

УДК 697.1

Качан Ю.Г., Баташова Н.А.

**О РЕЗУЛЬТАТАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛГОРИТМА  
ОПТИМИЗАЦИИ КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ  
ПО ЭКОНОМИЧЕСКОМУ КРИТЕРИЮ**

Достоинством комбинированных систем отопления является возможность получения тепловой энергии путем использования различных видов энергоресурсов. Приведенная в [1] система с мини-котлом(ами), тэном(ами) и электрическим теплоаккумулирующим преобразователем(ями) (ЭТАПом) [2] обладает указанным преимуществом, т.к. потребляет и электрическую энергию, и газ. Еще одним существенным ее достоинством является возможность применения электроэнергии по внепиковому тарифу, причем не только во время его действия, а и после, что становится возможным благодаря наличию ЭТАПа. В результате можно обеспечить покрытие тепловой нагрузки с минимальными затратами при действующих тарифах на энергоресурсы и ценах на используемое энергетическое оборудование.

Увеличения эффективности систем отопления можно добиться и за счет снижения тепловой нагрузки, утепляя ограждающие конструкции здания. При этом подбирая, например, изоляционные материалы, их толщины, тип и размеры стеклопакетов необходимо учитывать их стоимость, минимизируя капитальные и суммарные затраты отопительного сезона в целом.

Таким образом, решением задачи оптимизации параметров комбинированной системы отопления является подбор состава и мощностей энергетического оборудования, изоляционных материалов ограждающих конструкций, их толщин, а также типов окон (по коэффициенту теплопередачи). Все эти параметры выбираются в зависимости от цен на оборудование, изоляционные материалы, стеклопакеты, а также тарифов на энергоресурсы.

Алгоритм оптимизации параметров комбинированной системы отопления [3] можно использовать для:

- прогнозирования затрат отопительного сезона, учитывая реальные параметры здания и системы отопления при условии нулевых капитальных вложений;
- оценки эффективности вариантов реконструкции существующих систем отопления и здания;
- определения оптимальных параметров вновь проектируемых здания и системы отопления с точки зрения минимизации затрат отопительного сезона.

Использование алгоритма по двум первым вариантам, по сути, является инструментом энергоменеджмента и позволяет оценить эффективность использования энергоресурсов и выбрать наиболее рациональный вариант реконструкции системы. В последнем применении алгоритм является инструментом проектирования систем отопления.

Прокомментируем указанные варианты использования разработанного алгоритма путем его машинной реализации на примере здания Запорожского областного центра занятости, имеющего следующие параметры: общий строительный объем – 13722,55 м<sup>3</sup>; ширина – 12 м; длина – 60,93 м; высота – 12 м; площадь – 798,12 м<sup>2</sup>; периметр – 145,86 м; площадь ограждающих конструкций – 2508,93 м<sup>2</sup>; площадь остекления с витражами – 636 м<sup>2</sup>. Наружные стены выполнены из силикатного кирпича толщиной 510 мм (коэффициент теплопроводности 0,76 Вт/(м·К), перекрытие верхнего и нижнего

этажей – плиты железобетонные толщиной 220 мм (коэффициент теплопроводности 1,92 Вт/(м·К). Стены и чердачное перекрытие оштукатурены известково-песчаным раствором толщиной 0,01 м (коэффициент теплопроводности 0,7 Вт/(м·К).

В конструкции пола, помимо железобетонной плиты, присутствует цементно-шлаковая стяжка толщиной 0,02 м (коэффициент теплопроводности 0,52 Вт/(м·К) и линолеум толщиной 0,008 м (коэффициент теплопроводности 0,33 Вт/(м·К). Здание ориентировано на юго-восток. Вентиляция – естественная, спроектированная вентиляция не эксплуатируется. Количество работающих людей – 120 человек. Для освещения помещений используются два типа ламп (накаливания и энергосберегающие), причем суммарная мощность первых 47460 Вт с КПД 6 %, а энергосберегающих – 3960 Вт с КПД 60 %.

В здании использованы окна разных площадей. Их выбор производился по трем вариантам:

1. Существующие (двойное остекление в металлических отдельных переплетах) с коэффициентом теплопередачи 3.226 Вт/(м<sup>2</sup>·К)). Их суммарная стоимость по ценам на текущий момент составляет 334057.1 грн.

2. Металлопластиковые с коэффициентом теплопередачи 2.89 Вт/(м<sup>2</sup>·К). Их стоимости, с учетом установки, в зависимости от площади окон составят: 154 окна 1710×1740 мм по 1794.83 грн.; 16 окон 1080×1740 мм – 1306.31 грн.; 5 окон 5500×3000 мм. – 6920.92 грн.; 6 окон 1080×540 – 870.72 грн.; 12 окон 1600×3000 мм – 2840.05 грн. (данные ООО Гарант г. Запорожье)

3. Металлопластиковые энергосберегающие с коэффициентом теплопередачи 1.4 Вт/(м<sup>2</sup>·К). Их стоимости составят: 154 окна 1710×1740 мм по 2033.54 грн.; 16 окон 1080×1740 мм – 1444.72 грн.; 5 окон 5500×3000 мм – 8403.1 грн.; 6 окон 1080×540 – 900.95 грн.; 12 окон 1600×3000 мм – 3264.77 грн.

В качестве вариантов утеплителей наружных ограждений рассмотрены три вида материалов фирмы ROCWOOL:

1. Пластер баттс (коэффициент теплопроводности 0,042 Вт/(м·К)) стоимостью 952 грн/м<sup>3</sup> с возможной толщиной 0.05 и 0.18 м.

2. Руфф баттс (коэффициент теплопроводности 0,043 Вт/(м·К)) стоимостью 1458 грн/м<sup>3</sup> с возможной толщиной 0.05 и 0.2 м.

3. Венти баттс (коэффициент теплопроводности 0,043 Вт/(м·К)) стоимостью 1502 грн/м<sup>3</sup> с возможной толщиной 0.05 и 0.18 м.

Рассматривалась трехтарифная система оплаты электроэнергии, которая, в соответствии с данными ВАТ “Запоріжжяобленерго”, сведена в таблицу 1.

Таблица 1 – Тарифная система оплаты электроэнергии по трем зонам

№	Зона тарифа	Время действия	Коэффициент
1.	Пик	с 8.00 до 11.00 с 20.00 до 22.00	1,5
2.	Полупик	с 7.00 до 8.00 с 11.00 до 20.00 с 22.00 до 23.00	1
3.	Ночь	с 23.00 до 7.00	0,4

Полупиковый тариф за 1 кВт\*ч составляет 0,28 грн.

Стоимость 1000 м<sup>3</sup> газа принята равной 1050 грн, а подпиточной воды для системы отопления – 526 грн. за 1000 м<sup>3</sup>. Объем подпиточной воды для нужд системы отопления – 0,015 м<sup>3</sup> в сутки. В настоящее время для отопления здания используется

три газовых модуля нагрева МН120 номинальной теплопроизводительностью 108 кВт с КПД 90 %. Цена одного модуля МН120 на текущий момент равна 20396 грн, секции тэнов СЕВ (ООО Жилтехснаб) мощностью 3 кВт с КПД 93 % – 120 грн.

Затраты на ЭТАП, которые в перспективе должны также выбираться по прайсам фирм-производителей или поставщиков, приняты с учетом суммы цены бака, электродов и материала наполнителя (карбид кремния). Стоимость последнего – 1000 грн./т (3215 грн./м<sup>3</sup>). Стоимости бака и электродов, в свою очередь, зависят не только от цен на использованные материалы, а и от стоимости их изготовления. На данном этапе примем: цена бака – 712 грн., электродов – 534 грн. (соответственно 8 % и 6 % от стоимости материала наполнителя для преобразователя мощностью 300 кВт).

КПД ЭТАПа в условиях практической реализации будет меняться, т.к. он зависит не только от КПД преобразования электрической энергии в тепловую (близок к 100 %), а и от используемого теплообменника и изоляции ЭТАПа в целом. В расчете он условно принят равным 89 %. Температуры плавления графита – 3500 °С, стали – 1300 °С, карбида кремния 2827 °С. Стоимость дополнительных затрат, связанных с наличием преобразователя, (наличие изоляции для последнего, а также теплообменника) принята равной 10000 грн. Количество дней отопительного сезона – 176.

Расчет произведен для отопительного сезона 2006–2007г. Данные о температуре в тени взяты из архивов Gismeteo для г. Запорожья. Обеспечиваемая температура внутри здания принята равной +20 °С, минимальная температура наружного воздуха составила – -16,9 °С.

Результаты использования алгоритма оптимизации для рассмотренных выше вариантов его применения на примере Запорожского областного центра занятости сведены в таблицу 2. Для сравнительного анализа рассчитаны также затраты отопительного сезона для рассматриваемого здания с существующими параметрами последнего и системы отопления при капитальных вложениях, определенных по ценам на текущий момент. Искомые затраты составляют 174364,9 грн., стоимость газового оборудования принята равной 61188 грн., окон – 334057,1 грн. Необходимая суммарная теплопроизводительностью модулей нагрева составила 324 кВт.

Таблица 2 – Результаты использования алгоритма оптимизации

№	Вариант использования	Капитальные вложения (КВ) в оборудование, грн.	КВ в изоляцию, грн.	КВ в окна, грн.	Затраты за отопительный сезон, грн.	Необходимые мощности оборудования, кВт
1	Прогнозирование	газовые модули нагрева – 0	0	0	60230,8	модулей нагрева – 324
2	Реконструкция	тэн –12240 ЭТАП – 18036 доп. затраты – 10000	0	0	59582,3	тэна – 306 ЭТАПа – 533
3	Проектирование	тэн –10200 ЭТАП – 15160 доп. затраты – 10000	0	422879,12	170988,2	тэна – 255 ЭТАПа – 448

Особенностью алгоритма расчета затрат отопительного сезона является то, что величины амортизационных отчислений принимаются в зависимости от предварительно заданного периода окупаемости капитальных вложений. В рассматриваемом примере последний принят равным 5 лет исходя из условий инвестиционной привлекательно-

сти проекта. С учетом приведенных особенностей разница затрат при различных вариантах параметров здания и систем отопления представляет собой чистую экономию.

Исходя из данных таблицы 2, очевидно, что экономия при реконструкции существующей системы отопления – 648,5 грн. за отопительный сезон. По истечении срока окупаемости прибыль будет составлять 8703,7 грн. в год. Снижение затрат для одного отопительного сезона при вновь проектируемых системе отопления и здании с оптимальными параметрами по сравнению с существующими составит 3376,7 грн. По истечении срока окупаемости оборудования чистая экономия составит –15975,5 грн.

В приведенном примере рассматривается один вариант реконструкции существующей системы отопления. Аналогично можно рассчитать другие и выбирать более приемлемый, например, по величине предполагаемых капиталовложений и затратам на отопительный сезон. Если разница затрат отопительного сезона для сравниваемых вариантов и существующей системы оказывается отрицательной, то при заложенных нормах амортизации вариант реконструкции либо первоначальный проект не целесообразны. В данном случае возможно путем изменения норм амортизационных отчислений увеличивать срок окупаемости до достижения положительного значения разницы затрат и только после этого принимать решение о целесообразности реконструкции (проектирования).

Таким образом при существующих ценах на оборудование, изоляционные материалы, стеклопакеты, а также тарифах на энергоносители с помощью предложенной авторами методики и алгоритма можно выбрать параметры проектируемой системы отопления, модернизировать существующую, минимизировав при этом затраты всего отопительного сезона, либо спрогнозировать последние для системы отопления любого существующего здания.

#### Литература

1. Качан Ю.Г., Баташова Н.А. Об оценке экономической эффективности комбинированной системы отопления / Энергетика: економіка, технології, екологія. – Київ: НТУУ «КПІ», 1'2007. – с. 92–97.

2. Качан Ю.Г., Левченко С.А., Кононенко Н.А. (Баташова Н.А.). Применение электрического теплоаккумулирующего преобразователя для повышения эффективности системы горячего водоснабжения/ Сборник научных трудов международной научно-технической конференции «Энергоэффективность 2005», приложение к журналу «Холодильная техника и технология». – Одесса: Рефпринтинфо, 2005. – с. 90–94.

3. Качан Ю.Г., Баташова Н.А. Оптимизация параметров комбинированной системы отопления по экономическому критерию / Інтегровані технології та енергозбереження. – Харків: НТУ «ХПІ», 1'2008.

УДК 697.1

Качан Ю.Г., Баташова Н.А.

### **ПРО РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМУ ОПТИМІЗАЦІЇ КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ЗА ЕКОНОМІЧНИМ КРИТЕРІЄМ**

У статті розглянуті різні варіанти застосування алгоритму оптимізації параметрів комбінованої системи опалення. Вони дають можливість при існуючих цінах на устаткування, ізоляційні матеріали, склопакети, а також тарифах на енергоносії вибрати параметри системи що проектується, модернізувати існуючу, мінімізувавши при цьому витрати всього опалювального сезону, або спрогнозувати останні для системи опалення будь-якого існуючого будинку.