

АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СО ЗНАЧИТЕЛЬНО РАЗЛИЧАЮЩЕЙСЯ ТЕПЛОВОЙ ИНЕРЦИЕЙ

Берзан В.П., Шит М.Л., Тимченко Д.В. (*Институт энергетики АНМ*),
Швидченко С. Д., Никонорова Ю. В., Котруца А. Б.
(*Технический университет Молдовы*)

Аннотация. В работе рассмотрены проблемы, возникающие при переходе от централизованной системы теплоснабжения комплекса объектов, содержащих здания с различающейся в сотни раз тепловой инерцией. Рассмотрено влияние водяного объема водогрейного котла на динамику объекта с малой тепловой инерцией наружных ограждений. Проведено сравнение эффективности применения котлов на биотопливе (солома, пеллеты и т.п.) в сравнении с котлами на природном газе.

Ключевые слова: автономная энергосистема, теплоснабжение, динамика водогрейного котла.

SISTEMUL AUTONOM DE ALIMENTARE CU CĂLDURĂ AL CONSUMATORILOR CU INERȚIE TERMICĂ, CARE SE DIFERĂ SEMNIFICATIV

Berzan V., Șit M., Tîmcenco D., (*Institutul de Energetică al AȘM*), Șvîdcenco S., Niconorova Iulia.,
Cotruța A. (*Universitatea Tehnică a Moldovei*)

Rezumat. În lucrare sunt cercetate problemele legate de trecerea de la sistemul centralizat de încălzire a unui complex format din edificii cu inerția termică diferită. Este analizată influența volumului de apă din cazan asupra dinamicii termice a obiectului cu inerția termică mică a îngrădirilor de protecție. Este prezentată comparația eficienței aplicării centralelor termice pe bio-combustibil (paie, pește etc.) față de centralele termice pe combustibil gazos.

Cuvinte-cheie: sistem autonom, alimentare cu căldură, dinamica cazanului.

AUTONOMOUS HEAT SUPPLY SYSTEM OF CONSUMERS WITH CONSIDERABLE DIFFERENT THERMAL INERTIA

Berzan V.P., Sit M.L., Timchenko D.V. (*Institute of Power Engineering of the ASM*),
Shvidchenko S.D., Niconorova Iulia.V., Kotrutza A.B. (*Moldovan Technical University*)

Abstract. There are examined problems occurring at the adoption of the decentralized heat energy supply system of the group of objects, which contains buildings with thermal inertia differed in thousands of times one from the other. It is studied the influence of water volume of hot-water boiler on greenhouse dynamics. It is conducted the comparison between the use of biomass and natural gas boilers for such as objects.

Keywords: autonomous heat supply system, heat supply, hot-water boiler dynamics.

Введение. При переходе от централизованного энергоснабжения к автономному энергоснабжению возникают вопросы, связанные с выбором структуры системы энергоснабжения и управления этой системой. В частности, когда в объект энергоснабжения входят компоненты с разной тепловой инерцией необходимо учитывать этот факт при проектировании. В работе приводится алгоритм выбора структуры системы энергоснабжения и ее компонентов с учетом разной тепловой инерции отапливаемых объектов. Объектом разработки являются: тепличный комплекс и административное здание НИИ Ботанического Сада Академии наук Молдовы. Ботанический Сад Республики Молдова является национальным достоянием. Ранее комплекс был подключен к централизованной системе теплоснабжения, и, в

связи с резким повышением цен на централизованное отопление необходимо было перейти на автономную систему отопления. В связи с недостатком средств был установлен только один котел, мощность которого еще и оказалась недостаточной. Для корректировки решения поставленной задачи были решены следующие подзадачи: определение тепловой мощности отапливаемых объектов, обоснование выбора структуры системы энергоснабжения, выбор типа топлива для котлов, выбор типа котлов с учетом водяного объема котлов для отопления объектов с малой тепловой инерцией (теплицы). *Исходные данные:* три теплицы разных размеров и административное здание – все проекта 1965 года. Установленная тепловая мощность, потребляемая административным зданием составляет 390 кВт, установленная тепловая мощность, потребляемая теплицами при расчетной температуре наружного воздуха минус 21°C: "теплицы для тропических и субтропических растений"- 2345 кВт, теплица "Зимний сад" - 344 кВт., две рассадные теплицы 378 кВт.

Требования к системе энергоснабжения: экономичность; надежность энергоснабжения; безопасность и удобство эксплуатации; качество тепловой энергии; гибкость системы (возможность дальнейшего развития). В теплицах для тропических и субтропических растений и в рассадных теплицах в холодный период года температура не должна опускаться ниже 18°C, в теплице «Зимний Сад» температура воздуха должна круглогодично находиться в пределах 18-20 °C.

ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

При централизованном теплоснабжении объектов с различной тепловой инерцией, например, зданий, имеющих постоянные времени, составляющие сотни часов и имеющие тепловую мощность в сотни мегаватт, и тепличного комплекса с установленной мощностью в несколько мегаватт и постоянной времени в единицы минут, проблемы, связанные с динамикой этих объектов при регулировании их теплового режима не возникают из-за малого вклада мощности теплиц в общую мощность, потребляемую системой теплоснабжения. В рассматриваемом случае, установленная тепловая мощность теплиц намного превышает тепловую мощность административного здания, входящего в отапливаемый комплекс. Поэтому из-за постоянной необходимости энергосберегающего погодного регулирования теплового режима теплиц будет происходить интенсивное действие возмущений в виде изменения температуры прямой воды на тепловой режим здания. Использование тепловых аккумуляторов не эффективно в данном случае, так как только увеличит инерцию системы управления зданием, увеличит стоимость системы теплоснабжения и усложнит систему управления. Поэтому энергоэффективного регулирования, как здания, так и теплиц, целесообразно иметь два независимых источника энергии.

Структурная схема теплоснабжения комплекса имеет следующий вид (рис.1).

Решение поставленной задачи возможно с применением: когенерационной установки, котла (нескольких котлов), комбинаций с холодильной установкой котлов и тепловых насосов.

В связи с тем, что МИНИТЭЦ становятся экономически эффективными только при постоянной тепловой и электрической нагрузке этих установок, что в заданных условиях практически невозможно осуществить, а также из-за высоких капитальных затрат рассмотрен вариант использования водогрейных котлов: первого – для отопления здания, и второго для отопления теплиц. Также рассмотрен вариант применения для теплицы «Зимний Сад» теплового насоса «воздух-вода» и резервного

котла для покрытия пиковой нагрузки при температурах окружающего воздуха ниже, чем температура, при которой может работать тепловой насос.

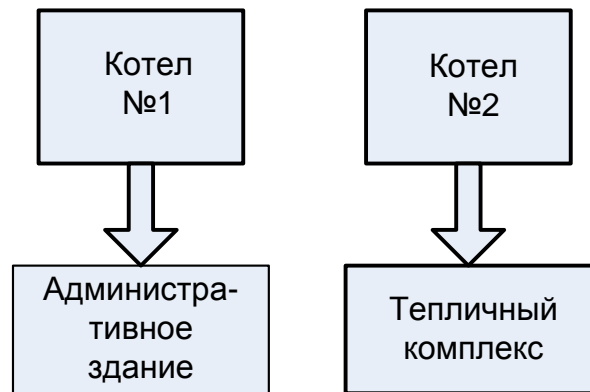


Рис.1. Схема теплоснабжения комплекса

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАССИВНЫХ МЕТОДОВ ТЕПЛОЗАЩИТЫ ТЕПЛИЦ

При выборе мощности и типа котла и/или теплового насоса (холодильной машины) для каждого из объектов были проанализированы резервы энергосбережения:

для административного здания: утепление стен, замена окон стеклопакетами, возможность рекуперации теплоты удаляемого из здания воздуха;

для каждой теплиц: возможность повышения коэффициента теплопередачи через не теплоемкие ограждения путем их модернизации (замена стекол на двухслойные, стеклопакеты, комбинация стекла и пленки), устранение источников инфильтрации наружного воздуха.

При выборе мероприятия по снижению требуемой тепловой мощности источника энергоснабжения рассчитывали требуемую тепловую мощность системы отопления теплиц в соответствии с [2, 10]. Как показали расчеты, методика, предложенная в [10] обеспечивает тот же результат, что и [2]. Поэтому при расчетах тепловой мощности, потребляемой теплицами, для других типов тепловых ограждений руководствовались [10]. Расчеты тепловой мощности теплиц приведены в приложении [1].

Рассмотрим перечень мероприятий по энергосбережению, при котором срок их окупаемости мог бы удовлетворить заказчика.

В случае ограждения «стекло+плёнка» коэффициент теплопередачи рассчитывался по известной формуле:

$$k_{cm+nl} = \frac{1}{R_{cm} + R_{возд} + R_{nl}}, \quad (1)$$

где R_{cm} - тепловое сопротивление стеклянного покрытия $R_{cm} = \frac{1}{k_{cm}}$, $R_{возд}$ - тепловое

сопротивление воздушной прослойки в зависимости от её толщины [12]. Термическое сопротивление воздушной прослойки толщиной 0,02-0,05 м. принимаем $0,14 \text{ м}^2 \times \text{°C/Вт}$ (Приложение 4 к СНиП П-3-79 (1998) СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА), термическое сопротивление одинарного стекла в металлическом переплете принимаем равным $0,18 \text{ м}^2 \times \text{°C/Вт}$, термическое сопротивление полимерной пленки – $0,13 \text{ м}^2 \times \text{°C/Вт}$ [10]. Предлагается установить отражающую бесцветную пленку. Она выполнена в своей основе из полистирола, полиуретана или лавсана, и на нее напылен металл –

бронза или серебро, – работающий как поверхность, отражающая обратно в помещение тепловое излучение. Назначение таких покрытий – не выпускать наружу через стекло тепловое излучение комнатных источников (<http://www.novoeokno.com/plastic-windows/20120208015629plastic-windows.html>). Тем не менее, для условий теплиц это техническое решение требует испытаний и характеризуется высокой стоимостью (10 долларов за 1 м.кв).

В таблице 1 приведены данные о среднем за год потреблении тепловой энергии теплицей «Зимний Сад» отапливаемого комплекса сооружений при длительности отопительного периода 166 дней (для условий г. Кишинева. При расчете теплового баланса теплиц при ограждении в виде ординарного стекла потери тепла через ограждение рассчитывались в соответствии с [2,3,5,12]. К этим потерям тепла были добавлены потери тепла за счет транспирации растений и инфильтрации наружного воздуха в соответствии с [11]. Для других видов тепловых ограждений (стеклопакет, двойное стеклянное ограждение, «ординарное стекло + теплоотражающая пленка» потери тепла рассчитывались в соответствии с [11] с введением коэффициента запаса равного двум. Коэффициент транспирации был принят равным $0,0003 \frac{\partial \bar{a}}{(i^2 \cdot \bar{n})}$. Стоимость природного газа при расчетах была принята равной 6,185 лей за 1 м.куб.

При сравнении расчетов по методике [2] и сравнении ее с расчетом по методике [11] при коэффициенте запаса равным 1,2 при расчетах по методике [11] были получены близкие результаты. В методике [2] потери на транспирацию не учитывались, а в наших расчетах по методике [11] эти потери учитывались. Площадь зеленой массы принималась равной 2-3 инвентарным площадям теплиц в зависимости от их типа. Среднее значение величины потребления тепловой энергии за год теплицей вычислялось по формуле:

$$Q_{год} = Q \cdot \frac{t_{вн} - \bar{t}_н}{t_{вн} - t_n} \cdot \tau \cdot 24 \cdot 3600 \quad (2)$$

Где:

Q - максимальная тепловая мощность объекта, кВт,

τ - количество дней отопительного периода. Для Республики Молдова - $\tau = 166$,

$\bar{t}_н$ - средняя наружная температура отопительного периода, для Молдовы: $\bar{t}_н = 0,6$ °С.

При использовании экранов возможную экономию тепловой энергии в отопительный период рассчитывали из условия использования в темное время суток. При расчете эффективности экранов предполагали, что термическое сопротивление экрана составляет 10% от термического сопротивления системы «стекло + пленка» при расстоянии между стеклом и пленкой 0,02...0,05 м. Среднемесячную длительность светового дня в условиях Кишинева в отопительный период приняли равной 10 часам (<http://dateandtime.ru/citysunrisesunset.php?id=618426&month=11&year=2011>).

Расчетные параметры наружного воздуха приняли минус 21,0°С согласно СНиП 2.01.01-82 в холодный период года для зимних теплиц - среднюю температуру наиболее холодных суток с обеспеченностью 0,92 (минус 21°С) при заданной внутренней температуре 18°С.

Поэтому годовое теплотребление должно быть скорректировано в соответствии с формулой:

$$Q_{year} = Q \cdot \frac{t_{вн} - \bar{t}_н}{t_{вн} - t_н} \cdot \tau \cdot (24 - 14) \cdot 3600 + 0,9 \cdot Q \cdot \frac{t_{вн} - \bar{t}_н}{t_{вн} - t_н} \cdot \tau \cdot (24 - 10) \cdot 3600 =$$

$$Q \cdot \frac{t_{вн} - \bar{t}_н}{t_{вн} - t_н} \cdot \tau \cdot (24 - 14 + 0,9 \cdot (24 - 10)) \cdot 3600 = Q \cdot \frac{t_{вн} - \bar{t}_н}{t_{вн} - t_н} \cdot \tau \cdot 22,6 \cdot 3600 \quad (3)$$

Экономия составит 5,8% от общего потребления теплоты при условии, что применение экрана в ночное время позволяет экономить 10% тепловой энергии. В таблице 1 приведены данные о расчетной тепловой мощности теплицы «Зимний Сад» при различных видах ограждений.

Таблица 1. Изменение потребления тепловой энергии в зависимости от вида ограждения теплицы «Зимний Сад»

Конструкция ограждения	Коэффициент теплопередачи, Вт/(м ² ·К) («день»/«ночь»)	Расчетная нагрузка при t _н = -21 ⁰ С, t _{вн} = 18 ⁰ С, Q _{расч} , кВт	Потребление тепловой энергии за отопительный период Q _{год.от.} , (ГДж/год)	Стоимость природного газа для отопления теплицы S _{год.теп.} , (тыс.лей/год)
Одинарное стекло, 0,004 м	6,4 [11]	344,4	2528,9	466,9
Двойное остекление из обычного стекла в отдельных переплетах	3,3 [11]	211,4	1551,4	286,4
Стеклопакет однокамерный из стёкол толщиной 0,004 м и расстоянием между ними 0,016 м	2,94 [16]	195,9	1437,9	265,5
Стекло + пленка при расстоянии между ними 0,02...0,05 м	3,38	214,8	1576,6	291,1
Стекло+ пленка +экран- алюминет (в темное время суток)*	3,38/2,22	214,8/165	1034,8	191,1

* Расчет проведен из условия длительности светового дня для условий г. Кишинева. Использование теплоотражающего экрана в отопительный период предполагается в темное время суток.

На рис.2 приведены зависимости тепловых потерь теплицы от вида ограждения и расчетной температуры наружного воздуха.

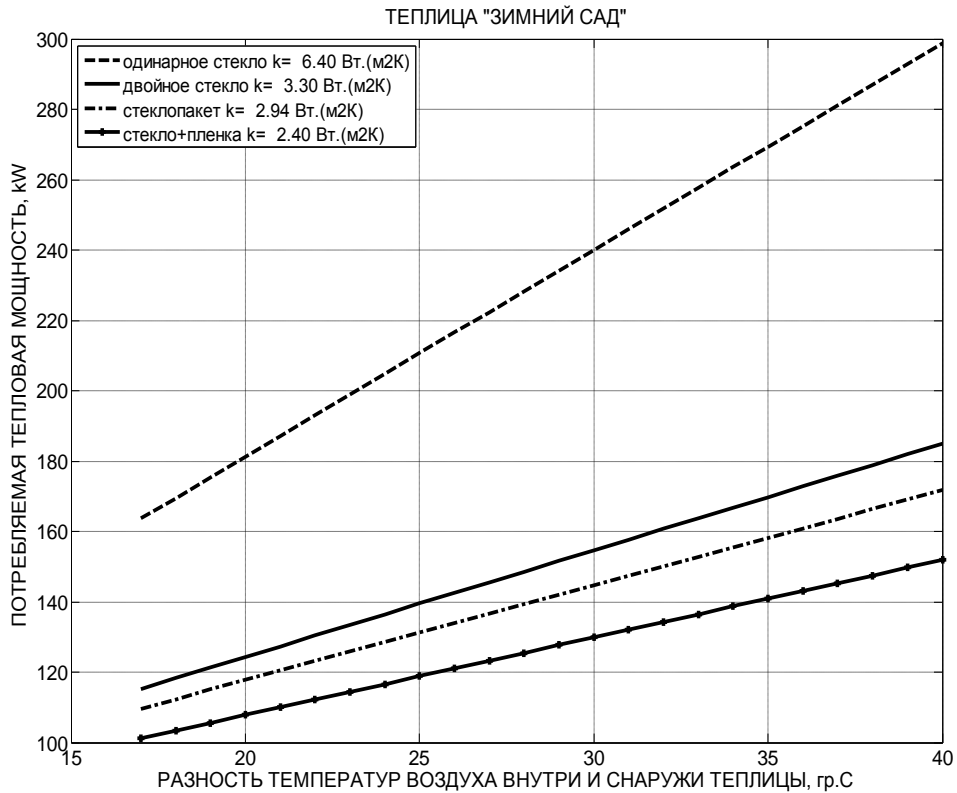


Рис. 2. Зависимость тепловых потерь теплицы “Зимний сад” в зависимости от вида ограждения

Из рассмотрения графиков следует, что благодаря пассивным методам теплозащиты годовое потребление газа котлами может быть снижено в три раза. Тем не менее, применение пассивных методов теплозащиты требует экспериментальной проверки в каждом конкретном случае.

Переходить при отоплении с качественной системы регулирования теплового режима на количественную систему регулирования нецелесообразно в связи с высокими капитальными затратами на переоборудование системы отопления теплиц.

Исследование динамики системы «котел-теплица» при возмущении температурой наружного воздуха

Следующей проблемой, возникающей при выборе типа котла, является его возможность реагировать на изменения тепловой нагрузки, которые у теплиц составляют десятки минут.

Поэтому рассмотрен вопрос о влиянии водяного объема котла на динамику системы «котел-теплица». Упрощенная динамическая модель теплицы выполнена на основании результатов работ [15,16]. Рассмотрим упрощенное уравнение теплового баланса для помещения теплицы:

$$\rho_a V_a c_a \frac{dt_a}{dt} = (-\alpha_p F_p - k_o F_o - C_i) t_a + (k_o F_o + C_i) t_o + \alpha_p F_p t_p \quad (4)$$

При составлении этого уравнения пренебрегаем аккумуляцией тепла ограждениями теплицы. При получении этого уравнения предполагаем, что температура воздуха в секции теплицы близка к температуре стенки смежного отделения и температуре пола теплицы (пол не обогреваемый). В уравнении (1.1у) приняты следующие обозначения: Здесь под t_a, t_p, t_o – приняты приращения значений температуры воздуха в теплице, средней температуры отопительного прибора, и наружного воздуха, α_p – коэффициент теплоотдачи от отопительного прибора, k_o – коэффициент теплопередачи наружного ограждения. Пренебрегаем теплопритоками за счет передачи тепла от соседних секций теплицы.

Обозначив:

$$T_{pm} = \frac{\rho_a V_a c_a}{\alpha_p F_p + k_o F_o + C_i}; k_{1pm} = \frac{k_o F_o + C_i}{\alpha_p F_p + k_o F_o + C_i};$$

$$k_{2pm} = \frac{\alpha_p F_p}{\alpha_p F_p + k_o F_o + C_i}, \quad (5)$$

Получим следующее уравнение:

$$t_a = \frac{1}{T_{pm} p + 1} (k_{1pm} t_o + k_{2pm} t_p). \quad (6)$$

Динамическая модель отопительных приборов для теплицы рассчитана в соответствии с [1] и представлена в виде звена с запаздыванием. Котел рассматривался, как объект первого порядка по отношению к температуре воды на выходе и входным величинам: расходу газа и температуре воды на входе при различных временах рецикла (подачи части горячей воды с выхода котла на его вход). Динамические свойства котла прямоточного водяного котла характеризуются зависимостями изменения температуры воды во времени от изменения величин: Q_m – теплоты, подведенной с продуктами сгорания топлива, Q_{ain} – теплоты, подведенной с питательной водой, Q_{aout} – теплоты, отведенной с горячей (сетевой) водой. Небаланс в подводе и отводе теплоты в динамике за время dt компенсируется за счет изменения теплоты ΔQ_{ak} , аккумулированной в воде, продуктах сгорания и металлических элементах котла. Теплотой, аккумулированной в продуктах сгорания, в дальнейшем пренебрегаем.

$$Q_m + Q_{ain} - Q_{aout} = Q_{ak} \quad (7)$$

В динамике имеем:

$$(Q_m + Q_{ain} - Q_{aout}) dt = dQ_{ak} \quad (8)$$

Если пренебречь материальным небалансом, определяемым разностью между подводом питательной воды и расходом сетевой воды получим:

$$\frac{m_m c_m + m_a c_a}{c_a G_a} \frac{dt_{out}}{dt} = \frac{QB\eta}{c_a G_a} - (t_{out} - t_{in}) + at_{out}, \quad (9)$$

$$T_a \frac{dt_{out}}{dt} + (1-a)t_{out} + t_{in}/1-a + QB\eta/(c_a G_a (1-a)), \quad (10)$$

$$a = \frac{G_p}{G_a}, \quad (11)$$

$$T_a = \frac{m_m c_m + m_a c_a}{c_a G_a}. \quad (12)$$

Где, m_m, m_a – масса металла и воды в котле, c_m, c_a – удельная теплоемкость металла и воды, a – коэффициент рециркуляции, G_a – расход воды через котел, Q – массовый расход природного газа, B – теплотворная способность газа, η – КПД котла. На рис.2. представлена схема моделирования котла в среде моделирования Simulink.

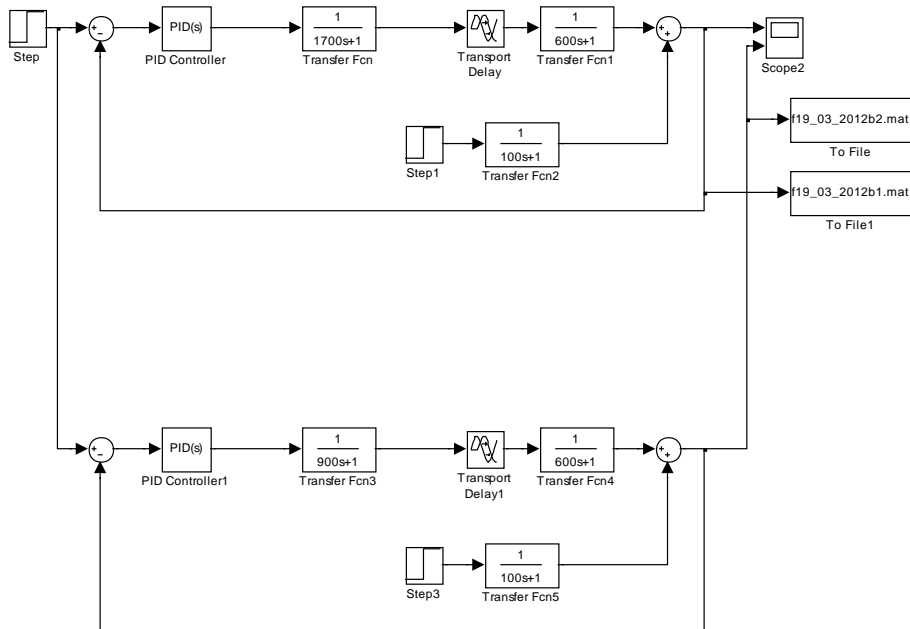


Рис.3. Схема моделирования упрощенной системы регулирования температуры в теплице в среде Simulink

Из рассмотрения графиков следует, что влияние инерционности котла на время переходных процессов в теплице незначительно. Значение величины транспортного запаздывания сигнала в трубопроводах принято равным 340 с.

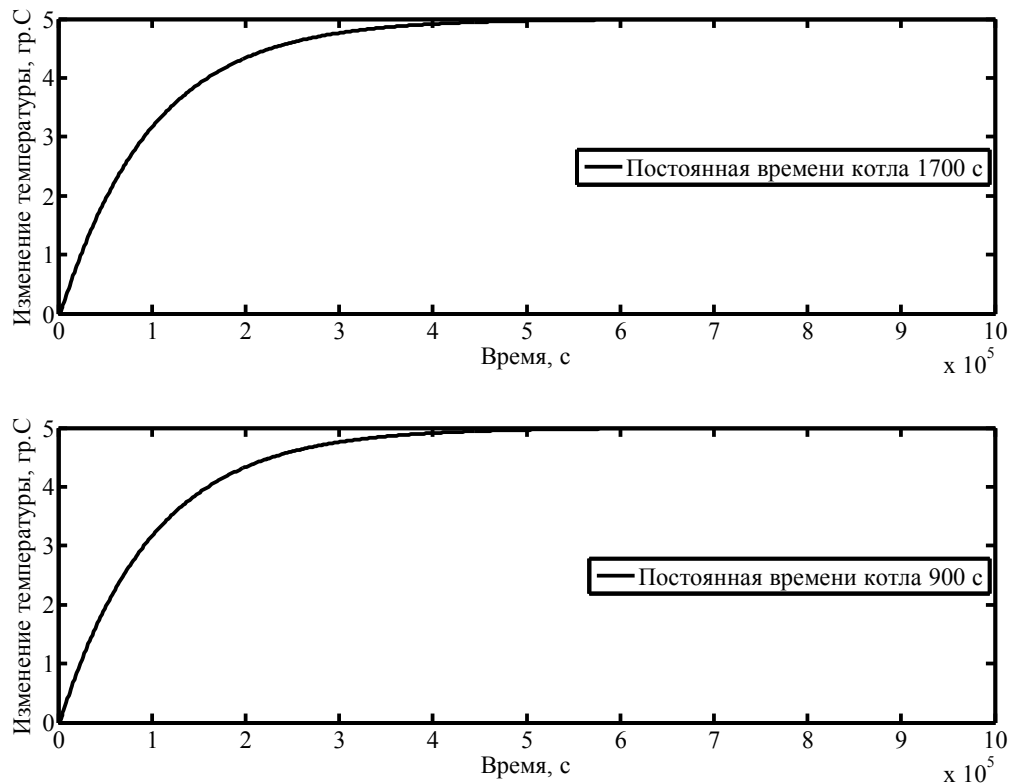


Рис.4. Переходный процесс температуры воздуха в теплице при изменении задания по температуре и разных времен разгона котла

Расчет теплопритоков для выбора холодильной установки или мощности охлаждения теплового насоса проводился по методике [5]. Расчетная мощность холодильной установки составила 125 кВт.

Так как теплонасосная установка должна выбираться из условия обеспечения холодильной мощности и максимального COP, то расчетами было установлено, что среднегодовая тепловая мощность установки составляет 65 кВт.

Так как при минимально допустимым по экономическим соображениям тепловой насос должен иметь $COP=3,5$ достаточно приобретение теплового насоса с тепловой мощностью в для отопления теплицы при использовании энергосберегающих мероприятий достаточна тепловая мощность 175 кВт. При использовании теплового насоса рассматриваем его эффективность в период отопления, когда температура наружного воздуха выше, чем минус $10^{\circ}C$. Стоимость 1 кВт холодильной машины составляет в среднем 150 \$ за 1 кВт. Длительность отопительного периода при температуре наружного воздуха выше, чем минус $10^{\circ}C$ для условий г. Кишинева составляет 150 дней. При цене электрической энергии 0,13-0,15\$ за 1 кВт*час и цене природного газа 6,185 долл. За 1 кВт.

На рис. 5-6 приведены графики дисконтированного срока окупаемости теплового насоса при $COP=3,5$, $COP=4$.

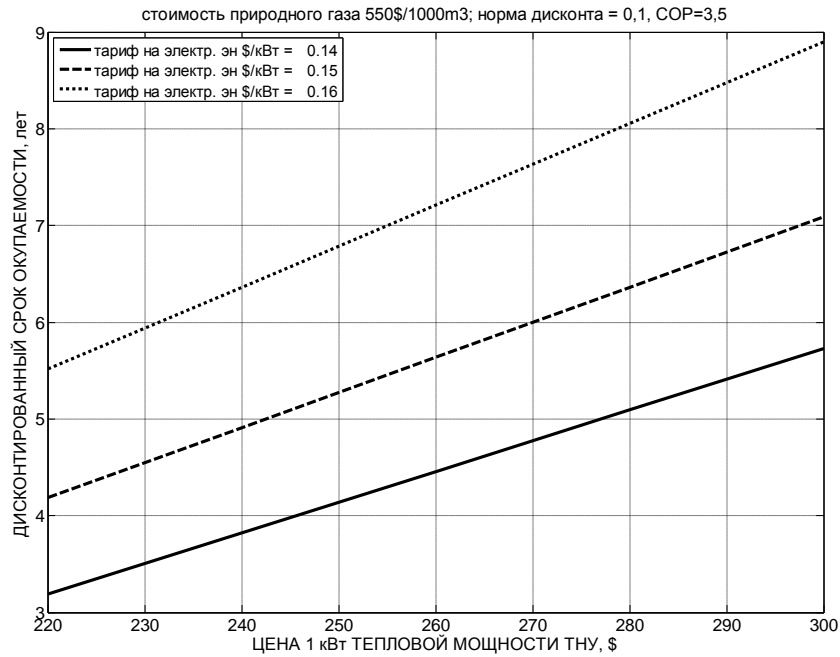


Рис.5. Зависимость дисконтированного срока окупаемости ТНУ от цены 1 кВт тепловой мощности ТНУ и тарифа на электрическую энергию при COP=3,5 и тарифе на природный газ 550\$ за 1000 м³

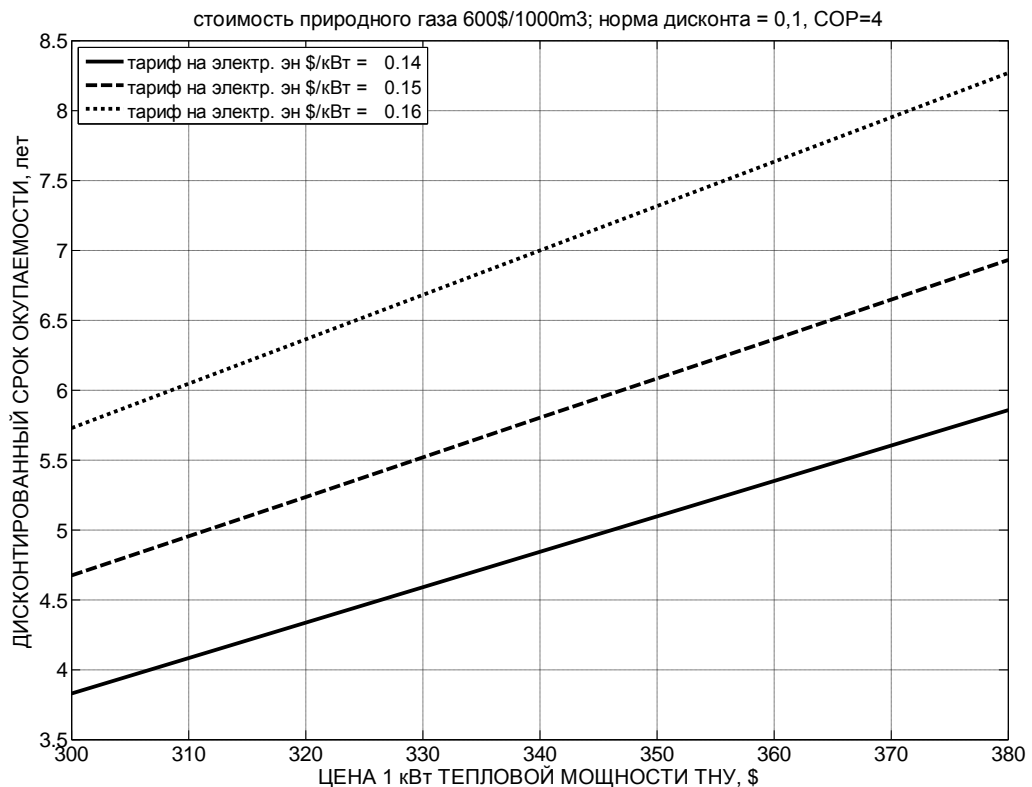


Рис.6. Зависимость дисконтированного срока окупаемости ТНУ от цены 1 кВт тепловой мощности ТНУ и тарифа на электрическую энергию при COP=5 и тарифе на природный газ 600\$ за 1000 м³

На рис.5 и рис.6 под ценой 1 кВт тепловой мощности ТНУ подразумевается: в случае, когда сравнивается систем отопления "тепловой насос+пиковый котел" и котел на газе - цена 1 кВт тепловой мощности ТНУ и разность цен 1 кВт тепловой мощности ТНУ и 1 кВт холодильной мощности холодильной машины для варианта сравнения "тепловой насос+пиковый котел" и "котел+холодильная машина".

Рассмотрим теплицу "Зимний Сад". Согласно требованиям, в ней необходимо поддерживать температуру зимой и летом в пределах 16-18°C. Были рассмотрены два варианта отопления: с применением котла и холодильной машины и с применением теплового насоса (для нагрева и охлаждения воздуха в различное время года) и пикового котла той же мощности, что и в первом варианте, но который работает только при температуре наружного воздуха ниже минус 10°C. Как показал анализ при цене 1 кВт тепловой мощности теплового насоса в пределах 400 евро за 1 кВт тепловой мощности, срок окупаемости насоса может составить 2-3 года. Это связано с необходимостью использования холодильной машины и тем фактом, что пиковый котел используется только в малой части времени отопительного сезона.

Газовые котлы традиционно предпочтительны для теплиц, благодаря их низкой стоимости, а также возможности их использования для подачи диоксида углерода в теплицу. Стоимость топлива для обеспечения отопления и подачи диоксида углерода в теплицу составляет около 28% от эксплуатационных затрат на теплицы [20]. Рост цен на природный газ вызвал интерес к использованию биотоплива для отопления теплиц.

В условиях существующей стоимости природного газа для Молдовы (500 долларов за 1000 м³) необходимо было определить экономическую эффективность применения котлов на биотопливе (солома, пеллеты, брикеты, щепа). В результате установлено, что при существующих ценах на биотопливо (с учетом его цены, доставки, хранения, обслуживания котла на биотопливе) применение этих котлов становится экономически целесообразным при цене газа более 500 долларов за 1000 кг (см. рис. 5). Удельная теплотворная способность биотоплива принята равной 18 МДж/кг (пеллеты).

При сравнении котлов в стоимость 1 тонны биотоплива вошла его цена с учетом доставки, хранения, а также стоимость эксплуатации котла (заработная плата обслуживающего персонала). При расчетах стоимости 1 кВт тепловой мощности котла принимались во внимание капитальные затраты для постройки хранилища биотоплива. Рассчитывался дисконтированный срок окупаемости котла по методике [20]. При расчетах КПД котла на биотопливе был принят равным 81%, теплотворная способность биотоплива (солома) принята равной 15 МДж/кг, КПД газового котла был принят равным 94%, норма дисконта была принята равной 0,1, стоимость природного газа варьировалась от 500 до 600\$ за 1000 м³. В качестве базового котла на биотопливе принят котел [21].

Для Республики Молдова характерно использование следующих видов твердого биотоплива: солома, пеллеты из соломы, брикеты и т.д.

Так как при существующих ценах на биотопливо (с учетом его доставки, хранения, обслуживания котла на биотопливе) применение этих котлов сопряжено с рисками при хранении биотоплива, необходимость удержания резерва топлива на складе для форс-мажорных обстоятельств, отсутствия нормативной базы регламентирующей качество биотоплива (теплоту сгорания, зольность, влажность и т.д.) остается экономически целесообразным использовать газ, как основной вид топлива для отопления.

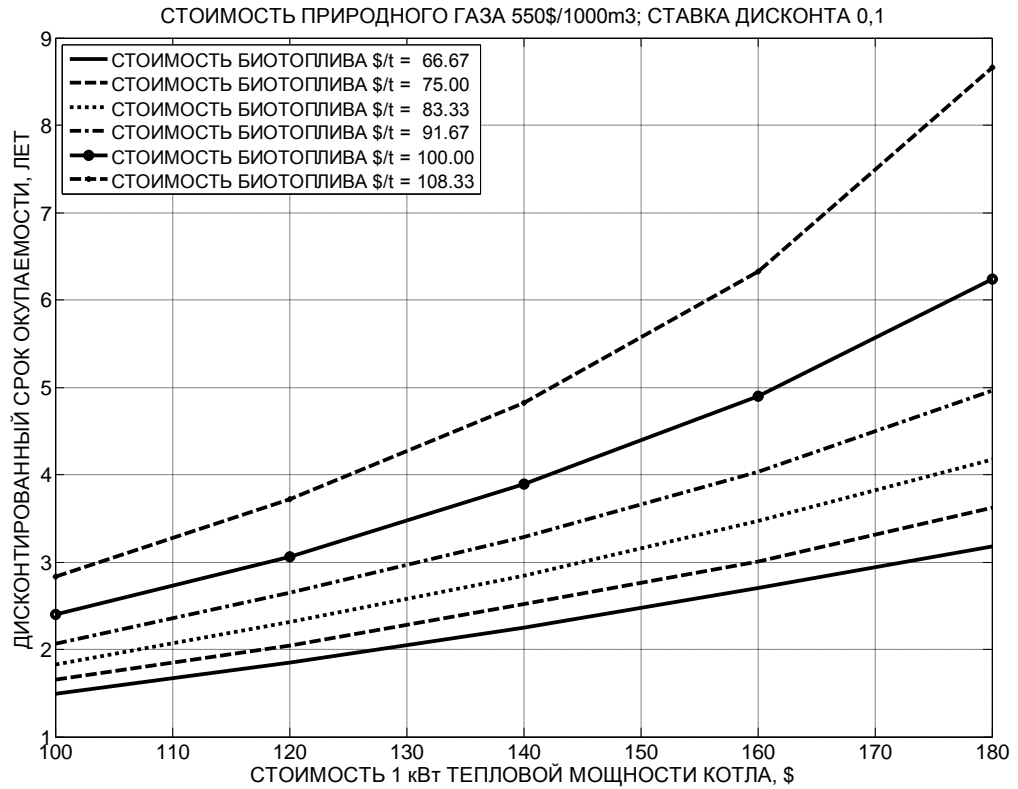


Рис. 7. Зависимость дисконтированного срока окупаемости от стоимости 1 кВт тепловой мощности котла при различной стоимости биотоплива (солома)

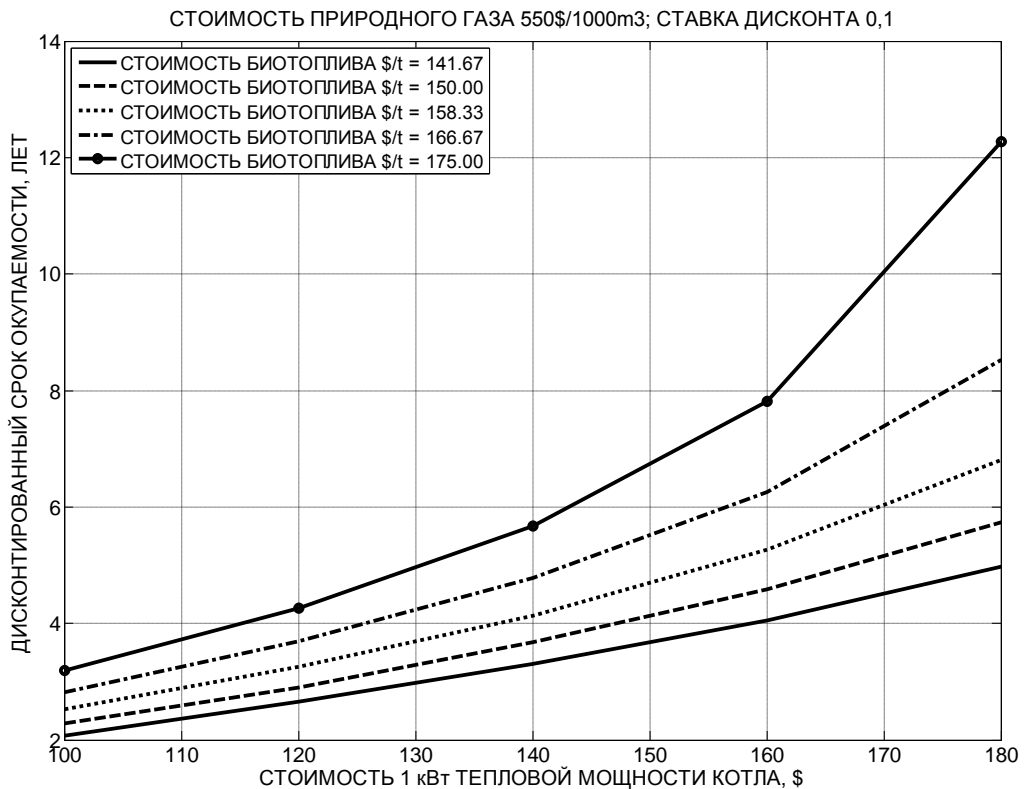


Рис. 8. Зависимость дисконтированного срока окупаемости от стоимости 1 кВт тепловой мощности котла при различной стоимости биотоплива (пеллеты, брикеты)

Выводы

1. В автономной системе теплоснабжения для отопления объектов со значительно различающейся тепловой инерцией необходимо применение отдельных котлов для каждого типа объектов.
2. Перед выбором установленной тепловой мощности котлов необходимо определить тепловую эффективность пассивных методов энергосбережения.
3. Применение котлов с большим водяным объемом практически не влияет на время переходного процесса в системе отопления теплиц при качественной системе регулирования теплового режима по сравнению с котлами с меньшим водяным объемом.
4. Применение биотоплива вместо природного газа в условиях Молдовы может быть экономически эффективным при цене природного газа выше 500 долларов за 1000 за 1м^3 , при затратах на приобретение, доставку и хранение биотоплива и обслуживание котла не более 120 долл. За 1 т. и капитальных затратах на 1 кВт тепловой мощности котла не более 130 долларов США.

Библиографический список

- [1] Чистович С.А. и др. Автоматизированные системы теплоснабжения и отопления. Л.: Стройиздат, 1987. 248 с.
- [2] “Пособие по проектированию теплиц и парников (к СНиП 2.10.04-85)”
- [3] СНиП 2.01.01-82 строительная климатология и геофизика.
- [4] <http://котлы-туймазы.рф/ceny/>*
- [5] Пособие 2.91 к СНиП 2.04.05-91 Расчет поступления теплоты солнечной радиации в помещения., Москва 1993 г.
- [6] http://www.fancoyl.ru/brend_41.htm*
- [7] <http://thermopump.ru/index.php?productID=689>*
- [8] <http://www.okna.md/price.html> *
- [9] http://polysack.com/index.php?page_id=86 *
- [10] <http://www.greenhouses.ru/Raschet-otoplenija-dlja-teplicy>
- [11] Климов В. В. «Оборудование теплиц для подсобных и личных хозяйств». М.: Энергоатомиздат, 1992.
- [12] СНиП II-3-79 (1998) Строительная теплотехника Приложение 4 Термическое сопротивление замкнутых воздушных прослоек.
- [13] Захаров В.М., Смирнов Н.Н., Ащеулов В.И., Лапатеев Д.А. «Энергосберегающий эффект от применения теплоотражающих экранов при энергообеспечении тепличных хозяйств», Вестник ИГЭУ, вып. №2, 2010, с.1-5.
- [14] Низовцев М.И., Терехов В.И. Светопрозрачные конструкции с регулируемыми тепловыми характеристиками. «Problemele Energeticii Regionale», N1(15), 2011, С. 60-76.
- [15] Галтыхин В.М. «Регулирование теплового режима отопительных котельных». В сб. Автоматизация отопительных котельных на газе. Гостоптехиздат, 1962.
- [16] Шит М.Л., Журавлев А.А., Петрова О.М. «Энергосберегающие алгоритмы управления системами отопления зданий». В сб. „Analele Institutului de Energetică al Academiei de Științe a Republicii Moldova”, Chișinău, 1996, p. 265-277.
- [17] Методические рекомендации по расчету температурного режима отпливаемых помещений при переменных тепловых воздействиях. ОНТИ АКХ, М. 1982, с.46.
- [18] Семенов Е.Г., Крушель Е.Г. С. Известия ВолгГТУ – 2009. -№6. – с.32-35.

- [19] BCMAFF. An overview of the greenhouse vegetable industry. British Columbia Ministry of Agriculture, Food and Fisheries Industry Competitiveness Branch, Canada; November 2003. Available from: http://www.agf.gov.bc.ca/ghvegetable/publications/documents/industry_profile.pdf.
- [20] http://afdanalyse.ru/publ/1/diskontirovannyj_srok_okupaemosti/6-1-0-144 *
- [21] <http://www.ukrsetka.com/index.php?productID=285>

* Последнее посещение сайта 18.03.2012

Сведения об авторах:

Берзан Владимир Петрович – доктор хаб. техн.наук, директор Института энергетики АН Молдовы. Область научных интересов: энергетика и возобновляемые источники энергии, методы математического моделирования, переходные процессы в линиях электропередач, электрические машины, диагностика энергетического оборудования. Автор более 200 научных публикаций, в т.ч. 10 монографий, 20 изобретений. E-mail: berzan@ie.asm.md.

Шит Михаил Львович – к.т.н., зав. Лабораторией «Энергетической эффективности и систем управления» Института энергетики АНМ. Область научных интересов: тепловые насосы на диоксиде углерода, автоматическое управление технологическими процессами в энергетике, промышленности, сельском хозяйстве. E-mail: mihail_sheet@yahoo.com