

УДК 621.165

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ НАСОСОВ ТЭЦ ПУТЁМ УСТАНОВКИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ

Лёгкий А.Д., Злобин В.Н., Сорокин А.М.

Институт архитектуры и строительства Волгоградского государственного технического университета, Волгоград, e-mail: aist@vgasu.ru

Рассмотрен оптимальный метод модернизации насосов подачи циркуляционной воды на охлаждение и циркуляцию ее через основной и встроенный пучок конденсаторов паровых турбин на ТЭЦ. Приведена схема преобразователя частоты, с помощью которого происходит регулирование давления на напоре насоса. Показано увеличение эффективности насоса путем снижения энергопотребления электродвигателя насоса, а также за счет снижения расхода циркуляционной воды через основной и встроенный пучок конденсатора паровых турбин. Найдено, что при данной установке преобразователя частоты повышается надежность и эффективность работы всех теплообменных аппаратов турбинного отделения, а также снижается вероятность порыва циркуляционного водовода излишним давлением, также обеспечивается необходимый расход через основной и встроенный пучок конденсатора паровых турбин. Отпадает необходимость перехода циркуляционными насосами с более мощной производительностью на насосы с меньшей производительностью. В случае нехватки производительности одного насоса или излишней производительностью двух насосов существует возможность полной загрузки одного из насосов регулированием преобразователя частоты другого для обеспечения необходимого расхода через основной и встроенный пучок конденсатора, а также теплообменников вспомогательного оборудования турбинного отделения. Уменьшен избыток давления циркуляционной воды через основной и встроенный пучок конденсатора паровых турбин, а также через масло и газоохладители, что увеличивает надежность протока циркуляционной воды через конденсатор и теплообменники турбинного отделения в целом. Схемы циркуляции охлаждающей воды и преобразователя частоты приведены на рисунках.

Ключевые слова: циркуляционная вода, основной пучок, конденсатор, циркуляционный насос, паровые турбины

MODERNIZATION OF CIRCULATING PUMPS OF THERMAL POWER PLANTS BY INSTALLING A FREQUENCY CONVERTER

Legkiy A.D., Zlobin V.N., Sorokin A.M.

*Institute of Architecture and Construction of Volgograd State Technical University,
Volgograd, e-mail: aist@vgasu.ru*

The optimal method for the modernization of the circulation water supply pumps for cooling and its circulation through the main and built-in bundle of condensers of steam turbines at the thermal power station is considered. The frequency converter circuit with which the pressure at the pump head is regulated is shown. An increase in the efficiency of the pump by reducing the energy consumption of the pump motor, as well as by reducing the flow of circulating water through the main and built-in condenser bundle of steam turbines, is shown. It was found that with this installation of a frequency converter, the reliability and efficiency of all heat exchangers of the turbine compartment are increased, and the likelihood of a rupture of the circulation duct by excessive pressure is reduced, the flow through the main and built-in condenser bundle of steam turbines is also provided. There is no need to switch circulation pumps with more powerful performance to pumps with lower performance. In case of lack of capacity of one pump or excessive performance of two pumps, it is possible to fully load one of the pumps by controlling the frequency converter of the other to ensure the required flow rate through the main and built-in condenser bundles, as well as heat exchangers of auxiliary equipment of the turbine compartment. The excess pressure of the circulation water through the main and built-in condenser bundle of steam turbines, as well as through oil and gas coolers, is reduced, which increases the reliability of the circulation water flow through the condenser and heat exchangers of the turbine compartment as a whole. The cooling water circulation circuit and the frequency converter are shown in the figures.

Keywords: circulation water, main beam, condenser, circulation pump, steam turbines

В настоящее время на ТЭЦ чаще всего устанавливаются 4 циркуляционных насосных агрегата типа Д-12500-24 или же типа Д-5000-34, электродвигатель каждого из которых будет управляться с помощью преобразователя частоты, позволяя регулировать давление на напоре насоса, в зависимости от количества работающих турбоагрегатов и от необходимого расхода циркуляционной воды. Но в большинстве случаев устанавливают насосы с разной производительностью. Однако когда по ряду причин один

насос находится вне резерва или в ремонте, то подключают 2 насоса с разными производительностями. Зачастую они либо не обеспечивают необходимый расход циркуляционной воды через основной и встроенный пучки конденсаторов турбин, при этом снижается вакуум в конденсаторе, либо имеют избыточную производительность, где возникает вероятность порыва основного и встроенного пучка конденсатора, а также приводит к заклиниванию теплообменников охлаждающей водой, что снижает их эффек-

тивность. В общем и целом, если один из пары насосов выходит из строя, нарушается нормальный режим протока охлаждающей воды, при котором снижается эффективность теплообменников и конденсаторной установки паровых турбин в целом.

Данная работа посвящена возможности установки на электродвигатели однотипных насосов с регулированием их от преобразователя частоты, в зависимости от их конструктивных особенностей.

Насосы типа Д-12500-24 (ЦН-1,4) и Д-5000-34 (ЦН-2,3) – центробежные двустороннего входа, горизонтальные одноступенчатые с двусторонним полуспиральным подводом жидкости к рабочему колесу двустороннего входа и спиральным отводом [1].

Конструктивная особенность данных насосов заключается в преобразовании механической энергии, приводимой рабочими колесами насосного агрегата, в гидравлическую энергию проходящей циркуляционной воды вследствие гидродинамического воздействия рабочего колеса, путем подвода и отвода жидкости [2].

Конструкция данных насосов состоит из самого насосного агрегата и приводимого его в действие электродвигателя, установленных на общей фундаменте и соединенных между собой при помощи соединительной муфты.

Корпус данных насосов изготавливается из чугуновой или стальной отливки, на которой находятся разъемы в горизонтальной плоскости, проходящей через ось ротора.

Входной и напорный патрубок насоса располагаются в нижней части корпуса и направлены в противоположные стороны, вследствие чего возможен разбор и ремонт самого насосного агрегата без расфланцовки патрубков и снятия электродвигателя.

Рабочее колесо – двухпоточного типа, что позволяет осуществить уравновешивание осевых векторов силы. Остаточные векторы осевых сил воспринимаются радиальными или радиально-упорными шарикоподшипниками.

Во избежание протечек циркуляционной воды по рабочему валу в корпусе насоса установлены сальниковые или одинарные торцовые уплотнения.

Циркуляционные насосы типа Д-5000-34 (ЦН-2,3), производительностью 5000 м³/ч, напором 34 м вод. т, с частотой оборотов, равной 730 об/мин, диаметром рабочих колес 700 мм и мощностью электродвигателя в 500 кВт.

Циркуляционные насосы типа Д-12500-24УХЛ4 (ЦН-1,4), производительностью 12500 м³/ч, напором 24 м вод. ст, с частотой оборотов, равной 485 об/мин, диаметром

рабочих колес 985 мм и мощностью электродвигателя в 1000 кВт.

Циркуляционная вода из градирен поступает в аванкамеру, откуда стальными водоводами подводится на всасывающий патрубок циркуляционных насосов ЦН-1:4. Далее работающими циркуляционными насосами вода по напорным циркуляционным водоводам подается в конденсаторы турбин, где проходя внутри трубок конденсационного пучка, нагревается за счет конденсации отработанного пара турбин в межтрубном пространстве конденсатора. Нагретая таким образом вода по обратным циркуляционным водоводам сбрасывается на градирни, где охлаждается вследствие частичного ее испарения на пленочном оросителе [3].

Помимо этого, с напорного патрубка ЦН-1:4 циркуляционная вода подается на всасывающий патрубок насосов газоохладителей турбогенераторов и механизмов, после чего она подается подключенными к напорным циркуляционным водоводам с последующим сбросом в аванкамеры.

Обратные клапаны и затворы на напорных линиях циркуляционных водоводов расположены в камере переключений.

Блок-схема движения циркуляционной воды представлена на схеме (рис. 1).

Назначение частотного преобразователя предназначено для автоматизации рабочего места (АРМ) машиниста для отображения и фиксации рабочих параметров циркуляционных насосных агрегатов, работоспособности программного обеспечения, а также самой системы частотного регулирования, вводимых параметров и значений по технологическим, аварийным показателям, ввода резервного насосного агрегата в самой системе частотного регулирования, в случае отклонения от установленных параметров. Непосредственно само место управления машинистом данными насосами, автоматизировано и выполнено на базе планшетного компьютера.

Автоматизация рабочего места с помощью программы обеспечивает следующие функции [4]:

- вывод технологической схемы циркуляционных насосных агрегатов с отображением текущего давления на всасывающем и нагнетательном патрубках (рис. 2);

- переходом на мнемосхему в части однолинейной схемы РУСН-6кВ, относящейся к системе частотного регулирования циркуляционными насосами (рис. 3);

- открытием журнала сообщений;
- выводом графических трендов заданий и текущих значений по давлению во всасывающем и нагнетательном патрубках насоса, напряжением и току электродвигателя, частоты тока на входе и выходе ПЧ;

– изменением задания частоты вращения электродвигателя в случае его работы от ПЧ;
 – изменением задания давления циркуляционной воды на выходе из насоса, в режиме автоматического регулирования давления;

– изменением технологических уставок (коэффициента ПИД регулятора, величиной предела изменения допустимого давления на напоре и параметров управления в режиме автоматического регулирования давления запорной арматурой).

После загрузки программы отображается технологическая схема в соответствии с рис. 2, на ней в соответствии с проектной документацией светло-голубым цветом показаны трубопроводы, в окошках входного и выходного коллектора показаны текущие

значения давления. Положение задвижек, окрашенных в светло-серый цвет, не контролируется. Цвет напорных задвижек и насосных агрегатов меняется в соответствии с их состоянием.

На мнемосхеме технологической схемы приняты следующие цветовые обозначения [5]:

1) состояние насосного агрегата:

– насосный агрегат ОТКЛЮЧЕН – зеленый;

– насосный агрегат В РАБОТЕ – красный;

2) положение напорной задвижки:

– задвижка ЗАКРЫТА – оба треугольника зеленого цвета;

– задвижка ОТКРЫТА – оба треугольника красного цвета;

– задвижка в ПРОМЕЖУТОЧНОМ ПОЛОЖЕНИИ – верхний треугольник зеленого, нижний оранжевого цвета.

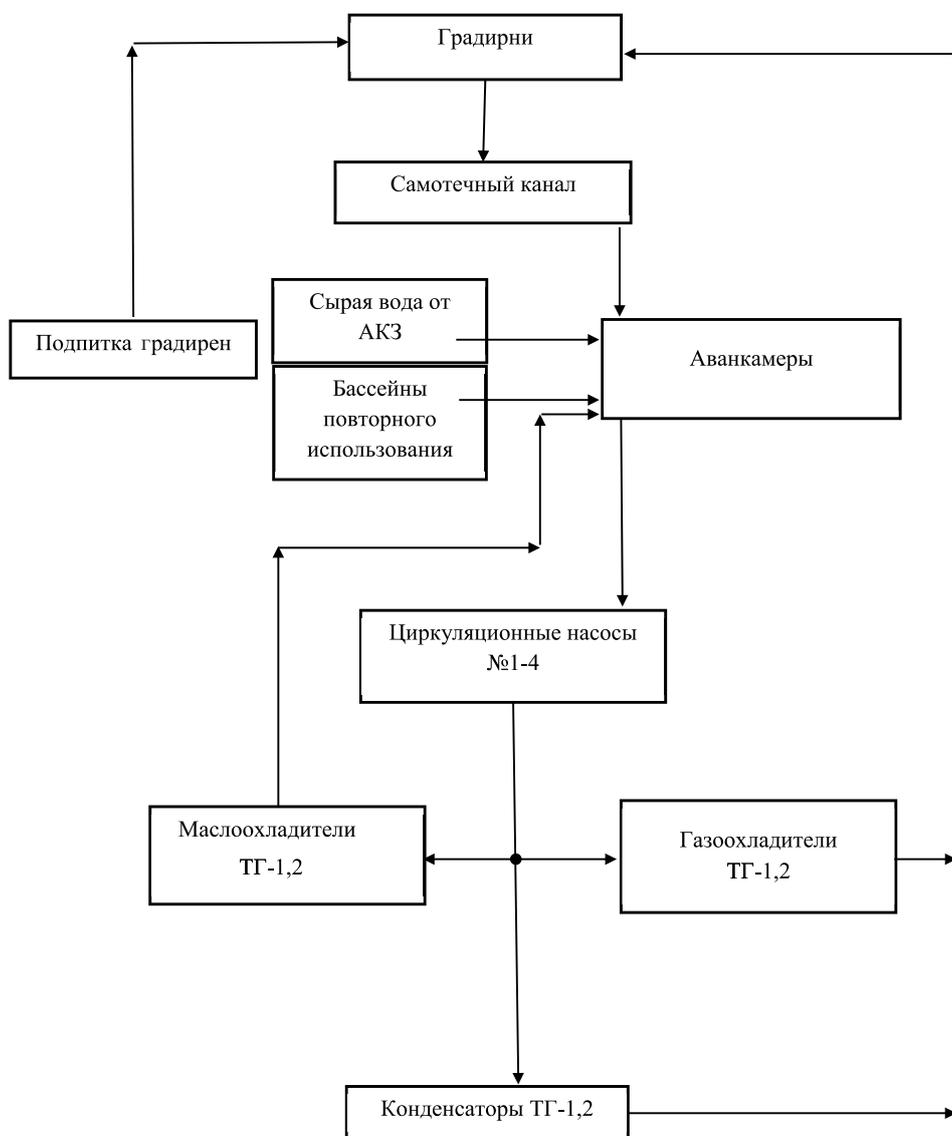


Рис. 1. Блок-схема движения циркуляционной воды

3) состояние СЧР насосного агрегата:
 – система НЕ ГОТОВА – пунктирная рамка вокруг насосного агрегата красная;
 – система ГОТОВА К РАБОТЕ/ПУСКУ – пунктирная рамка вокруг насосного агрегата зеленая.

В верхней части мнемосхемы расположены кнопки [1]:

- Сброс – нажатие на кнопку квитирует аварийное состояние СЧР;
- Синхронизация – нажатие на кнопку устанавливает системное время контроллера;
- Пользователи – вызывает окно смены пользователя;
- Мнемосхема – вызывает окно однолинейная схема РУСН-6кВ;
- Технология – вызывает окно отображения технологической схемы;
- Инфопанель – вызывает окно отображения готовности элементов СЧР;
- Тренды – вызывает окно отображения трендов;
- Уставки – вызывает окно ввода уставок;
- WinPAC – вызывает окно отображения дискретных, аналоговых входов и выходов контроллера;
- Графики – вызывает окно просмотра сохранившихся графиков;
- Сообщения – вызывает окно просмотра сохранившихся на контроллере сообщений;
- Настройки – вызывает окно настроек СЧР;
- Клавиатура – вызывает клавиатуру на дисплее ПК;
- Инфо – вызывает окно информации;
- Выход – выход из программы.

В правой части мнемосхемы отображаются параметры функционирования ПЧ,

напряжения на входе и выходе, входной и выходной ток, задание выходной частоты и фактическая выходная частота ПЧ. Выходные величины ПЧ соответствуют текущим значениям напряжения, частоты и тока электродвигателя [6].

В нижней части экрана выводятся сообщения о зарегистрированных событиях, причем сообщения, относящиеся к аварийной ситуации, окрашены в красный цвет.

Обновление отображаемых элементов мнемосхемы технологической схемы происходит два раза в секунду.

Окно однолинейной схемы РУСН-6кВ осуществляется при нажатии на мнемосхеме кнопки «Мнемосхема», открывается окно с изображением фрагмента однолинейной схемы РУСН-6кВ, относящаяся к СЧР в соответствии с рис. 3. Цветовое оформление идентично технологической схеме. Включенное положение аппаратов и рабочее состояние ПЧ показано зеленым цветом. Состояние готовности элементов к пуску или работе показано зелеными рамками элементов, состояние неготовности – красными рамками.

Режим двигателя в нуле отображается над соответствующим двигателем.

Нажатие на кнопку «Задание» приводит к вызову диалогового окна ввода заданий:

- 1) частоты вращения электродвигателя при его работе в режиме ручного регулирования давления на напоре;
- 2) давления циркуляционной воды в напорном коллекторе при его работе в режиме автоматического регулирования давления циркуляционной воды.

Режим регулирования давления «Ручной/Автомат» выбирается в окне «Регулятор».

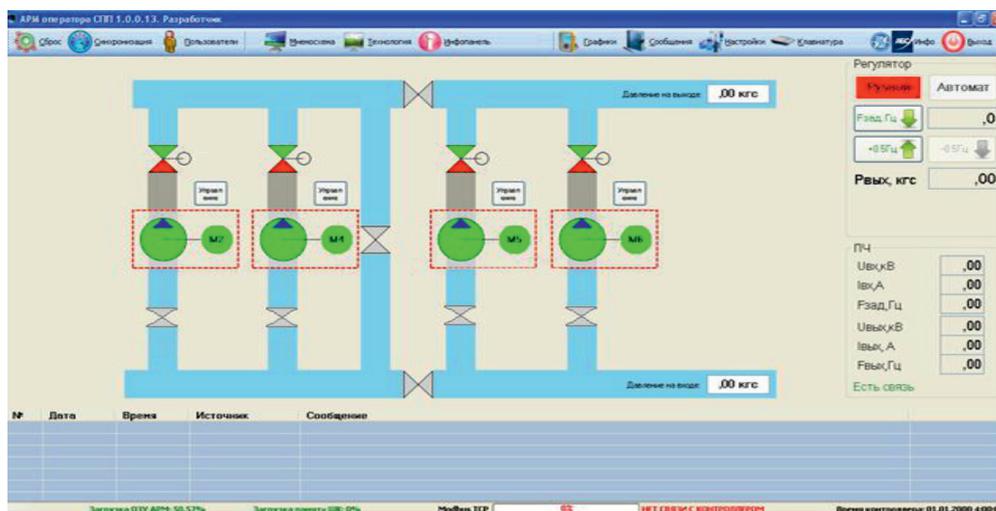


Рис. 2. Технологическая схема

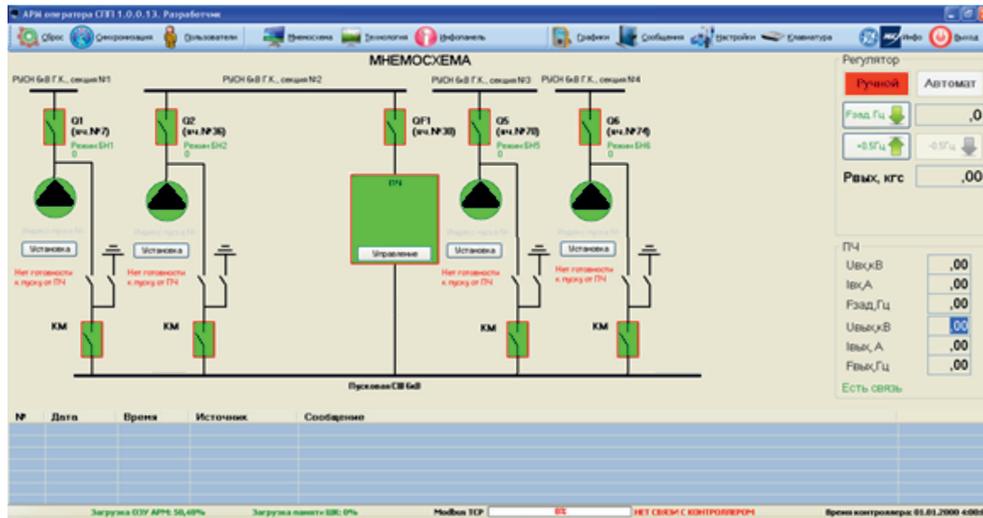


Рис. 3. Однолинейная схема РУСН-6кВ в части частотного управления

Задание частоты вращения или давления осуществляется путем ввода значения. Ввод значения в СИСТЕМУ осуществляется только после нажатия на кнопку «ОК».

Закрытие окна происходит при нажатии на кнопку «ОК» или «Отмена». Процесс сборки схемы, разгона и работы насосного агрегата можно контролировать по мнемосхеме [7].

Подготовка пуска электродвигателей по системе частотного регулирования осуществляется, через преобразователь частоты ABS-DRIVE, напорные задвижки при этом управляются автоматически. Исходное положение переключателей на ТЦУ переключатель режима в положении «0». Контроль состояния переключателя режима отображается на мнемосхеме АРМ оператора. Включены автоматы в ШК, ПЧ, КМ, QF и Q. При этом необходимо нажать на кнопку «Установка», вследствие чего вызывается окно установки индекса очереди пуска циркуляционными насосами. Устанавливается пункт «Запускать первым-(1)», нажимается кнопка «Принять», при этом под насосным агрегатом на мнемосхеме отобразится соответствующая надпись. По мнемосхеме проверяется готовность системы частотного регулирования к пуску циркуляционным насосом – об этом свидетельствует соответствующая надпись под кнопкой «Установка». При необходимости задается частота вращения. Нажать кнопку «Управление» расположенной на элементе ПЧ, при этом вызывается окно управления СЧР. Нажать кнопку «ПУСК».

После нажатия кнопки пуск собирается схема работы электродвигателя циркуляци-

онного насоса через преобразователь частоты ABS-DRIVE.

Процесс сборки схемы, разгона и работы насосного агрегата можно контролировать по мнемосхеме.

Об успешной работе агрегата свидетельствует выход его частоты вращения на величину, заданную перед разгоном (25–50 Гц).

При отсутствии готовности к пуску, назначенному первым циркуляционным насосом, необходимо узнать и устранить причину неготовности, об этом сигнализируют состояния, отображенные красным цветом. При случае, когда первый двигатель уже находится в работе от ПЧ, готовность второго двигателя к пуску формируется, только когда частота на выходе ПЧ достигает 49 Гц.

Запуск следующего ЦН в работу через ПЧ возможен только после проведения процедуры синхронизации с сетью либо после остановки [8].

Перед подготовкой электрической схемы, а также запуском системы безударного пуска и частотного регулирования в работу подготавливается схема запуска и работы насосных агрегатов, а именно:

- включаются автоматические выключатели цепей питания в шкафу управления;
- закрываются двери шкафов управления, разъединители в шкафах включить, а заземлители отключаются;
- включаются автоматические выключатели цепей управления в высоковольтных ячейках РУСН-6 кВ: головной ячейках, рабочих ячейках;
- пусковые ячейки автоматические выключатели цепей управления включены;

- кнопка аварийного стопа на шкафу управления должна быть отключена;
- переключатели выбора режима управления ячеек РУ-6 кВ переводятся в положение ДИСТАНЦИОННОЕ [9].

Заключение

Проведенная модернизация путем установки преобразователя частоты на электродвигатели циркуляционных насосов позволяет регулировать давление циркуляционной воды, для снижения ее расхода через основной и встроенный пучок конденсатора паровых турбин, через масло- и газоохладители, а также для экономии электроэнергии на электродвигателе насоса. Также данная система регулирования позволяет варьировать нагрузку насоса в зависимости от электрической и тепловой нагрузки станции в целом.

Список литературы

1. Бахтиаров К.Н., Шевченко Н.Ю. Электроснабжение промышленного района: учеб. пособие. Волгоград: ВолгГТУ, 2015. 100 с.

2. Грига А.Д., Потапова Г.Б. Основы гидравлики и гидропривода [Электронный ресурс]: учеб. пособ. для заочной формы обучения. Волгоград: РПК «Политехник», 2008. 39 с.

3. Фокин В.М., Володин В.В., Глухарев В.А. Основы теплообмена в тепловых установках предприятий ЖКХ и АПК: учеб. пособие. Волгоград: Изд-во ВолгГАСУ, 2009. 106 с.

4. Злотин Г.Н., Федянов Е.А. Особенности рабочего процесса и пути повышения энергетической эффективности роторно-поршневых двигателей Ванкеля: монография. Волгоград: ВолгГТУ, 2010. 120 с.

5. Дудкина Н.Г., Казанкина Е.Н., Казанкин В.А., Костюков В.А., Иванов В.В. Лабораторный практикум по «Теории механизмов и машин»: учеб. пособие. Волгоград: ВолгГТУ, 2016. 159 с.

6. Донченко А.М., Галушак В.С., Копейкина Т.В. Автоматические системы управления устройствами электрооборудования (курс лекций): учеб. пособие. Ч. 1. Волгоград: ВолгГТУ, 2016. 96 с.

7. Донченко А.М., Копейкина Т.В., Галушак В.С. Автоматические системы управления устройствами электрооборудования: учеб.-метод. пособие в 3-х ч.: Ч. 2. Волгоград: ВолгГТУ, 2017. 68 с.

8. Известия Волгоградского государственного технического университета: межвуз. сб. науч. ст.: № 12 (115). Волгоград: ВолгГТУ, 2013. 112 с.

9. Теплотехника: учеб. для инженер.-техн. специальностей вузов / Под ред. А.П. Баскакова. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Бастет, 2010. 324 с.