

УДК 697.326

ЖОВМИР Н.М.

Институт технической теплофизики НАН Украины

ЭКОНОМИЯ ТОПЛИВА ПРИ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ ЗДАНИЯ С ПЕРЕХОДОМ К ПРИМЕНЕНИЮ КОНДЕНСАЦИОННЫХ ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЛОВ

Наведено порівняння вимог нормативних документів до енергетичної ефективності водогрійних котлів. Розглянуто питання узгодження температурних рівнів систем опалення та водогрійних котлів. Показано, що при реконструкції будівель одночасно з поліпшенням теплоізоляційних характеристик огорожувальних конструкцій для забезпечення збалансованого обігріву доцільно знижувати температурний графік існуючої системи опалення, що забезпечує умови для застосування сучасних високоефективних водогрійних котлів.

Приведено сравнение требований нормативных документов к энергетической эффективности водогрейных котлов. Рассмотрена проблема согласования температурных уровней систем отопления и водогрейных котлов. Показано, что при реконструкции зданий одновременно с улучшением теплоизоляционных характеристик ограждающих конструкций для обеспечения сбалансированного обогрева целесообразно понижать температурный график существующей системы отопления, что обеспечивает условия для применения современных высокоэффективных водогрейных котлов.

Comparison of the demand of normative documents to the energy efficiency of hot-water boilers is presented. The problem of temperature levels matching of heating system and that of hot-water boilers is regarded. It was shown that, at reconstruction of buildings, simultaneously with walling heat insulation improvement, it is expedient, for reaching balanced, heating to decrease the temperature level of existing heating system. This creates conditions for the application of modern high-efficiency hot-water boilers.

Q_{H}^{P} – низшая теплота сгорания топлива;
 Q_{B} – высшая теплота сгорания топлива;

t_{r} – температура уходящих газов после котла.
КПД – коэффициент полезного действия;

Актуальными задачами коммунального хозяйства и жилищного сектора Украины являются снижение затрат тепловой энергии на обогрев зданий и потребления топлива на её производство. Если первая задача решается, главным образом, путем улучшения теплотехнических характеристик зданий, то для решения второй задачи важным является применение отопительных водогрейных котлов, характеризующихся более высоким КПД, систем глубокой утилизации тепловой энергии продуктов сгорания.

Однако технические решения прошлого столетия, закрепленные в действующих стандартах, препятствуют повышению эффективности коммунальной теплоэнергетики. Состояние и технические характеристики существующих систем отопления не позволяют в полной мере использовать технические преимущества современных высокоэффективных отопительных котлов. Рассмотрим особенности технических параметров

существующих систем отопления и имеющихся в Украине отопительных котлов, включая конденсационные.

Для отопления односемейных домов и небольших общественных зданий используется значительное количество котлов мощностью от 10 до 100 кВт, которые были разработаны в соответствии с требованиями ДСТУ 2326 (ГОСТ 20548) [1]. При работе на природном газе нормативное значение КПД этих котлов должно составлять не менее 86...90% при применении горелок с принудительной подачей воздуха и не менее 83...85% при применении атмосферных горелок. Стандартом установлено, что при сжигании природного газа температура дымовых газов должна быть не менее 110 °С, что ограничивает возможности повышения КПД таких котлов.

В котельных промышленности и коммунального хозяйства эксплуатируются чугунные и стальные отопительные котлы мощностью от

100 кВт до 3,15 МВт, разработанные в соответствии с требованиями ГОСТ 10617 [2]. Стандартом установлено, что КПД котлов мощностью от 100 кВт до 1 МВт, работающих на природном газе, должен составлять не менее 90 %. Вместе с тем, стандартом установлено, что при номинальной производительности котла, температура уходящих газов должна быть не ниже 160 °С, поэтому их КПД может составлять только 92...93 %.

Наибольшее распространение в промышленной и коммунальной энергетике имеют стальные водогрейные котлы мощностью от 100 кВт до 4,0 МВт с техническими характеристиками согласно ГОСТ 30735 [3]. Стандартом установлено, что при использовании природного газа КПД этих котлов должен быть не менее 90...92 %. При сжигании природного газа температура уходящих газов от этих котлов должна быть не более 200 °С, однако при температуре газов ниже 160 °С должны устанавливаться особые требования к устройству газоходов и дымовой трубы.

С применением котлов, соответствующих ДСТУ 2326 (ГОСТ 20548), создавались домовые системы отопления в соответствии со СНиП 2.04.05 [4] на номинальный перепад температур до 95 °С/70 °С (обычно 90 °С/70 °С). Требования к отопительным котлам были согласованы с требованиями строительных норм и принятыми на то время техническими решениями по прокладке газоходов в конструкциях здания, устройством кирпичных дымовых труб [5], что не позволяло снижать температуру уходящих газов и повышать КПД.

Котлы по ГОСТ 10617 и ГОСТ 30735 широко используются в отопительных котельных, которые проектировались в соответствии с требованиями СНиП II-35-76 [6]. Этим документом предписывается, что образование конденсата в стволах кирпичных и железобетонных труб, отводящих продукты сжигания газообразного топлива, при всех режимах работы не допускается. При применении стальных дымовых труб предписывается их тепловая изоляция для предотвращения образования конденсата. Эти требования значительно усложняют устройство систем глубокой утилизации теплоты продуктов сгорания в связи с необходимостью повторного нагрева охлажденных и осушенных дымовых газов.

Поверхности нагрева стальных водогрейных котлов по ГОСТ 30735 изготавливаются из обычных конструкционных сталей и поэтому температура подаваемой в них сетевой воды должна быть не ниже точки росы продуктов сгорания. Обычно все водогрейные котлы рассчитывались на температуру воды на входе в котел 70 °С. Температуру воды на выходе из этих водогрейных котлов обычно поддерживают постоянной, равной расчетной, независимо от температуры наружного воздуха. Снижение температуры воды до требуемой по температурному графику осуществляют путем подмешивания сетевой воды, имеющей температуру 35 °С...70 °С, из обратного трубопровода.

В последние годы на рынок Украины выведены новые отопительные котлы, большей частью импортные или произведенные дочерними предприятиями зарубежных фирм в Украине, не имеющие ограничений по температуре воды на входе и обеспечивающие нагрев воды в соответствии с графиком погодного регулирования. Котлы отличаются наличием коррозионностойких хвостовых поверхностей нагрева, допускающих конденсацию водяного пара, поэтому при их установке необходимо использовать коррозионностойкие дымовые трубы, которые также уже производятся в Украине. Показатели энергетической эффективности этого оборудования значительно выше.

В августе 2008 г. Кабинет министров Украины утвердил “Технический регламент отопительных котлов, работающих на газообразном и жидком топливе” [7] (далее по тексту “Технический регламент”) в котором установлены требования к КПД водогрейных котлов мощностью от 4 до 400 кВт.

Следует отметить специфичность требований “Технического регламента” к КПД котлов. Если в действующих стандартах на отопительные и водогрейные котлы требования к КПД устанавливались по умолчанию как доля от низшей теплоты сгорания топлива, то в “Техническом регламенте” требования к КПД котлов устанавливаются как “отношение количества тепла, которое передается воде в котле, к количеству тепла, которое выделяется при сгорании топлива”. Под выражением “тепло, которое выделя-

Таблица. Требования нормативных документов к КПД отопительных котлов на природном газе

№		Мощность котла, кВт				
		50	100	160	250	400
1	КПД отопительного водогрейного котла с принудительной подачей воздуха по ДСТУ 2326 (ГОСТ 20548), % от Q_H^p	89,0	90,0			
2	КПД отопительного водогрейного котла с атмосферными горелками по ДСТУ 2326(ГОСТ 20548), % от Q_H^p	86,0	87,0			
3	КПД водогрейного котла по ГОСТ 30735, % от Q_H^p			90,2	90,4	90,6
4	КПД стандартного водогрейного котла по требованиям «Технического регламента», % от Q_B	87,4	88,0	88,4	88,8	89,2
5	То же, в пересчете в % от Q_H^p	96,1	96,8	97,2	97,7	98,1
6	КПД низкотемпературного котла по требованиям «Технического регламента», % от Q_B	90,0	90,5	90,8	91,1	91,4
7	То же, в пересчете в % от Q_H^p	99,1	99,6	99,9	100,2	100,5
8	КПД конденсационного котла по требованиям «Технического регламента», % от Q_B	92,7	93,0	93,2	93,4	93,6
9	То же, в пересчете в % от Q_H^p	102,0	102,3	102,5	102,7	103,0

ется при сгорании топлива” можно понимать высшую теплоту сгорания топлива Q_B . Требуемые значения КПД для ряда отопительных котлов мощностью 50, 100, 160, 250, 400 кВт определены в соответствии с требованиями действующих стандартов и “Технического регламента” как доля от Q_B и Q_H^p , полученные результаты представлены в таблице.

На рис. 1 сплошной линией показан теоретически возможный КПД обычных и конденсационных котлов в зависимости от температуры уходящих дымовых газов при сжигании метана с коэффициентом избытка воздуха $\alpha = 1,0$ с использованием дутьевого воздуха температурой 0°C и влагосодержанием 3,6 г на 1 кг сухого воздуха. Криволинейный участок линии показывает возможный предельный КПД для котлов с конденсацией водяного пара из продуктов сгорания, прямой участок – для обычных котлов. Под линией показаны области возможных КПД отопительных котлов, производимых в соответствии с действующими стандартами [1, 2, 3], а также тре-

бования “Технического регламента” к КПД стандартных, низкотемпературных и конденсационных отопительных котлов [7]. На криволинейном участке линии показан диапазон КПД реального конденсационного котла WTB-240 фирмы “Beckaert” [8]. Из сопоставления приведенных данных можно заключить, что требования к КПД котлов, устанавливаемые “Техническим регламентом”, согласуются с техническими характеристиками серийных котлов зарубежных производителей.

Из данных, приведенных в таблице и на рис. 1, можно сделать вывод, что “Техническим регламентом” устанавливаются требования к КПД отопительных котлов значительно выше требований действующих стандартов. Поэтому котлы, производимые в соответствии с действующими ГОСТами, не будут соответствовать требованиям утвержденного “Технического регламента”. Этот факт можно считать благоприятствующим внедрению более эффективной котельной техники и повышению эффективности использования при-

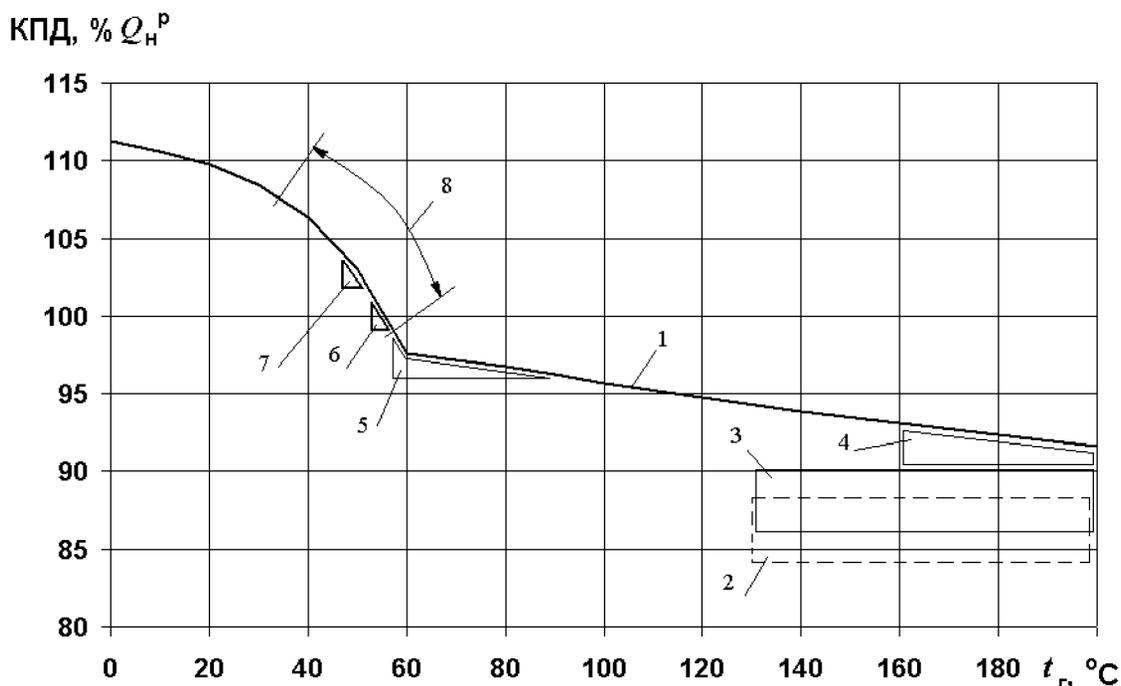


Рис. 1. Области возможных КПД отопительных котлов при сжигании метана:
1 — расчетный предельный КПД котла в зависимости от температуры уходящих газов t_r при сжигании метана с $\alpha = 1,0$; **2** — отопительных котлов по ГОСТ 20548 с атмосферными горелками;
3 — отопительных котлов по ГОСТ 20548 с горелками с принудительной подачей воздуха;
4 — водогрейных котлов по ГОСТ 10617 и ГОСТ 30735; **5** — стандартных отопительных котлов по “Техническому регламенту”; **6** — низкотемпературных котлов по “Техническому регламенту”;
7 — конденсационных котлов по “Техническому регламенту”; **8** — диапазон КПД серийного конденсационного котла WTB-240 фирмы “Beckaert”.

родного газа в системах отопления. Для отечественных производителей отопительных котлов это угрожает потерей рынка и будет вынуждать провести доработку оборудования до требований “Технического регламента”.

Применение высокоэффективного котельного оборудования, соответствующего требованиям “Технического регламента”, открывает возможности повышения эффективности отопительных котельных, однако состояние и технические характеристики имеющихся систем отопления зданий и отопительных тепловых сетей не позволяют в полной мере использовать технические возможности новых котлов по рациональному использованию энергии топлива.

“Техническим регламентом” установлено, что требования к КПД котлов должны выполняться при номинальной мощности и средней температуре воды в котле 70 °С. В зарубежной практике распространены системы отопления с темпера-

турным графиком 80 °С/60 °С (средняя температура 70 °С), а также системы с пониженными параметрами 75 °С/60 °С, 50 °С/30 °С. В отечественной практике системы отопления зданий обычно проектировались на расчетные значения температуры воды в подающем и обратном трубопроводах 90 °С/70 °С (среднее значение 80 °С). Поэтому можно предположить, что при применении даже стандартных отопительных котлов, соответствующих требованиям “Технического регламента”, их КПД может быть ниже требуемого в течение части отопительного периода, когда средняя температура воды в системе более 70 °С. Это указывает на то, что существующие системы отопления не позволяют в должной мере использовать энергетическую эффективность современных котлов как стандартных, так и низкотемпературных и конденсационных.

Ранее отмечалось [9], что после тепловой санации здания необходимо сбалансировать

уменьшенные тепловые потери здания с поступлением теплоты от нагревательных приборов. Если не произвести корректировку системы отопления, то потенциальная экономия тепловой энергии, которую может обеспечить теплоизоляция зданий, может быть растрочена на перегрев помещений и улетучится из-за необходимости проветривания. Сбалансированный обогрев помещений здания может быть достигнут двумя путями: снижением температурного графика существующей системы отопления или при сохранении прежнего температурного графика уменьшением поверхности нагрева отопительных приборов до значений, при которых обеспечиваются требуемые температуры воздуха в помещениях и исключается их избыточный обогрев.

Оценим, насколько технические решения, принимаемые при реконструкции зданий и их систем отопления, влияют на потребление природного газа отопительными котлами различных типов. Аналогично как и в работе [9], рассматривается описанная в литературе реконструкция 9-этажного 143-квартирного жилого дома серии 96 общей площадью 7760 м². При расчетной наружной температуре минус 22 °С до реконструкции дома тепловая мощность системы отопления составляла 685 кВт. При реконструкции дома его теплотехнические показатели доводят до современных требований путем замены окон с увеличением их термического сопротивления с 0,42 до 0,50 м²·К/Вт, утепления стен – с 0,83 до 2,5 м²·К/Вт, утепления чердачного перекрытия – с 1,15 до 2,7 м²·К/Вт, утепления перекрытия над техническим подпольем – с 0,92 до 2,3 м²·К/Вт. В результате реконструкции требуемая тепловая мощность системы отопления снижается до 435 кВт [10].

Полагаем, что до реконструкции дома его система отопления работала по температурному графику 90 °С/70 °С и в здании поддерживалась температура 20 °С. При выполнении расчетов использовались климатологические данные о повторяемости температур наружного воздуха для г. Запорожье [11]. Расчетное потребление тепловой энергии на отопление рассматриваемого дома до его реконструкции составляет 1358 МВт·ч тепловой энергии. После улучшения теплоизоляции

его ограждающих конструкций будет расходоваться 816 МВт·ч тепловой энергии. Требуемое количество тепловой энергии должно быть выработано отопительными котлами и доставлено к отопительным приборам обогреваемых помещений посредством теплоносителя с определенной температурой.

Рассмотрим варианты оснащения отопительной котельной обычными котлами с показателями КПД по действующим ГОСТам, стандартными и конденсационными котлами с КПД в соответствии с требованиями “Технического регламента” с реализацией благоприятных для них режимов работы. Для упрощения расчетов собственные нужды котельной и потери тепловой энергии при транспортировке учитывать не будем.

По первому варианту будем считать, что после улучшения теплоизоляции здания поверхность нагрева отопительных приборов была уменьшена до значений, при которых обеспечиваются требуемые температуры воздуха в помещениях и исключается их избыточный обогрев, а температурный график системы отопления остается 90 °С/70 °С. В качестве источника теплоснабжения рассматривается котельная с традиционными для Украины водогрейными котлами по ГОСТ 30735, обеспечивающими подогрев воды от 70 °С до 90 °С и работающими с КПД 92%. До выполнения теплоизоляции здания расчетное годовое потребление природного газа составляло 148,56 тыс куб. м, а после реконструкции – 89,25 тыс куб. м, т.е. уменьшается почти на 40%.

По второму варианту принимаем, что после улучшения теплоизоляции здания для предотвращения избыточного обогрева помещений поверхность нагрева отопительных приборов была уменьшена и система отопления переведена с номинального перепада температур теплоносителя 90 °С/70 °С на номинальный перепад 80 °С/60 °С с установкой в котельной стандартного отопительного котла, отвечающего требованиям введенного “Технического регламента”. Зависимость КПД котла от температуры воды в обратном трубопроводе рассчитана по зависимостям для номинальной и 30% мощности, приведенным в [7] с линейной интерполяцией для промежуточных значений. При применении

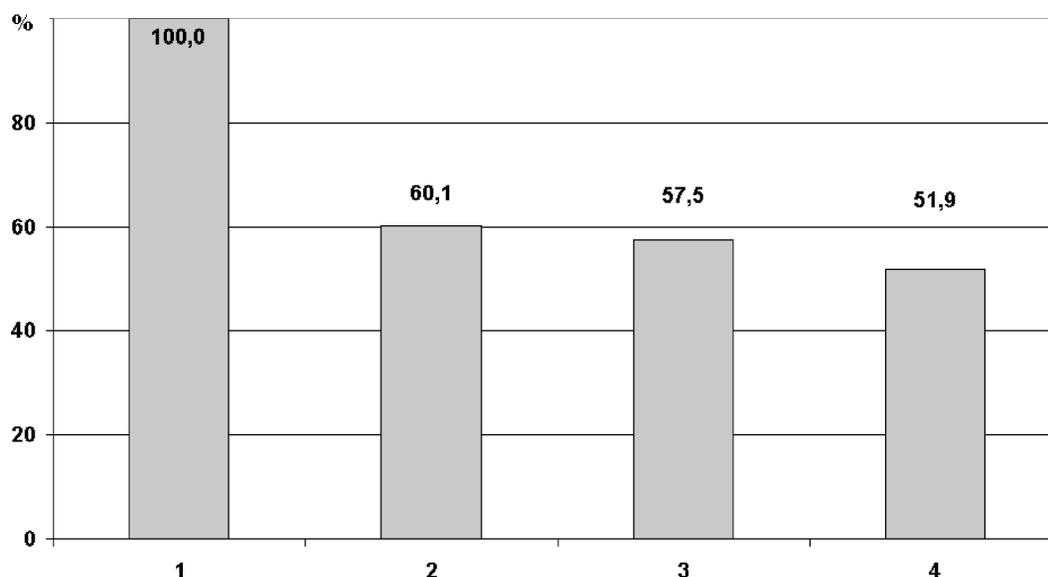


Рис. 2. Соотношение годовых расходов природного газа на отопление здания:

1 – до теплоизоляции здания с применением обычных водогрейных котлов; 2, 3, 4 – после теплоизоляции здания; 2 – с применением обычных водогрейных котлов; 3 – с применением стандартных отопительных котлов; 5 – с применением конденсационных котлов.

стандартного котла годовое потребление природного газа на обогрев реконструированного здания составит 85,46 тыс куб.м, что на 42% меньше нежели до реконструкции.

По третьему варианту принимаем, что после улучшения теплоизоляции здания для предотвращения избыточного обогрева помещений система отопления переводится с номинального перепада температур теплоносителя 90 °С/70 °С на минимально возможный перепад 64 °С/51 °С, как это было обосновано в работе [9]. В этом случае в качестве источника теплоты становится возможным применение конденсационных котлов, КПД которых увеличивается со снижением нагрузки и снижением температуры воды в обратном трубопроводе. Зависимость КПД конденсационного котла от температуры воды в обратном трубопроводе принята по техническим характеристикам реального котла WTB-240 фирмы “Beckaert” [8]. Расчет показал, что при работе системы отопления реконструированного здания по пониженному температурному графику с применением конденсационных котлов годовое потребление природного газа составит 77,13 тыс куб.м, что на 48% меньше нежели до реконструкции.

Из сравнения трех рассмотренных вариантов (рис. 2) следует, что после улучшения теплоизоляционных характеристик здания перевод системы отопления на работу по минимальному температурному графику 64 °С/51 °С позволяет применить в отопительной котельной более эффективные конденсационные котлы и дополнительно снизить потребление природного газа на 9,7% и 13,5%, по сравнению с применением стандартных (по “Техническому регламенту”) и обычных (по действующим ГОСТам) водогрейных котлов.

Необходимо отметить, что достижение сбалансированного обогрева здания снижением температурного графика существующей системы отопления до минимально возможного с применением конденсационных котлов является более реалистичным по сравнению с корректировкой поверхностей нагрева отопительных приборов, требуемой при других вариантах.

Выводы

1. Постановлением правительства Украины установлены требования к КПД водогрейных котлов более высокие по сравнению с требованиями-

ми действующих стандартов, что создает предпосылки для повышения эффективности использования природного газа в системах отопления.

2. Температурные графики существующих высокотемпературных систем отопления не позволяют в полной мере использовать технические преимущества современных высокоэффективных водогрейных котлов.

3. При реконструкции зданий одновременно с улучшением теплоизоляционных характеристик ограждающих конструкций для обеспечения сбалансированного обогрева целесообразно понижать температурный график существующей системы отопления до минимально возможного, что обеспечивает условия для применения современных высокоэффективных водогрейных котлов, прежде всего конденсационных.

4. Применение конденсационных котлов позволяет снизить потребление природного газа на отопление здания на 13,5% по сравнению с применением обычных котлов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *ДСТУ 2326–93* (ГОСТ 20548–93) Котлы отопительные водогрейные теплопроизводительностью до 100 кВт. Общие технические условия. – Держстандарт України, 1994. – 17 с.

2. *ГОСТ 10617–83* Котлы отопительные теплопроизводительностью от 0,10 до 3,15 МВт. Об-

щие технические условия. – Госстандарт СССР, 1985. – 13 с.

3. *ГОСТ 30735–2001* Межгосударственный стандарт. Котлы отопительные водогрейные теплопроизводительностью от 0,1 до 4,0 МВт. Общие технические условия. – 16 с.

4. *СНиП 2.04.05–91* Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М.: Госстрой СССР, 1991. – 83 с. <http://www.delol.ru/gost.php>.

5. *Ионин А.А.* Газоснабжение. – М.: Стройиздат, 1989. – 439 с.

6. *СНиП II–35–76* Котельные установки. – М.: Госстрой СССР, 1976. – 55 с. <http://www.delol.ru/gost.php>

7. *Технический регламент* отопительных котлов, работающих на газообразном и жидком топливе. – Кабінет Міністрів України, Постанова від 27 серпня 2008 р. № 748.

8. *Beckaert heating*. WTB // <http://www.aluheat.nl>

9. *Жовмир Н.М.* Низкотемпературные режимы систем отопления как предпосылка эффективного применения конденсационных котлов и тепловых насосов // Промышленная теплотехника. – 2008. – Т. 30, №5. – С. 62–68.

10. *Украина: Энергосбережение в зданиях.* – ЕС-Energy Centre Kiev. – 274 с.

11. *СНиП II–А.6–72* Строительная климатология и геофизика. – М.: Госстрой СССР, 1973. – 320 с.

Получено 21.01.2009 г.

УДК 579.26; 631.223.018; 631.687.7

Процишин Б.М., Михалевич В.В., Фщук Н.У.

Институт технічної теплофізики НАН України

ВИКОРИСТАННЯ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ ТА ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ АГРОПРОМУ – ОДИН З ШЛЯХІВ ДО ЕКОНОМІЇ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Проаналізовано витрати на виробництво хімічних, мікробіологічних та органічних добрив. Встановлено, що при переробці накопиченої органіки можна виробляти енергію та задовольнити

Проанализированы затраты на производство химических, микробиологических и органических удобрений. Показано, что при переработке образовавшейся органики можно вырабатывать энергию и

Expenditures are analyzed for the production of chemical, microbiological, and organic fertilizers. It is established that, in the course of processing of accumulated organics, it is possible to produce energy