сушки (рисунок 1).



- 1 – испаритель; 2 – дроссельный вентиль; 3 – конденсатор; 4 – компрессор;
5 – топка; 6 – сушильная камера

Рисунок 1 – Принципиальная схема применения теплового насоса в зерносушении

Теплота отработанного агента сушки является низкопотенциальным энергоресурсом. В испарителе теплового насоса эта тепло-

та расходуется на парообразование хладона. После конденсатора агент сушки удаляется в атмосферу.

Пар низкотемпературного хладона сжимается в компрессоре. Далее высокотемпературный хладон поступает в конденсатор. В результате конденсации пара происходит предварительный нагрев наружного воздуха за счет теплоты, переданной хладону в испарителе от отработавшего агента сушки, и работы, затраченной на привод компрессора теплового насоса. После конденсатора жидкий хладон направляется в дроссельный вентиль, а затем поступает в испаритель.

Догрев наружного воздуха до заданной температуры происходит в топке за счет теплоты газообразных продуктов сгорания топлива. После чего приготовленный агент сушки направляется в сушильную камеру.

Выполним расчет экономии теплоты на процесс сушки фуражного зерна влажностью 20 % при использовании системы «шахтная зерносушилка – тепловой насос». Температурные параметры агента сушки и наружного воздуха приняты в соответствии с рекомендациями [2].

Исходные данные к расчету:

- температура агента сушки на входе в сушильную камеру $t_1 = 150$ °С;

- температура отработавшего агента сушки $t_1 = 50$ °С;

- температуры наружного воздуха $t_0 = 15$ °С;

- разность добавлений и затрат теплоты отнесенная к 1 кг испаренной влаги $\Delta = -1450$ кДж/кг;

- КПД топки $\eta_T = 0,9$;

- коэффициент потерь электроэнергии в электрических сетях ГПО «Белэнерго» (с учетом распределительных) $k_{эс} = 0,08$.

Коэффициент преобразования теплового насоса типа «воздух–воздух» в значительной степени зависит от температуры наружного воздуха и может изменяться в большом диапазоне значений. Обобщая информацию различных интернет-источников, при расчетной температуре наружного воздуха $t_0 = 15$ °С коэффициент преобразования теплового насоса $\mu \approx 3,8$.

Температура воздуха на выходе из конденсатора теплового насоса:

$$t'_1 = a + b / \mu = 18 + 136,5 / 3,8 = 53,9 \text{ °С.}$$

Значения коэффициентов a и b для указанного режима сушки приведены в источнике [3].

Параметр, характеризующий процесс сушки:

$$A = 2500 + 1,88t_2 - \Delta = 2500 + 1,88 \cdot 50 - (-1450) = 4044 \text{ кДж/кг.}$$

Расход теплоты на испарение 1 кг влаги (удельный расход теплоты) при традиционном способе сушки будет равен:

$$q = \frac{A(t_1 - t_0)}{(t_1 - t_2)\eta_r} = \frac{4044 \cdot (150 - 15)}{(150 - 50) \cdot 0,9} = 6066 \text{ кДж/кг.}$$

Удельный расход теплоты при использовании системы «шахтная зерносушилка – тепловой насос»:

$$q' = \frac{A}{t_1 - t_2} \cdot \left[\frac{t'_1 - t_0}{\mu(1 - k_{эс})\eta_{тэс}} + \frac{t_1 - t'_1}{\eta_r} \right] =$$

$$= \frac{4044}{150 - 50} \cdot \left[\frac{53,9 - 15}{3,8 \cdot (1 - 0,08)} + \frac{150 - 53,9}{0,9} \right] = 4768,1 \text{ кДж/кг.}$$

В расчетах не учитывается КПД тепловой электростанции $\eta_{тэс}$, на которой производится электрическая энергия на привод компрессора теплового насоса, т.к. подразумевается, что электроснабжение осуществляется от Белорусской АЭС. Увеличение доли электрической энергии в конечном потреблении энергоресурсов с уменьшением потребления первичного импортируемого углеводородного топлива позволит обеспечить необходимую загрузку мощностей АЭС и в большей степени снизить зависимость экономики страны от поставок природного газа. Использование собственной электрической энергии приводит к росту эффекта энергосбережения по сравнению с вариантом электроснабжения от тепловых электростанций.

Определим экономию теплоты на зерносушение:

$$\Delta q = \frac{q - q'}{q} \cdot 100 = \frac{6066 - 4768,1}{6066} \cdot 100 = 21,4 \text{ \%}.$$

Следует отметить, что снижение себестоимости собственной электрической энергии и рост цен на импортируемое топливо неизбежно приведут к экономической целесообразности использования тепловых насосов и расширят область их применения в технологических линиях сельскохозяйственных предприятий.

Список использованных источников

1. Государственная программа «Энергосбережение» на 2021–2025 годы. Утверждена постановлением Совета министров Республики Беларусь от 24.02.2021 №103.

2. Методические рекомендации по нормированию топливно-энергетических ресурсов для организаций системы Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. Минск, 2017.

3. Цубанов, А.Г. Тепловые насосы – утилизаторы теплоты отработавшего сушильного агента / А.Г. Цубанов, А.Л. Сияяков, И.А. Цубанов // Агропанорама, № 2, 2010. – С. 27–31.

УДК 631.544.4

АНАЛИЗ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ТЕПЛИЧНЫХ ТОМАТОВ

Автор: Я.В. Прищепчик, студент

Научный руководитель: В.В. Михайлов, ст. преподаватель
*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Увеличение урожайности при производстве тепличных овощей тесно связано с развитием светодиодных облучателей и совершенствованием технологий их применения в условиях защищенного грунта. В статье приводится анализ урожайности и качественных показателей при выращивании тепличных томатов в различных световых условиях.

Имеется большое количество опубликованных исследований, оценивающих влияние дополнительного освещения светодиодами (LED) на улучшение распределения света в различных ярусах, повышение урожайности и биопродуктивных характеристик. Однако результаты исследований в преобладающем большинстве противоречивы, поскольку параметры освещения (например, фотопериод, интенсивность, спектр излучения) и условия окружающей среды варьируются в разных экспериментах. В настоящем исследовании представлен обзор использования светодиодного освещения для