

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра технологии стекла и керамики

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И АГРЕГАТЫ ПРЕДПРИЯТИЙ КЕРАМИКИ И ОГНЕУПОРОВ

**Программа и методические указания для студентов
специальности 1-48 01 01 «Химическая технология
неорганических веществ, материалов и изделий»
специализации 1-48 01 01 09 «Технология тонкой,
функциональной и строительной керамики»
заочной формы обучения**

Минск 2013

УДК 666.3.04(073)

ББК 35.11

Т34

Рассмотрены и рекомендованы редакционно-издательским советом университета

С о с т а в и т е л ь

И. А. Левицкий

Р е ц е н з е н т

кандидат технических наук,
доцент кафедры химической технологии
вяжущих материалов БГТУ

С. В. Плышевский

По тематическому плану изданий учебно-методической литературы университета на 2013 год. Поз. 188.

Для студентов специальности 1-48 01 01 «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий» специализации 1-48 01 01 09 «Технология тонкой, функциональной и строительной керамики» заочной формы обучения.

© УО «Белорусский государственный
технологический университет», 2013

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Теплотехнические установки и агрегаты предприятий производства керамики и огнеупоров» базируется на ранее освоенных студентами дисциплинах общего инженерного цикла: «Процессы и аппараты химической технологии», «Теплотехника химических производств», «Тепловые процессы в технологии силикатных материалов», «Основы технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов», «Химическая технология керамики и огнеупоров».

Целью дисциплины является формирование у студентов инженерных знаний и навыков в области устройства, принципа действия, расчета и проектирования тепловых агрегатов, используемых в производстве керамики и огнеупоров.

Студенты должны изучить особенности устройства и принципы работы сушильных и печных агрегатов различных конструкций; приобрести навыки типовых расчетов основных элементов конструкций тепловых агрегатов; научиться обоснованно выбирать огнеупорные и теплоизоляционные материалы для кладки ограждающих конструкций агрегатов и определять основные технико-экономические показатели их работы; выполнять теплотехнические расчеты и составлять тепловой баланс работы печей и сушилок; производить аэродинамический расчет агрегатов.

Освоение курса позволит студентам приобрести необходимые знания и умения в области использования, устройства, принципа действия, расчетов и проектирования тепловых установок и агрегатов, используемых в производстве керамических и огнеупорных изделий. В результате изучения данной дисциплины студенты должны овладеть теоретическими основами работы тепловых агрегатов, приобрести необходимые знания и умения по выбору типа агрегатов для проведения процессов сушки и обжига в производстве керамических и огнеупорных изделий различного назначения, выбору оптимальных режимов работы, проведению необходимых теплотехнических расчетов агрегатов, установлению путей снижения расхода топливно-энергетических ресурсов при работе агрегатов.

1. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Введение

Содержание курса, его связь с другими дисциплинами, значение в системе подготовки инженеров-химиков-технологов. Основные конструкции тепловых агрегатов и их классификация по назначению, устройству и принципу действия. История развития сушильных и печных агрегатов, роль отечественных и зарубежных ученых в их создании. Инновационные программы по совершенствованию работы агрегатов и снижению топливно-энергетических ресурсов.

Раздел 1. Сушильные установки

1.1. Сушилки для сушки материалов

Современные тенденции создания сушильных агрегатов для сушки материалов.

Источники тепла, применяемые в сушильных агрегатах.

Барабанные сушилки: назначение, принцип действия, устройство. Особенности теплообмена и применения прямоточных и противоточных сушилок. Внутрибарабанные насадки и их типы.

Трубы-сушилки с нисходящим и восходящими потоками. Преимущества и недостатки агрегатов.

Сушилки кипящего слоя: типы, особенности конструкций, принцип действия, преимущества.

Башенные распылительные сушилки. Классификация, принцип действия, применение. Преимущества и недостатки агрегатов. Башенные распылительные сушилки различных конструкций и типов распыления суспензии. БРС-атомизаторы, особенность их конструкции и принципа действия. Устройства для распыления шликера, очистки запыленного теплоносителя (обеспыливания).

Модернизация башенных распылительных сушилок.

1.2. Сушильно-помольные установки

Установка с вентилируемой мельницей.

Пневматические сушильные установки. Особенность их конструкции.

Шахтные мельницы-сушилки. Достоинства и недостатки агрегата.

Аэробильные установки, особенность их устройства, принцип действия.

Аэрофонтанные сушильные установки, принцип действия и назначение. Преимущества установки.

1.3. Сушилки для сушки полуфабрикатов изделий

Сушилки периодического действия. Особенности движения теплоносителя в указанных агрегатах.

Ленточные сушилки, особенности их применения, устройства и принцип действия.

Камерные сушилки. Рециркуляция теплоносителя. Эжекционные сушилки различных конструкций и история их создания. Особенности конструкции сушилок, применяемых в зарубежной практике. Преимущества и недостатки агрегатов.

Туннельные сушилки одно- и многократного насыщения. Эжекционные туннельные сушилки различных конструкций.

Конвейерные сушилки: типы, особенности конструкций, устройство и назначение. Использование сушилок в производстве различных видов изделий. Особенность сушки керамических плиток: горизонтальные и вертикальные сушилки.

Выбор оптимальной конструкции сушилок и режимов сушки, особенности устройства радиационных сушилок.

Импульсная сушка, назначение, принцип действия. Особенности работы агрегата.

Интенсификация работы сушилок, снижение расхода теплоты для сушки материалов и полуфабриката.

Применение турбулизаторов, эжекторов, осевых вентиляторов. Повышение степени равномерности сушки. Тепловой баланс сушилок и коэффициент полезного действия.

Коэффициент неравномерности сушки и пути его повышения.

Раздел 2. Пламенные печные установки

2.1. Печи для термической обработки сырья

Классификация агрегатов по назначению, принципу действия и устройству. Особенности движения теплоносителя в агрегатах.

Вращающиеся печи, их назначение и принцип действия. Особенности устройства. Холодильники и их назначение. Пылеосадительные устройства.

Шахтные печи и их устройство, особенности эксплуатации. Шахтные печи системы Гросса.

Каскадные печи. Устройство, особенности работы и применение.

Печи кипящего слоя. Назначение, устройство и принцип действия. Регулирование процесса обжига в агрегате.

Повышение степени равномерности процессов дегидратации и обжига материалов.

2.2. Пламенные печи для термической обработки полуфабрикатов изделий

Печи периодического действия и их применение в условиях малотоннажного производства.

Однокамерные печи (горны), их типы, назначение, устройство, принцип действия и недостатки. Двухэтажные горны. Устройство топков, конструктивные и эксплуатационные особенности. Недостатки агрегатов.

Колокольные печи и их применение в зарубежном производстве.

Камерные печи. Печи с выкатным подом, назначение и особенности устройства.

Печи многокамерные, печи типа «зиг-заг», повышение эффективности их работы.

Кольцевые печи, особенность их устройства и принцип действия, преимущества и недостатки. Дымовые и жаровые боровы и конусы. Особенности процессов сжигания топлива. Модернизация кольцевых печей, перевод печей на сжигание газообразного топлива. Печи со съемным сводом и их преимущество.

Составление материальных и тепловых балансов печей периодического действия, определение теплового коэффициента полезного действия.

Пламенные печи непрерывного действия. Конструкции ограждающих элементов печей, топочные устройства. Фундаменты, газопроводы и клапаны, кладка печей, стальной каркас.

Туннельные пламенные печи, особенность их устройства, назначение. Движение газов в туннельных печах. Использование теплоты отходящего воздуха и дымовых газов. Рециркуляция теплоносителя. Садка изделий.

Печи-сушилки. Особенности применения, устройство и принцип действия. Преимущества и недостатки агрегатов.

Муфельные печи, их назначение. Особенности устройства: печи с дельтавидным, трубчатым, коробчатым и z-образным муфелем. Му-

фели из волнистых карбидокремниевых плит. Муфельные печи с роликовым и сетчатым конвейерами. Особенности устройства и работы.

Щелевые печи, особенности применения. Устройство и принцип действия.

Конвейерные печи, особенности их устройства. Роликовые конвейерные печи открытого пламени для обжига плиток. Транспортирующие устройства печей и методика их подбора.

Многоканальные конвейерные печи. Классификация, назначение.

Роликовые конвейерные газовые и электрические печи, особенности их конструкции и эксплуатации. Преимущества и недостатки агрегатов. Особенность составления теплового баланса печей.

Печи специального назначения: с защитной средой (атмосферой), вакуумные и индукционные электропечи. Особенности применения, устройства и эксплуатации.

Печные агрегаты для бескапсельного обжига фарфора: конвейерная, автоматическая, скоростная, типа «Грюн».

Раздел 3. Электрические печи

Назначение, особенности устройства и действия. Нагревательные элементы. Печи периодического и непрерывного действия. Одно-, двух- и многоканальные электрические печи. КПД печей.

Раздел 4. Приспособления и вспомогательные устройства, используемые в сушильных и печных агрегатах.

Контроль режимов обжига

Вагонетки, электропередаточные тележки, снижатели, толкатели, самотаски, их назначение, типы и особенности конструкций.

Контроль и регулирование работы печей и сушилок (непосредственное наблюдение, аппаратурный контроль температуры, давления и состава газа, расчетный контроль).

Раздел 5. Повышение эффективности работы сушильных и печных агрегатов

Коэффициент полезного действия агрегатов, удельный расход условного топлива, производительность агрегатов. Организация рационального режима сушки и обжига материалов, керамических и огнеупорных изделий.

Интенсификация работы сушильных и печных агрегатов. Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов.

Раздел 6. Сооружение и ремонт печных агрегатов

Подготовка печей к пуску. Остановка печей. Виды ремонтов печных агрегатов.

Современные тенденции в сооружении печей. Печестроительные материалы.

Раздел 7. Мероприятия по охране труда, противопожарной безопасности и охране окружающей среды при работе печей и сушилок

Правила безопасной эксплуатации тепловых агрегатов, противопожарные мероприятия. Экологическая безопасность при работе агрегатов.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Курс «Теплотехнические установки и агрегаты предприятий керамики и огнеупоров» включает в себя основные разделы:

- сушильные установки (сушилки для сушки материалов, сушильно-помольные установки, сушилки для сушки полуфабрикатов изделий);

- пламенные печные установки (печи для термической обработки сырья, пламенные печи для термической обработки полуфабрикатов изделий);

- электрические печи;

- приспособления и вспомогательные устройства, используемые в сушильных и печных агрегатах;

- контроль режимов сушки и обжига;

- повышение эффективности работы сушильных и печных агрегатов;

- сооружение и ремонт печных агрегатов;

- мероприятия по охране труда, противопожарной безопасности и охране окружающей среды при работе печей и сушилок.

Изучение теплотехнических установок [1–13] следует производить в следующей последовательности: назначение агрегата, температурный режим термообработки материалов или полуфабриката изделий, способы его транспортирования в агрегате. Далее необходимо рассмотреть устройство и принцип работы агрегата, особенности сжигания топлива или способы поступления теплоносителя от других источников теплоты.

Следует подробно изучить аэродинамические характеристики работы установки, знать основные преимущества и недостатки агрегата и наиболее важные показатели его работы (КПД, расход топливно-энергетических ресурсов), ознакомиться с вопросами охраны труда и окружающей среды. В заключение необходимо составить сводный тепловой баланс работы агрегата.

Поскольку теплотехнические установки в дисциплине рассматриваются в историческом аспекте их истолкования, необходимо особое внимание уделить агрегатам современных конструкций, применяемым в зарубежной практике производства. Следует знать особенности устройства печных агрегатов, работающих с минимальным использованием огнеупорного припаса для садки изделий.

При изучении курса особенно внимательно необходимо рассмотреть эксплуатационные свойства огнеупорных и теплоизоляционных материалов и их применение во взаимосвязи с производственными процессами, происходящими в тепловых установках.

В соответствии с учебным планом студент обязан:

- 1) выполнить и защитить курсовой проект;
- 2) выполнить практические работы в установленном объеме в период лабораторно-экзаменационной сессии;
- 3) сдать экзамен по программе курса.

В период сессии студентам читаются лекции по следующей тематике:
Источники теплоты, применяемые в сушильных агрегатах.

Барабанные сушилки. Особенности применения прямоточных и противоточных сушилок.

Трубы-сушилки и сушилки кипящего слоя.

Башенные распылительные сушилки различных конструкций и типов распыления суспензии. БРС-атомизаторы, особенности их конструкции и принципа действия. Устройства для распыления шликера, очистки запыленного воздуха (обеспыливания).

Сушильно-помольные установки: установка с вентилируемой мельницей, пневматические сушильные установки, шахтные мельницы-сушилки, аэробильные и аэрофонтанные установки.

Сушилки для сушки полуфабрикатов изделий: ленточные и камерные сушилки. Особенности движения теплоносителя в указанных агрегатах.

Туннельные сушилки одно- и многократного насыщения. Эжекционные туннельные сушилки различных конструкций.

Конвейерные сушилки: их типы, особенности конструкций, устройства и назначение.

Импульсная сушка, назначение, принцип действия. Особенности работы агрегата.

Интенсификация работы сушилок, снижение расхода теплоты для сушки материалов и полуфабриката.

Коэффициент неравномерности сушки и пути повышения его значений.

Классификация печных агрегатов по назначению, принципу действия и устройству. Особенности движения теплоносителя в агрегатах.

Вращающиеся печи, особенности их устройства.

Шахтные печи, каскадные печи, печи кипящего слоя. Их устройство, особенности эксплуатации.

Пламенные печи для термической обработки полуфабриката изделий периодического действия: однокамерные печи (горны), коло-

кольные печи, камерные печи. Кольцевые печи, дымовые и жаровые боровы и конусы.

Пламенные печи непрерывного действия. Конструкции ограждающих элементов печей, топочные устройства.

Туннельные пламенные печи, особенность их устройства, назначение. Движение газов в туннельных печах.

Муфельные печи, их назначение. Особенности применения, устройство и принцип действия.

Щелевые печи, особенности применения. Устройство и принцип действия.

Конвейерные печи, особенности их устройства.

Роликовые конвейерные газовые и электрические печи, особенности их конструкции и эксплуатации.

Печные агрегаты для бескапсельного обжига фарфора: конвейерная, автоматическая, скоростная, типа «Грюн».

Назначение, особенности устройства и работы электрических печей. Нагревательные элементы. Печи периодического и непрерывного действия. Одно-, двух- и многоканальные электрические печи. Теплово́й КПД печей.

Коэффициент полезного действия агрегатов, удельный расход условного топлива, производительность агрегатов. Рациональный режим сушки и обжига материалов, керамических и огнеупорных изделий.

Интенсификация работы сушильных и печных агрегатов. Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов.

Практические занятия по курсу посвящены следующим вопросам.

Методика расчета туннельной и конвейерной печей обжига. Выбор конструкции теплового агрегата, исходные данные для расчетов. Выбор и расчет основных элементов конструкции печи. Расчеты расхода топлива и воздуха на процессы обжига.

Составление тепловых балансов печей различных конструкций.

Выбор аэродинамической схемы работы агрегатов. Аэродинамический расчет тепловых установок. Расчет дымовой трубы и вентиляционных установок.

В ходе лекций и практических занятий студенты получают разъяснения по основным положениям изучаемого курса.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Выполнение курсового проекта по дисциплине осуществляется в соответствии с заданием по курсовому проектированию, включающему тему проекта и исходные данные к проекту: годовую производительность агрегата в натуральном выражении, вид применяемого топлива и тип изготавливаемой продукции.

Курсовой проект состоит из расчетной и графической частей. **Расчетная часть** оформляется в виде расчетно-пояснительной записки. Она включает: титульный лист; задание на проектирование; введение; реферат; содержание; обоснование и выбор типа и конструкции агрегата; конструктивный и теплотехнический расчет; материальный баланс процесса обжига; расчет конструктивных размеров агрегата; расчет горения топлива; выбор и расчет конструкции ограждающих элементов агрегата; теплотехнический расчет, определение удельного расхода топлива и теплового КПД агрегата; аэродинамический расчет агрегата; перечень графического материала; список использованных источников литературы; заключение. Пояснительная записка выполняется на одной стороне листа формата А4, снабженного основной надписью (приложение А). Каждый раздел текста пояснительной записки следует начинать с нового листа. Основные разделы текста должны снабжаться основной надписью по форме 5 ГОСТ 21.101. Выполненный курсовой проект должен соответствовать требованиям СПБ БГТУ 002–2007 «Проекты (работы) курсовые. Требования и порядок подготовки, представления к защите и защиты».

Разработка пояснительной записки курсового проекта начинается с *введения*, в котором описываются технологические процессы, происходящие в агрегате в период термообработки в зависимости от вида обжигаемой продукции. В качестве источников информации для составления введения используются учебники и учебные пособия в зависимости от вида изготавливаемых изделий [14–20].

Раздел 1 «Анализ действующих тепловых агрегатов. Технико-экономическое обоснование выбора конструкции агрегата и его описание» включает перечень тепловых агрегатов, которые могут использоваться для получения продукции, указанной в задании на выполнение курсового проекта. При этом указываются современные агрегаты, изучение которых осуществляется в процессе выполнения проекта. Далее предлагается конструкция разрабатываемого в проек-

те агрегата, осуществляется ее описание, приводятся преимущества и недостатки агрегата. Особое внимание следует обратить на преимущество предлагаемой конструкции (обеспечение стабильности режима, получение продукции высокого качества, снижение расхода топлива), рациональный подбор конструктивных огнеупорных и теплоизоляционных материалов, использование контрольно-измерительных приборов, обеспечение надлежащих условий труда, повышение экологической безопасности производства и другие мероприятия. Также необходимо перечислить технико-экономические показатели агрегатов, которые приводятся по данным предприятий или научной и технической литературы.

Материальный баланс процесса обжига составляется на предлагаемый для производства вид продукции, подлежащий термообработке. Для этого необходимы данные по массе изделий, для которых осуществляется процесс термообработки, кривая термообработки изделий, рецептура керамических масс, глазурей, красок, влажности полуфабриката, потери продукции при производстве и других составляющих. Данные сведения могут быть получены на предприятии по месту работы студентов, заимствованы из справочной литературы и должны быть согласованы с консультантом по проекту.

Необходимые сведения для *расчета горения топлива* в агрегате принимаются в соответствии с методическими пособиями [21, 22].

Пояснительная записка должна включать выбранную температурную кривую термообработки в координатах температура–время с указанием позиций вагонеток или секций печи. Должна быть приведена схема работы печи, на которой указываются линии подачи топлива и воздуха на горение, рециркуляции отходящих газов, подачи воздуха на охлаждение, размещение вентиляторов и дымохода.

Конструкция футеровки выбирается в зависимости от технологических режимов сушки или обжига, которые осуществляются в агрегатах любых типов. Для этого агрегат разбивается по длине на расчетные участки, которые на кривой процесса термообработки имеют максимально прямолинейные или близкие к ним участки и конструктивно одинаковые элементы ограждения.

Для каждого из участков определяют среднюю температуру и поверхность кладки, площадь которой рассчитывают по размерам агрегата.

Температура наружной поверхности кладки сушильных агрегатов и печей в зонах подогрева и охлаждения, а также в зоне обжига для печей низкотемпературного обжига (до 1100°C) не должна превышать 40°C. Для печей высокотемпературного обжига допустимая температура на-

ружной поверхности агрегатов в зоне обжига не должна превышать 60°C, а в подподовом пространстве туннельных печей – 50°C.

Если при расчете температура для выбранного типа футеровки получается выше или ниже $\pm 5^\circ\text{C}$, то необходимо произвести замену толщины слоев или подобрать материал с другим термическим сопротивлением. Разность температур ниже 5°C обусловлена рациональным использованием теплоизоляционных материалов.

Особое внимание при подборе элементов конструкции футеровки следует обратить на поэтапное снижение толщины ограждающих конструкций по мере движения от зоны высоких температур к зонам более низкого температурного режима (зон подогрева и охлаждения) печных агрегатов.

Выбор и расчет толщины ограждающих элементов печи производится с использованием программы KILN ЭВМ, имеющейся на кафедре технологии стекла и керамики. В качестве исходного материала для подбора огнеупорных и теплоизоляционных материалов используются чертежи печных агрегатов, которые могут быть получены на предприятии по месту работы студента или на кафедре технологии стекла и керамики у консультанта по курсовому проекту.

Теплотехнический баланс агрегатов выражается уравнением, связывающим количество теплоты, выделяемое во время работы агрегата, с количеством теплоты, израсходованным на технологические процессы, и потерями в окружающее пространство и выполняется в соответствии с методическими пособиями [21].

Тепловой баланс составляется для определения расхода топлива. При этом составляются тепловые балансы зон подогрева и обжига печи. Для зоны охлаждения печи составляется отдельный тепловой баланс, с помощью которого определяется расход воздуха, необходимый для охлаждения изделий.

Далее составляется сводный тепловой баланс печи. При этом следует обратить внимание, что статья баланса, связанная с теплотой материала, поступающего в зону охлаждения, входит в баланс зоны подогрева и обжига как расходная, а в балансе зоны охлаждения – как приходная, поэтому при составлении сводного баланса она не учитывается. По этой же причине в сводном балансе в статье «Теплосодержание воздуха для горения» учитывается только теплота воздуха, подаваемого на горение из помещения цеха, и не учитывается теплота, вносимая горячим воздухом, подаваемым из зоны охлаждения в зону обжига для горения топлива.

Критерием оценки качества работы печи является тепловой коэффициент полезного действия, который вычисляется по методике [21–23].

Современные поточные щелевые конвейерные печи являются агрегатами для производства всех типов керамических плиток, ленточной черепицы и других изделий. Конструкция печи представлена отдельными сборными секциями. Особенностью расчета конвейерных агрегатов, который приведен в учебном пособии «Расчет тепловых процессов, установок и агрегатов керамического производства» [21], является выполнение теплотехнического расчета для отдельных участков зоны подогрева и обжига с целью определения расхода топлива для обеспечения заданного температурного режима и определения количества горелок для его сжигания. Это необходимо в связи со скоростными режимами, обеспечивающими температурный режим.

Туннельные электрические печи выделяются в отдельную группу по теплотехническому расчету вследствие их конструктивных особенностей. Такие печи, как правило, многоканальные и это обеспечивает значительное снижение расхода конструктивных материалов, потерь теплоты через ограждающие конструкции агрегатов. Расчет электрических печей сводится к определению общего количества затрачиваемой электрической энергии и количества нагревателей, необходимых для установки в агрегаты, и приведен в учебном пособии «Расчет тепловых процессов, установок и агрегатов керамического производства» [21]. Движение изделий в каналах печей может быть в одном и в нескольких направлениях.

Если изделия в печи движутся по каналам в одном направлении, то все расчеты выполняются аналогично расчетам для одноканальной печи.

Для двухканальных печей, в которых изделия движутся в разных направлениях, тепловой расчет и расчет количества нагревателей аналогичны изложенному выше, однако учитываются процессы теплопередачи между изделиями, которые находятся в разных каналах печи. Так, изделия, выходящие из зоны обжига одного канала, отдают теплоту изделиям, находящимся в зоне подогрева другого канала. В связи с этим не рассчитывается расход теплоты на нагрев изделий и вспомогательных приспособлений до максимальной температуры, а вместо этого учитываются потери теплоты с выходящими из печи изделиями и вспомогательными приспособлениями.

В зоне охлаждения изделия, которые двигаются по одному каналу из зоны обжига, в основном отдают теплоту изделиям, которые двигаются по второму каналу в противоположном направлении. Тепловые потоки через футеровку и в этом случае поддерживаются за счет

нагревателей. В связи с этим тепловые потери через кладку печи рассчитываются от всей ее поверхности (включая зоны подогрева, обжига и охлаждения).

Следовательно, затраченная теплота складывается из статей, связанных с затратами теплоты: с выходящими из печи изделиями и вспомогательными приспособлениями; расходом теплоты на химические процессы; затратами теплоты на испарение физической влаги; затратами, связанными с выносом теплоты с CO_2 , выделяемым из материала при утильном обжиге; потерями теплоты через ограждения (футеровку) печи, а также через открытые загрузочные и выгрузочные отверстия печи.

В *заключении* по проекту дается краткий анализ проделанной работы: указываются конструкционные особенности агрегата, оригинальность технических решений, их целесообразность и преимущества по сравнению с действующими аналогами. Приводятся рассчитанные показатели по расходу топлива и электроэнергии.

Графическая часть проекта выполняется на 3 листах формата А1. На отдельных листах графической части приводятся *план, продольный и поперечный разрезы* агрегата. Чертежи снабжаются основной надписью по форме 3 ГОСТ 21.101 (приложение Б).

При выполнении чертежей рекомендуются масштабы 1:10, 1:20, 1:25. При несоответствии масштаба выносного элемента указанному в основной надписи дается его масштаб после надписи, относящейся к этому элементу.

На чертеже, включающем 2 листа формата А1, должен быть изображен *поперечный разрез* печи на уровне горелок (форсунок), а также *продольный разрез*.

На втором листе чертежей формата А1 должны быть приведены 3 *поперечных разреза*, включая зоны подогрева, обжига и охлаждения.

На чертежи должны быть нанесены конструктивные, габаритные и установочные размеры агрегата, а также текстовая часть, включающая надписи и технические характеристики.

Конструктивная часть агрегата, зон и отдельных элементов кладки печи должна обуславливаться расчетно-пояснительной запиской. На одном из чертежей приводятся условные обозначения выбранных огнеупоров и теплоизоляционных материалов, применяемых для кладки агрегата.

На чертежах агрегата должна быть приведена спецификация в соответствии с приложением В. Спецификация может быть выполнена и на отдельных листах формата А4, помещенных в расчетно-пояснительную записку.

Сверху над чертежами указывают название и принятый масштаб, например, «Разрез 1-1 М 1:25». Размерные линии на пересечении с выносными линиями, линиями контура или осявыми линиями на чертежах ограничивают засечками в виде толстых основных линий длиной 2–4 мм, проводимых с наклоном вправо под углом 45° к размерной линии. При этом размерные линии должны выступать за крайние выносные линии на 1–3 мм (рис. 1, а). Первая размерная линия должна отстоять от контура агрегата на 10–15 мм, а каждая последующая – на 7–10 мм от предыдущей. На разрезах рекомендуется применять высотные отметки на выносных линиях контура в соответствии с ГОСТ 21. 101 (рис. 1, б).

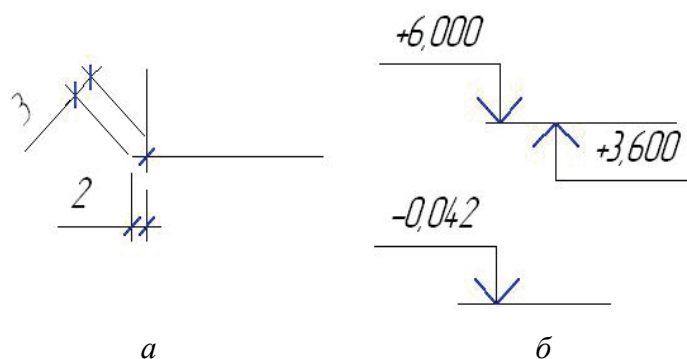


Рис. 1. Пример выполнения размерных линий и высотных отметок при разработке чертежей тепловых агрегатов

Размерная линия на чертежах ограничивается стрелками только в трех случаях: при обозначении диаметра или радиуса окружности (рис. 2); при обозначении угла; при внесении размеров от общей базы.

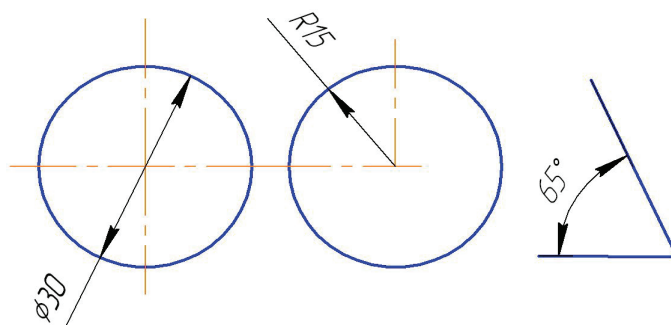


Рис. 2. Применение стрелок для нанесения размеров на чертежах

4. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

1. Башенная распылительная сушилка для получения пресс-порошка.
2. Туннельная сушилка.
3. Барабанная сушилка.
4. Конвейерная сушилка.
5. Шахтная печь.
6. Вращающаяся печь.
7. Пламенная туннельная печь.
8. Пламенная роликовая печь.
9. Двухъярусная пламенная роликовая печь.
10. Электрическая одноканальная печь.
11. Электрическая двухканальная печь.
12. Электрическая многоканальная печь.
13. Муфельная туннельная печь.
14. Муфельная конвейерная печь.
15. Пламенная конвейерная печь.

Календарный график выполнения курсового проекта

Наименование этапов работы	Срок выполнения
1. Выбор исходных данных для расчета, выбор агрегата, технико-экономическое обоснование выбора	1 неделя
2. Расчет горения топлива, его количества, объема воздуха и дымовых газов, температур горения	2 недели
3. Выбор материалов и определение основных размеров печи	2 недели
4. Теплотехнический расчет агрегата: составление теплового баланса и определение расхода топлива	3 недели
5. Аэродинамический расчет печи	2 недели
6. Выполнение графической части проекта (план и разрезы агрегата)	2 недели
7. Оформление пояснительной записки и графической части	2 недели

5. ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ

1. Процесс сушки. Основные способы сушки, параметры процесса для керамических изделий и огнеупоров.
2. Источники теплоты, используемые в сушильных агрегатах. Естественная и искусственная сушка.
3. Основные вредные продукты, выделяющиеся при сжигании различных видов топлива.
4. Устройства для сжигания топлива. Источники теплоты, применяемые в тепловых агрегатах.
5. Перенос тепла и влаги в процессе сушки. Рециркуляция теплоносителя в сушильных агрегатах.
6. Движение теплоносителя в сушильных агрегатах и печах обжига.
7. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы, применяемые при сооружении тепловых агрегатов, их выбор, определение конструктивных размеров ограждения.
8. Общая классификация сушильных установок керамического производства по назначению, устройству и принципу действия.
9. Классификация сушильных агрегатов по способам сушки.
10. Параметры, характеризующие работу сушильных установок различных типов.
11. Барабанные сушилки: назначение, принцип действия, устройство. Особенности применения прямоточных и противоточных сушилок.
12. Трубы-сушилки: устройство, назначение, принцип действия.
13. Сушилки кипящего слоя. Особенности процессов сушки. Устройство агрегатов.
14. Башенные распылительные сушилки конструкции НИИ стройкерамики: устройство, принцип действия, преимущества и недостатки.
15. Башенные распылительные сушилки конструкции Минского КСМ. Особенности устройства и работы. Преимущества и недостатки.
16. Атомизаторы – башенные распылительные сушилки зарубежных конструкций.
17. Пневматические и шахтные сушилки. Особенности устройства и работы агрегатов.
18. Аэрофонтанная сушильная установка, основы ее работы и устройства.
19. Аэробильная сушильная установка: особенности устройства и работы.

20. Камерные сушилки одно- и многократного насыщения, особенности их конструкции.
21. Эжекционные сушилки многократного насыщения конструкции ГИКИ и института огнеупоров.
22. Ленточные сушилки: особенности устройства и применение.
23. Туннельные сушилки без рециркуляции теплоносителя. Преимущества и особенности устройства туннельных сушилок, работающих в режиме рециркуляции.
24. Туннельные эжекционные сушилки различных конструкций. Особенности их применения.
25. Вертикальные сушилки: особенности конструкции, назначение, преимущества.
26. Особенности устройства конвейерных сушилок для сушки фарфоровых изделий.
27. Конвейерные сушилки с выносными ветками: назначение, устройство, принцип действия.
28. Сушилки для сушки фарфоровых плоских и корпусных изделий. Особенности работы агрегатов.
29. Импульсная сушка: назначение, принцип действия. Особенности работы агрегата.
30. Сушилки для сушки санитарных керамических изделий.
31. Устройство и принцип действия сушильных агрегатов для сушки канализационных труб.
32. Повышение степени равномерности сушки и обжига в теплотехнических установках и агрегатах.
33. Пути стабилизации режимов работы туннельных сушилок.
34. Процессы, протекающие при обжиге керамических и огнеупорных изделий.
35. Назначение и классификация печей обжига.
36. Печь кипящего слоя. Особенности устройства, принцип действия. Недостатки и преимущества.
37. Печь каскадная. Назначение, устройство и принцип действия. Преимущества и недостатки.
38. Спекательные решетки. Назначение, принцип действия, недостатки и преимущества.
39. Вращающиеся печи, их назначение и принцип действия. Пылеосадительные и холодильные устройства. Принцип действия.
40. Печь шахтная. Назначение, устройство, особенность работы. Печи типа Гросса.

41. Камерные печи с выкатным подом. Печи многокамерные и их характеристика.
42. Горны – однокамерные и двухкамерные. Устройство, назначение, конструктивные недостатки. КПД установок.
43. Печи элеваторные и колокольные, их применение в зарубежном производстве. Устройство и особенности работы.
44. Печи многокамерные. Особенности устройства и работы. Преимущества и недостатки.
45. Кольцевые печи. Особенности устройства и принцип действия. Дымовые и жаровые каналы. Особенности работы.
46. Туннельные пламенные печи, их классификация. Конструктивные элементы печей, принцип действия агрегатов.
47. Печи-сушилки. Назначение, особенности устройства, преимущества и недостатки.
48. Конвейерные роликовые пламенные печи. Назначение, устройство, принцип действия.
49. Особенности устройства и принцип действия печей для обжига фарфоровых и фаянсовых изделий.
50. Печи конвейерная и автоматическая скоростная для обжига фарфора.
51. Муфельные печи и их назначение. Особенности устройства печи с дельтовидными муфелями.
52. Печи муфельные с коробчатыми, волнистыми и Z-образными муфелями.
53. Печи с однорядным трубчатым муфелем. Назначение, устройство, принцип действия.
54. Печи конвейерные муфельные, особенности устройства и работы.
55. Многоканальные конвейерные печи. Классификация, назначение, устройство и принцип действия.
56. Печи обжига на газовой подушке. Назначение, особенности устройства и применение.
57. Печи современных конструкций, применяемые в производстве стеновых изделий.
58. Общая характеристика электрических печей. Назначение, особенности устройства и действия. Нагревательные элементы, их типы.
59. Контроль и регулирование работы тепловых агрегатов.
60. Аэродинамические схемы и устройства, применяемые при работе печей обжига.
61. Контрольно-измерительные приборы, применяемые для регистрации параметров работы сушильных агрегатов.

62. Вспомогательные устройства и приспособления, применяемые в тепловых агрегатах (печные вагонетки, электропередаточные тележки, снижатели, самотаски и др.).

63. Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов. Интенсификация работы сушильных агрегатов.

64. Подготовка тепловых агрегатов к пуску в эксплуатацию. Пуск печей в эксплуатацию. Остановка агрегатов. Виды ремонта печей обжига.

65. Охрана труда и окружающей среды при работе тепловых установок.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

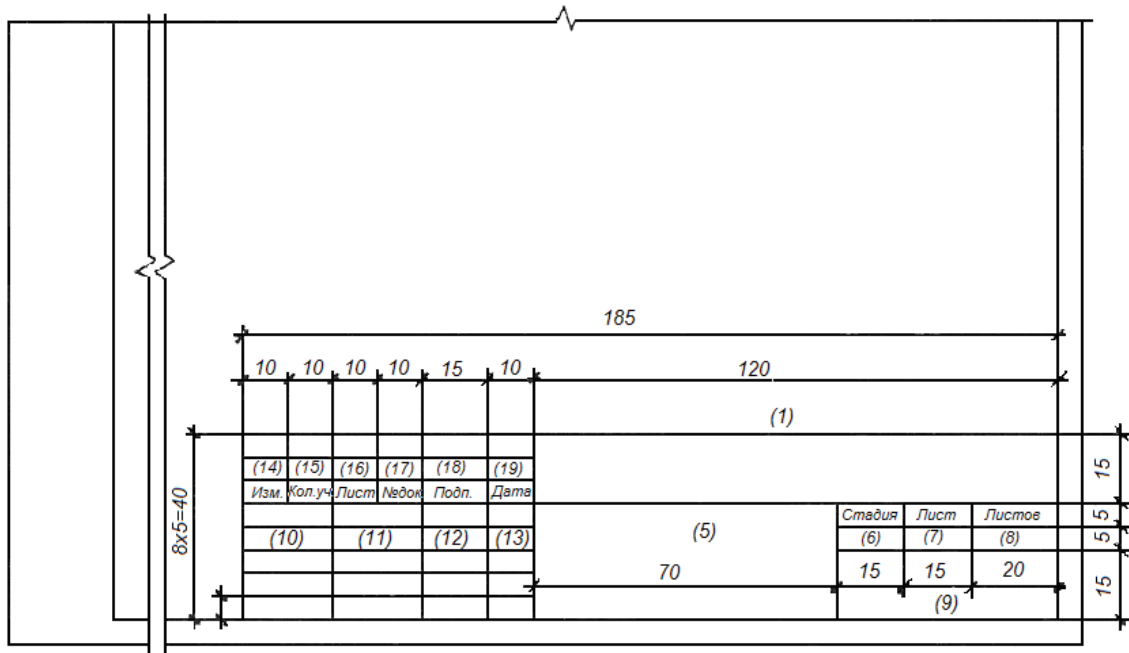


Рис. А.1. Форма 5 для текстовых документов,
выполненных по СПДС (первый лист)

В графах основной надписи (номера граф в приложении показаны в скобках) указывают:

1 – буквенно-цифровое обозначение чертежей в порядке расположения разделов, к которым они относятся, в пояснительной записке в виде ДП(ДР) 19.10.01ТХ (где 19 – номер кафедры; 10 – порядковый номер студента по журналу; 01 – номер раздела пояснительной записки);

5 – наименование разрабатываемого документа;

6 – условное обозначение стадии проектирования;

7 – ставится цифра 1;

8 – общее количество листов;

9 – наименование организации, разработавшей чертеж;

10–13 – должности лиц, подписывающих документ, их фамилии, подписи и даты;

14–19 – изменения, вносимые в документ.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

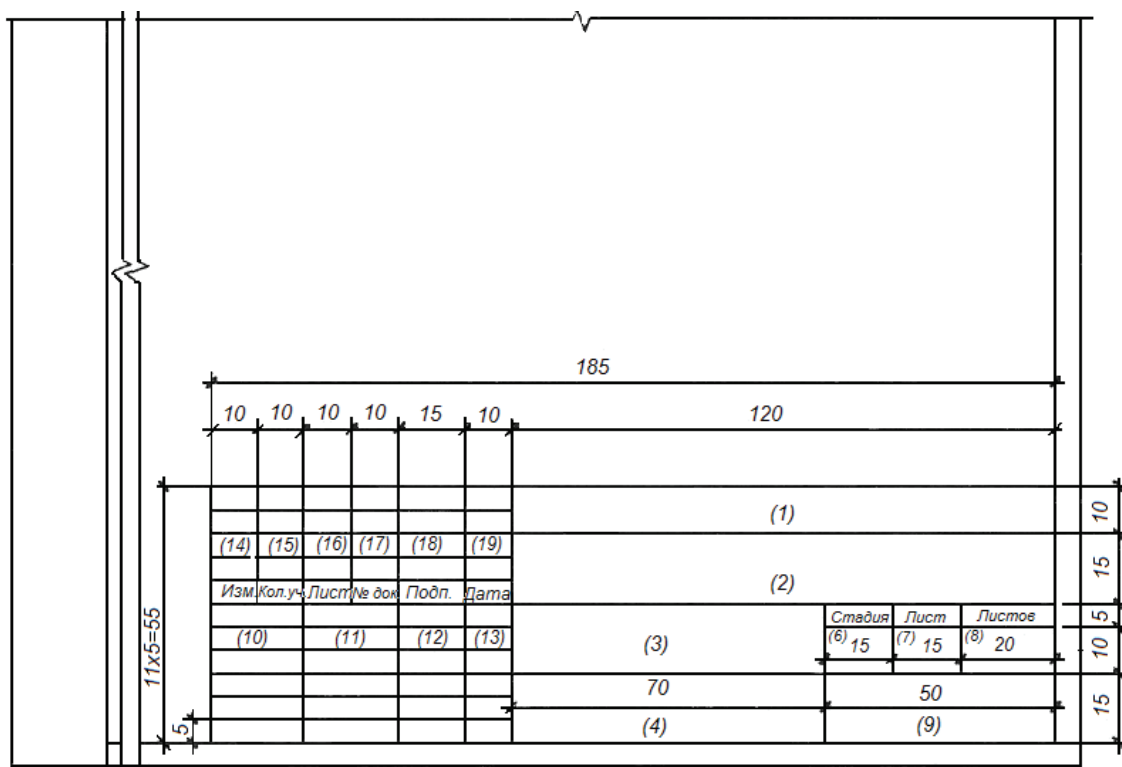


Рис. Б.1. Форма 3 для чертежей проектов, выполненных по СПДС

В графах основной надписи (номера граф в приложении показаны в скобках) указывают:

1 – буквенно-цифровое обозначение чертежей в порядке расположения разделов, к которым они относятся, в пояснительной записке в виде КП 19.10.01 ((где 19 – номер кафедры; 10 – порядковый номер студента по журналу; 01 – номер чертежа);

2 – наименование предприятия, в состав которого входит проектируемое здание, сооружение;

3 – наименование здания, сооружения;

4 – наименование изображений, помещенных на данном листе;

6 – условное обозначение стадии проектирования;

7 – ставится цифра 1;

8 – общее количество листов;

9 – наименование организации, разработавшей чертеж;

10–13 – должности лиц, подписывающих документ, их фамилии, подписи и даты;

14–19 – изменения, вносимые в документ.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

<i>Поз.</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Масса ед., кг</i>	<i>Приме- чание</i>

Рис. В.1. Спецификация технологического оборудования
Форма 7 (ГОСТ 21.101)

В спецификации указывают:

- в графе «Поз.» – позиции оборудования;
- в графе «Обозначение» – обозначение марки оборудования или изделия с указанием нормативно-технических документов на них;
- в графе «Наименование» – наименование оборудования или изделий;
- в графе «Кол.» – количество оборудования или изделий;
- в графе «Примечания» – дополнительные сведения (предприятие-изготовитель, страна-поставщик и др.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Тепловые процессы в технологии силикатных материалов / И. А. Булавин [и др.]. – М.: Стройиздат, 1982. – 248 с.
2. Тепловые процессы в технологии силикатов / А. В. Ралко [и др.]. – Киев: Вища школа, 1986. – 231 с.
3. Плышевский, С. В. Тепловые процессы в технологии силикатных материалов / С. В. Плышевский, М. И. Кузьменков. – Минск: БГТУ, 2006. – 331 с.
4. Белопольский, С. М. Сушка керамических суспензий в распылительных сушилках / С. М. Белопольский. – М.: Стройиздат, 1972. – 128 с.
5. Булавин, И. А. Теплотехника в производстве фарфора и фаянса / И. А. Булавин. – М.: Легкая индустрия, 1972. – 440 с.
6. Тихи, О. Обжиг керамики / О. Тихи; пер. с чеш. В. П. Поддубного; под ред. Л. В. Соколовой. – М.: Стройиздат, 1988. – 344 с.
7. Литовский, Е. Я. Теплофизические свойства огнеупоров: справ. / Е. Я. Литовский, Н. А. Пучкелевич. – М.: Metallургия, 1982. – 150 с.
8. Роговой, М. И. Теплотехническое оборудование керамических заводов / М. И. Роговой. – М.: Стройиздат, 1983. – 366 с.
9. Цибин, И. П. Пуск, наладка и теплотехнические испытания печей и сушил огнеупорной промышленности / И. П. Цибин, М. З. Шварцман, В. В. Стрекотин. – М.: Metallургия, 1978. – 254 с.
10. Новая технология керамических плиток / под ред. В. И. Добужинского. – М.: Стройиздат, 1977. – 233 с.
11. Топливо, огнеупоры и металлургические печи / А. А. Вагин [и др.]. – М.: Metallургия, 1978. – 431 с.
12. Свенчанский, А. Д. Электрические промышленные печи / А. Д. Свенчанский. – 2-е изд. – М.: Энергия, 1975. – 382 с.
13. Перегудов, В. В. Тепловые процессы и установки в технологии строительных изделий и деталей / В. В. Перегудов, М. И. Роговой. – М.: Стройиздат, 1983. – 415 с.
14. Августиник, А. И. Керамика / А. И. Августиник. – Л.: Стройиздат, 1975. – 591 с.
15. Химическая технология керамики и огнеупоров / под ред. П. П. Будникова, Д. Н. Полубояринова. – М.: Стройиздат, 1972. – 551 с.
16. Балкевич, В. Л. Техническая керамика / В. Л. Балкевич. – М.: Стройиздат, 1984. – 256 с.
17. Мороз, И. И. Технология фарфоро-фаянсовых изделий / И. И. Мороз. – М.: Стройиздат, 1984. – 334 с.

18. Строительная керамика. Справочник / под ред. Е. Л. Рохвагера. – М.: Стройиздат, 1976. – 493 с.

19. Мороз, И. И. Справочник по фарфоро-фаянсовой промышленности: в 2 т. – М.: Легкая индустрия. – Т. 1 / И. И. Мороз, М. С. Комская, М. Г. Сивчикова. – 1976. – 296 с.; Т. 2 / И. И. Мороз, М. С. Комская, Л. Л. Олейникова. – 1980. – 350 с.

20. Горяйнов, К. Э. Технология теплоизоляционных материалов и изделий / К. Э. Горяйнов. – М.: Стройиздат, 1982. – 374 с.

21. Левицкий, И. А. Расчет тепловых процессов, установок и агрегатов керамического производства / И. А. Левицкий. – Минск: БГТУ, 2003. – 163 с.

22. Левченко, П. В. Расчеты печей и сушилок силикатной промышленности / П. В. Левченко. – М.: Высшая школа, 1986. – 368 с.

23. Теплотехнические расчеты металлургических печей / под ред. А. С. Телегина – М.: Металлургия, 1982. – 358 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Программа дисциплины	4
2. Методические указания по изучению дисциплины.....	9
3. Методические указания по выполнению курсового проекта	12
4. Тематика курсовых проектов	18
5. Экзаменационные вопросы	19
Приложение А.....	22
Приложение Б	24
Приложение В.....	25
Литература	26

Левицкий Иван Адамович

**ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ
И АГРЕГАТЫ ПРЕДПРИЯТИЙ
КЕРАМИКИ И ОГНЕУПОРОВ**

Методические указания

Редактор *С. С. Белявская*
Компьютерная верстка *С. С. Белявская*
Корректор *С. С. Белявская*

Издатель:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
ЛИ № 02330/0549423 от 08.04.2009.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.