

ISSN 2410-5031

Научно-практический журнал

# АГРОТЕХНИКА И ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ



ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА

№ 1 (18), 2018г.

ОРЕЛ 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ В АПК И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

- ВЛИЯНИЕ ОТКАЗОВ ДОИЛЬНЫХ УСТАНОВОК НА  
ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАШИННОГО ДОЕНИЯ 6  
**Матвеев В.Ю., Крупин А.Е., Силантьев Е.В.**  
Нижегородский государственный инженерно-экономический  
университет
- ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ  
СИСТЕМЫ ВОЗДУШНОГО ОТОПЛЕНИЯ МАСТЕРСКОЙ ПО  
РЕМОНТУ ХОЛОДИЛЬНО-ВЕНТИЛЯЦИОННОГО 16  
ОБОРУДОВАНИЯ  
**Токарева А.Н., Садымов В.П.**  
Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО  
Донской ГАУ
- ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ.  
ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ И МАЛАЯ ЭНЕРГЕТИКА
- ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ УДАЛЕННЫХ ОТ ЦЕНТРОВ  
ПИТАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ 20  
**Волчков Ю.Д., Босердт В.Ю.**  
ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, г. Орел, Россия
- ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
КОНДЕНСАТНЫХ КОТЛОВ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ  
ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ 26  
**Юдаев И.В., Токарева А.Н., Рамазанов В.С.**  
Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО  
Донской ГАУ
- АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ  
СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛЫХ ДОМОВ 35  
**Добродей А.О., Воронович А.А.**  
УО «ГГТУ им. П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНДЕНСАТНЫХ КОТЛОВ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Юдаев И.В., Токарева А.Н., Рамазанов В.С.

Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО  
Донской ГАУ

*Аннотация. Перспективным направлением в развитии систем теплоснабжения является использование конденсационной техники. Эффективность применения конденсатного котла достигается за счет уменьшения расхода газа по сравнению с более дешевым высокотемпературным котлом. В связи с этим предложена уточненная графическая методика определения потребления топлива. При расчете расхода газа учитывается изменение коэффициента полезного действия котла от температуры наружного воздуха. Представлены графические зависимости расхода топлива от продолжительности работы котельной установки. Применение данной методики к потребителю с тепловой нагрузкой, изменяющейся в диапазоне от 0,75 до 1,5 МВт, позволило определить экономию газа, которая обеспечила чистый дисконтированный доход в размере 893 тыс.руб.*

*Ключевые слова: конденсатный котел, тепловая нагрузка, газ, температура.*

**Введение.** Технология глубокой утилизации теплоты отработавших газов [1-3] стационарных котельных агрегатов стимулировала создание и развитие конденсатных котлов. Данные источники теплоты получили широкое применение в европейских странах за счет компактных размеров, высокого коэффициента полезного действия и малого количества вредных выбросов в атмосферу. В России конденсатная технология используется в основном на больших промышленных объектах. По мнению экспертов [4] применение конденсатных котлов является перспективным направлением в отопительной сфере не только на крупных предприятиях, но и в сфере теплоснабжения жилых помещений и общественных зданий. В сельской местности бытовые конденсатные котлы подходят для отопления и горячего водоснабжения фермерских хозяйств, зданий администрации,

школьных комплексов и детских садов. Проведенный анализ [5] показал достоинства и недостатки источников теплоты с конденсационными теплообменниками. Стоимость бытовых конденсатных котлов намного выше обычных традиционных котлов из-за применения кислотостойких материалов. В то же время и коэффициент полезного действия конденсационной техники выше, что приводит к уменьшению потребления топлива. Все представленные методики оценки эффективности использования конденсатных котлов [6,7] применимы к теплоэнергетическим объектам и крупным промышленным предприятиям, работающим с постоянной тепловой нагрузкой. Вопросы использования конденсатных котлов на объектах с изменяющейся тепловой мощностью рассмотрены не так широко. Целью данной работы являлось определение эффективности использования конденсатных котлов для потребителей, тепловая нагрузка которых меняется в зависимости от времени года.

**Основная часть.** Схема конденсатного котла представлена на рисунке 1. При определённых условиях охлаждения дымовых газов водяные пары конденсируются. При этом выделяется дополнительное количество теплоты, так называемая скрытая теплота конденсации. Сумма низшей теплоты сгорания топлива и скрытой теплоты конденсации определяют высшую теплоту сгорания топлива. Коэффициент полезного действия котла оценивается же относительно низшей теплоты сгорания топлива. В конденсационном котле потери скрытой теплоты и потери с дымовыми газами в среднем на 11% ниже по сравнению с высокотемпературным котлом [8]. Таким образом, КПД конденсационного котла намного выше, чем традиционного высокотемпературного котла.

Коэффициент полезного действия конденсатных котлов существенно зависит от температуры воды в обратной линии отопительных систем [10], а на коэффициент полезного действия обычных котлов температура воды в обратном трубопроводе сильного влияния не оказывает [9]. В связи с этим предлагается определить эффективность применения конденсатного котла с учетом указанного фактора

Предлагаемая методика основана на определении расхода газа при помощи графического метода (рисунок 2). В верхней части листа по традиционной методике [11] строится годовой график потребления тепловой энергии на объекте. Левая часть графика представлена линией 1 изменения нагрузки на отопление, ломаной линией 2 – изменения тепловой нагрузки на вентиляцию от температуры наружного воздуха, горизонтальной линией тепловой мощности на горячее водоснабжение 3 и линией 4, соответствующей суммарной тепловой нагрузке.

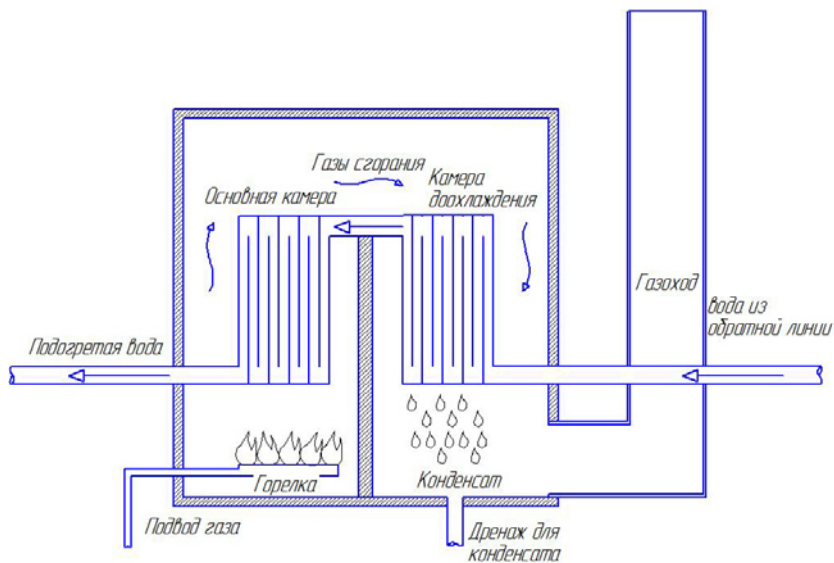


Рисунок 1—Схема и структура функционирования конденсатного котла

Вправо по оси абсцисс откладывают для конкретной наружной температуры число часов отопительного сезона, в течение которых держалась температура, равная и ниже той, для которой ведется построение, и через эти точки проводят вертикальные линии. После этого на эти линии из суммарного графика расхода теплоты (линия 4) проектируют ординаты, соответствующие максимальным расходам теплоты при тех же значениях наружных температур. Полученные точки соединяют кривой 5, представляющей собой график тепловой нагрузки за отопительный период, по которому определяется средний расход газа. При использовании представленной традиционной методики расчета не учитывается изменение КПД котельных агрегатов.

В связи с этим предлагается уточненная методика расчета расхода газа с учетом изменения КПД котельной установки. В левой нижней части листа строится график регулирования тепловой нагрузки [9]. На нем откладывается линия изменения температуры воды в прямом трубопроводе 6 и линия изменения температуры в обратном трубопроводе 7. Причем графики регулирования и тепловых нагрузок размещаются так, чтобы значения температур на оси абсцисс совпадали по вертикали.

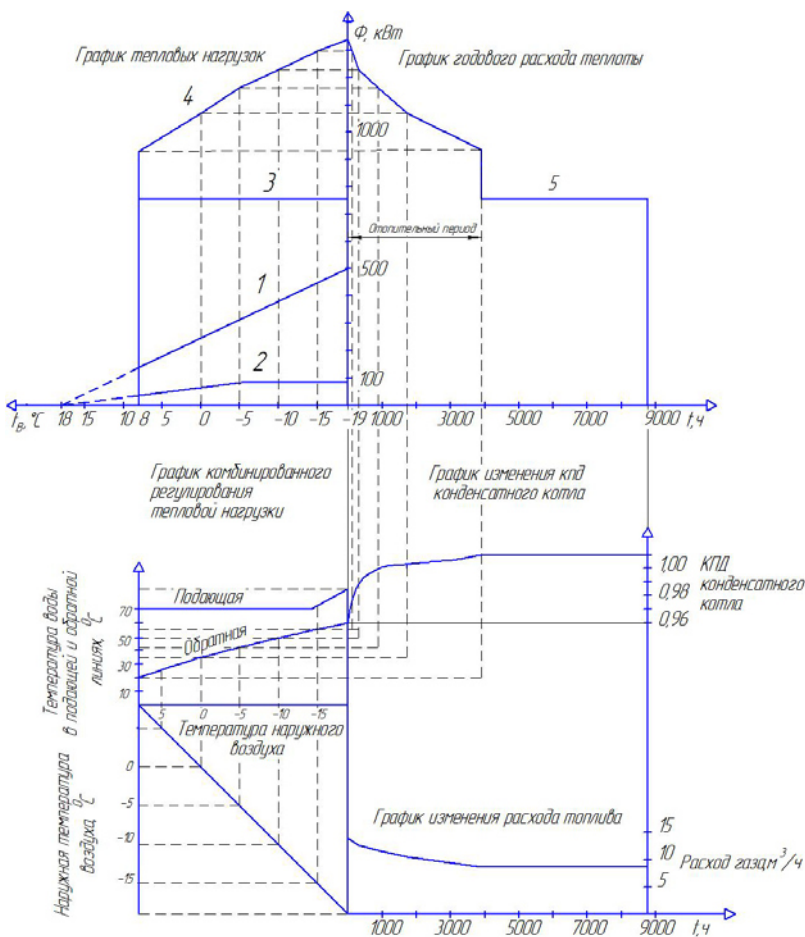


Рисунок 2 – Графики для определения расхода газа при использовании конденсатных котлов

При расчетной температуре наружного воздуха (на рассматриваемом графике она составляет  $t_{нв} = -19^{\circ}\text{C}$  для условий южных регионов страны), температура воды в обратной магистрали (линия 7) в традиционных отопительных системах равна  $70^{\circ}\text{C}$ . Из точки, соответствующей этой температуре на линии 7, проводится горизонтальная линия до пересечения с вертикальной линией,

соответствующей общему числу часов работы установки в правой части графика годового расхода теплоты. Получившаяся точка пересечения будет соответствовать КПД конденсатного котла при температуре воды в обратной линии, равной 70°C [10]. От данной точки вверх размещается шкала величин КПД конденсатного котла.

Далее на линии 6 из точки, соответствующей температуре наружного воздуха  $t_{нв} = -15^\circ\text{C}$ , проводится горизонтальная линия. Из правой части графика 5 из точки, показывающей количество часов при которых температура наружного воздуха  $t_{нв} = -15^\circ\text{C}$  и ниже, опускается вертикально вниз линия до пересечения с данной горизонтально прямой. Температуре наружного воздуха  $t_{нв} = -15^\circ\text{C}$  соответствует температура обратной воды  $t_{обп} = 55^\circ\text{C}$ . Из графических зависимостей [10] определяется КПД конденсатного котла при данной температуре воды в обратной линии. Значение данной величины откладывается на вертикальной линии, соответствующей числу работы котлов при температуре наружного воздуха  $t_{нв} = -15^\circ\text{C}$ .

Аналогичные построения проводим для других характерных значений температур наружного воздуха. В результате построений получается график 8 – график изменения коэффициента полезного действия котла от продолжительности работы, а следовательно и от температуры наружного воздуха.

После этого на вертикальной оси формируем шкалу расхода газа. Вычисляем расход газа ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) по формуле

$$B = \frac{3,6 \cdot \Phi_{тнв}}{q \cdot \eta_k}$$

где  $\Phi_{тнв}$  – расчетная тепловая нагрузка для выбранной температуры наружного воздуха, определяются по графической зависимости 4,  $\text{кВт}$ ;

$q$  – удельная теплота сгорания топлива,  $\text{кДж}/\text{м}^3$ ;

$\eta_k$  – коэффициент полезного действия конденсатного котла при соответствующей температуре наружного воздуха.

Полученные значения расхода газа при различных температурах наружного воздуха откладываются вертикально вверх по линиям, совпадающим с линиями часов работы котлов при этих температурах. Таким образом, получается график 9 изменения расхода топлива от продолжительности работы.

На данном графике площадь, ограниченная осями координат, кривой и вертикальной линией, отображает годовой расход топлива,  $\text{м}^3$ , который определяется из выражения [11]

$$V_{\text{год}} = F \cdot m_{\phi} \cdot m_{\text{нв}}$$

где  $F$  – площадь графика;

$m_{\phi}$  и  $m_n$  – масштабы расхода газа и времени работы котельной

Расход газа при эксплуатации высокотемпературного котла определяется таким же способом, как и для конденсатного котла. Построение и совмещение графиков расхода теплоты и комбинированного регулирования тепловых нагрузок отображено на рисунке 3.

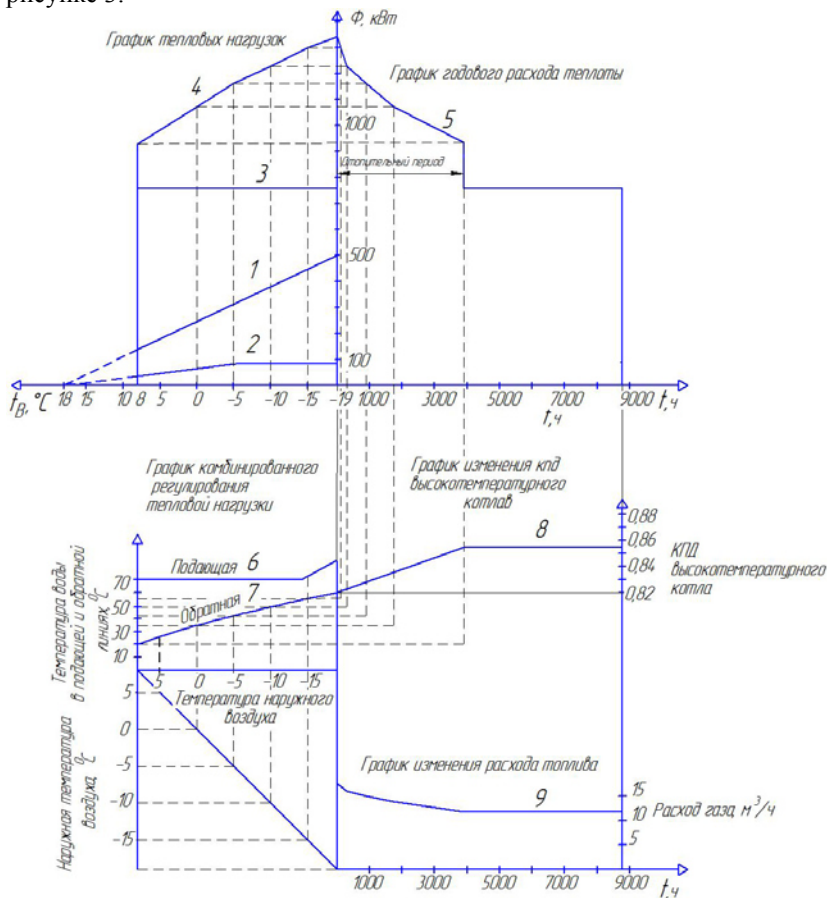


Рисунок 3–Графики для определения расхода газа при использовании высокотемпературного котла

Основное отличие полученной номограммы состоит в характере кривой 8, характеризующей изменение коэффициентов полезного действия рассматриваемых котлов.



Далее выполнили технико-экономическую оценку внедрения конденсатного котла [12].

Предлагаемая методика была апробирована применительно к школьному комплексу, расположенному в селе Красногвардейском Ставропольского края. Максимальная тепловая нагрузка для данного потребителя составила 1,5МВт, минимальная – 0,75МВт. В качестве базового варианта рассматривалось 4 высокотемпературных котла Buderus Logano GE515, а для проектируемого варианта было выбрано 4 конденсатных котла GP-402. Расход газа за год при использовании высокотемпературных котлов составил 105050 м<sup>3</sup>, а при использовании конденсационной техники – 83180 м<sup>3</sup>. Чистый дисконтированный доход от внедрения перспективных источников теплоты составил 893 тыс.руб

**Выводы.** Применение конденсатных котлов для теплоснабжения небольших предприятий и административно-бытовых зданий и объектов социальной сферы в нашей стране из-за условий низкой стоимости газа не получило в настоящее время широкого применения как за рубежом. Однако стоимость данного оборудования с каждым годом снижается, а преимущество конденсационной техники уже оценено поставщиками тепловой энергии. Эффект от использования конденсатного котла достигается за счет экономии топливно-энергетических ресурсов. Представленный графический метод определения расхода топлива учитывает продолжительность работы котельного агрегата, параметры наружного воздуха, коэффициент полезного действия котла

Предложенная методика оценки эффективности позволяет точно определить расход газа и вычислить экономический эффект от внедрения конденсационной техники. Использование использованной методики на примере теплоснабжения школьного комплекса позволило определить годовую экономию газа, которая составила 21870 м<sup>3</sup>.

### Список использованных источников

1. Аронов И.З. Контактный нагрев воды продуктами сгорания природных газов.– Л.:Недра, 1990. – 279 с.

2. Аронов И.З., Рябцев Н.И., Тихоненко Ю.Ф. Внедрение конденсационных поверхностных теплоутилизаторов–резерв эффективности газовых котельных//Энергосбережение,2002.–№ 5.– С.58-59

3.Шадек Е.Г. Перевод станционных паровых котлов в конденсационный режим. Способ экономии топлива// Энергосбережение,2016.–№ 6.–С.46-51

4. Опрос экспертов рынка газовых котлов//Сантехника, отопление, кондиционирование, 2010.–№12(108).–С.14-17
5. Сахаров В.И. Конденсационные котлы в российских условиях: учитываем плюсы и минусы// Сантехника, отопление, кондиционирование, 2014.–№5(149).–С.42-44
6. Шадек Е.Г. Оценка эффективности глубокой утилизации тепла продуктов сгорания котлов электростанций.// Энергосбережение, 2016.–№ 2.–С.62-68
7. Шадек Е.Г. Перевод станционных паровых котлов в конденсационный режим. Способ экономии топлива// Энергосбережение, 2016.–№ 6.–С.46-51
8. Основные вопросы конденсационной техники. [Электронный ресурс]– Режим доступа: <http://www.avtonomgaz.ru/data/files/Kondensat.pdf> (дата обращения: 12.05.2017)
9. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. – М.; МЭИ, 2001. – 472с.
10. Котлы средней и большой мощности. [Электронный ресурс]– Режим доступа: [http://teplo.com/goods/pdf/viessmann\\_viessmann-medium-large-boilers.pdf](http://teplo.com/goods/pdf/viessmann_viessmann-medium-large-boilers.pdf) (дата обращения: 13.05.2017)
11. Амерханов Р.А., Драганов Б.Х. Проектирование систем теплоснабжения сельского хозяйства.–Краснодар, 2001.–200с.
12. Хорольский В. Я., Таранов М.А., Петров Д.В. Оценка экономической эффективности агроинженерных проектов.– Зерноград: ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2008.-212с.

*Юдаев Игорь Викторович, доктор технических наук,  
профессор, Токарева Анна Николаевна, кандидат технических наук,  
доцент, Рамазанов Владислав Сергеевич, магистрант, Зерноград,  
Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской  
ГАУ.*

## EFFICIENCY DETERMINATION OF USE OF CONDENSATE BOILERS FOR HEAT SUPPLY OF PUBLIC BUILDINGS

Yudayev I.V, Tokareva A.N. ,Ramazanov V. S

Azov-Black Sea Engineering Institute FSBEI HE Donskoy GAU.

Abstract. A promising way in the development of the heat supply systems is the use of the condensing technologies. The efficiency of use of a condensate boiler is achieved by reducing the gas consumption in comparison with a cheaper high-temperature boiler. Concerning this fact, an improved graphical methodology for determining fuel consumption was proposed. When calculating the gas flow rate, the change in the efficiency of the boiler from the outside air temperature is taken into account. Graphical dependences of fuel consumption on the duration of the boiler plant operation are presented. The application of this technique to a consumer with a thermal load varying in the range from 0,75 to 1,5 MWt has made it possible to determine the gas saving, which ensured a pure discounted income of 893 thousand rubles.

Key words: condensate boiler, thermal load, gas, temperature.

*Yudayev Igor Viktorovich, the Doctor of Engineering Sciences, professor, Tokareva Anna Nikolaevna, Candidate of Engineering Sciences, the associate professor, Ramazanov Vladislav Sergeevich, graduate student, Zernograd, Azov-Black Sea Engineering Institute FSBEI HE Donskoy GAU.*