

Федеральное агентство по образованию
Восточно-Сибирский государственный технологический
университет

СИСТЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

Методические указания к теплотехнической части
выпускной квалификационной работы для студентов
технологических специальностей Института пищевой
инженерии и биотехнологии ВСГТУ.

Составители: Батуев Б.Б.
Матханова В.Э.

Рецензент Ц.Ц.Дамбиев, доктор технических наук,
профессор

Подписано в печать 21.06.2005 г. Формат 60х84 1/16.
Усл.п.л. 1,16, уч.-изд.л. 0,8. Тираж 100 экз. Заказ №
Издательство ВСГТУ. г.Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40, в.

© ВСГТУ, 2005 г.

Улан-Удэ
Издательство ВСГТУ
2005 г

Методические указания «Система теплоснабжения предприятия» для теплотехнической части выпускной квалификационной работы предназначены для студентов-дипломников технологических специальностей Института пищевой инженерии и биотехнологии.

В них излагаются требования к системам теплоснабжения предприятий, приводятся основные схемы теплоснабжения и рассматривается экономическая целесообразность каждой из них.

В методических указаниях приводится порядок теплотехнического расчета в случаях проектирования нового предприятия и реконструкции существующего предприятия. Даются рекомендации по выбору схемы теплоснабжения предприятия, подбору вида топлива и основного оборудования котельной, а также по рациональному использованию вторичных энергетических ресурсов.

Ключевые слова: Теплоснабжение предприятия, теплотехнический расчет, теплоемкость, энтальпия, тепловая нагрузка, производительность аппарата, отопление, вентиляция, горячее водоснабжение, технологические нужды, источники теплоты, графики потребления теплоты, расход пара, расход горячей воды, паропровод, котельный агрегат, вторичные энергетические ресурсы.

ВВЕДЕНИЕ

Теплотехнический раздел выпускной квалификационной работы (ВКР) студентов технологических специальностей Института пищевой инженерии и биотехнологии разрабатывается с целью расчета системы теплоснабжения проектируемого предприятия.

Тематика выпускных квалификационных работ предусматривает два типа дипломных проектов:

1. Проектирование нового предприятия;
2. Реконструкция существующего предприятия.

При проектировании нового предприятия в теплотехнической части ВКР студент-дипломник самостоятельно решает вопрос о выборе схемы теплоснабжения предприятия на основе рассчитанных суммарных тепловых нагрузок.

При реконструкции существующего предприятия теплотехническая часть ВКР разрабатывается с целью проверки пропускной способности системы теплоснабжения в связи с изменением тепловых нагрузок.

1. ТРЕБОВАНИЯ К ТЕПЛОСНАБЖЕНИЮ ПРЕДПРИЯТИЯ

Рациональная организация теплоснабжения - важнейшее условие экономической работы предприятий, гарантирующей производство продуктов высокого качества. Одно из основных требований, предъявляемых к теплоснабжению предприятий, - правильный выбор схемы теплоснабжения, укомплектованной оборудованием, серийно выпускаемым промышленностью. В схеме теплоснабжения должно быть предусмотрено надежное и бесперебойное снабжение производства паром и горячей водой требуемых параметров.

Непременные условия рационального теплоснабжения предприятий – возможность использования местных видов топлива, обоснованный выбор резервного топлива и эффективное использование вторичных энергетических ресурсов.

Теплоснабжение предприятий пищевой промышленности должно предусматривать наличие резерва теплоты, что объясняется неравномерным поступлением сырья в связи с сезонностью производства. При выборе схемы теплоснабжения следует предусматривать возможность перспективного развития теплового хозяйства путем реконструкции предприятия и увеличения его производственной мощности.

При этом следует использовать возможности комбинированного теплоснабжения, предусматривая отпуск теплоносителей другим предприятиям, а также получение со стороны более дешевой теплоты низкого потенциала. В целях экономии топлива должны быть обеспечены быстрый ввод в работу или остановка отдельных теплогенерирующих устройств в случае резких колебаний графика поступления сырья. При этом для покрытия тепловых нагрузок в тепловой схеме целесообразно предусматривать аккумуляцию теплоты. Организация теплоснабжения должна обеспечивать возможность рациональной эксплуатации всех элементов схемы теплоснабжения, гарантирующей получение теплоносителей требуемых параметров и высокого качества.

Для этого должны быть предусмотрены устройства, позволяющие осуществить автоматическое регулирование параметров теплоносителей и их распределение по потребителям. Применение автоматического регулирования обеспечивает, кроме того, безопасные условия

эксплуатации оборудования и создает благоприятные условия труда для обслуживающего персонала.

Рациональное теплоснабжение предприятий должно создавать условия для широкого использования вторичных энергоресурсов. При этом особое внимание должно быть уделено увеличению возврата конденсата и организации обратного водоснабжения.

Надежность теплоснабжения предприятия должна быть обеспечена как простотой обслуживания всех элементов теплового хозяйства, так и возможностью их быстрого ремонта с минимальными трудовыми затратами.

Схема теплоснабжения предприятия должна быть компактной, обеспечивая минимальные потери теплоты и утечки теплоносителей в процессе их производства и транспортировки.

Одно из основных требований, предъявляемых к теплоснабжению, - его экономичность, а также снижение уровня загрязнения окружающей среды.

Экономичность теплоснабжения определяется минимально возможными капитальными и эксплуатационными затратами и удельными расходами теплоты и топлива на производство продукции.

2. СХЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ.

2.1. Теплоснабжение предприятий от собственных котельных.

Несмотря на то что основным направлением эффективного использования топлива является централизованное теплоснабжение на базе ТЭЦ, подавляющее число предприятий пищевой промышленности снабжается теплотой от собственных

котельных, оснащенных котлами средней и малой производительности.

Это обусловлено как отсутствием централизованных источников теплоснабжения в географических зонах размещения предприятий отрасли, так и повышенными требованиями к качеству потребляемых теплоносителей. Специфический характер предприятий пищевой отрасли предъявляет к ним особые санитарные требования, в связи с чем такие предприятия, как правило, размещаются за пределами городской черты.

Экономически целесообразный радиус подачи теплоносителей от ТЭЦ (пара – до 3 км, горячей воды – до 10 км) ограничивает возможности централизованного теплоснабжения предприятий. В связи с тем что на ТЭЦ от других непищевых предприятий (химических и других заводов) может возвращаться конденсат, содержащий токсичные вещества, исключается возможность использования на предприятиях отрасли острого пара.

При централизованном теплоснабжении не всегда имеется возможность обеспечить предприятия паром требуемых параметров и в достаточном количестве. К тому же ТЭЦ предъявляет повышенные требования к качеству и количеству возвращаемого конденсата, которые предприятие отрасли не всегда может выполнить.

Схема теплоснабжения предприятия от собственной котельной представлена в /4/ на рис. 1 , стр.11.

2.2. Централизованное теплоснабжение предприятий.

В настоящее время с помощью централизованного теплоснабжения удовлетворяется потребность в теплоте незначительного числа предприятий отрасли. Причины, по которым подавляющее большинство предприятий пищевой

промышленности располагает собственными источниками теплоснабжения, названы ранее.

Отметим, однако, что при использовании централизованного теплоснабжения значительно повышается эффективность производства теплоты, а также снижается удельный расход топлива на ее выработку. Кроме того, увеличивается маневренность в использовании различных видов топлива, снижается содержание вредных выбросов в окружающую среду и улучшается санитарное состояние воздушного бассейна.

К централизованным источникам теплоснабжения относятся теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), а также промышленные котельные, обеспечивающие теплотой группы пищевых предприятий и находящиеся либо на самостоятельном балансе, либо входящие в состав одного из предприятий.

С увеличением степени централизации теплоснабжения, как правило, повышается экономичность выработки теплоты и снижаются расходы, связанные с эксплуатацией источников теплоснабжения. Вместе с тем увеличиваются начальные затраты на содержание теплопроводов и эксплуатационные расходы на транспортировку теплоты к потребителям.

Следует иметь в виду, что если централизация теплоснабжения на базе групповых котельных всегда экономически целесообразна для нескольких предприятий, то целесообразность теплофикации достигается только высокой степенью концентрации и большими значениями тепловых нагрузок, позволяющими сооружать ТЭЦ повышенной мощности.

Достоинство централизованного теплоснабжения заключается в том, что отсутствие котельной и топливного хозяйства значительно снижает капитальные затраты на

строительство предприятия и ускоряет сроки ввода его в эксплуатацию. При этом сокращается численность обслуживающего персонала. Отсутствие собственной котельной уменьшает также размер территории, занимаемой предприятием, и сокращает потребление электроэнергии.

Схема централизованного теплоснабжения предприятия от ТЭЦ представлена в /4/ на рис.2, стр. 15.

2.3. Комбинированное теплоснабжение предприятий

Отличительной особенностью комбинированного теплоснабжения является то, что предприятие снабжается паром для технологических нужд от собственной котельной, а для нужд горячего водоснабжения и отопления используется теплофикационная вода, получаемая от ТЭЦ.

Такая организация теплоснабжения предприятий обусловлена в первую очередь жесткими требованиями к чистоте острого пара, используемого в смесительных теплообменных аппаратах для непосредственного воздействия на обрабатываемый продукт.

Это, кроме того, объясняется также значительно меньшим экономически целесообразным радиусом транспортировки пара по сравнению с теплофикационной водой. Эффективность комбинированного теплоснабжения определяется более низкой стоимостью теплоты горячей воды, получаемой от ТЭЦ.

Схема комбинированного теплоснабжения предприятия представлена в /4/ на рис.3, стр.17.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НОВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Теплотехнический расчет необходимо начинать с выбора схемы теплоснабжения: от собственной котельной, централизованное теплоснабжение от ТЭЦ или комбинированное теплоснабжение. В зависимости от выбранной схемы теплоснабжения предприятия формулируются цели теплотехнического расчета.

Для случая теплоснабжения предприятия от собственной котельной дипломнику необходимо рассчитать суммарные тепловые нагрузки предприятия и на их основе подобрать основное (тип и производительность котлов) и вспомогательное оборудование, далее установить наиболее целесообразный с учетом местных ресурсов тип топлива, дать его характеристику, рассчитать потребное количество его и на основе гидравлического расчета определить диаметры трубопроводов для пара и горячей воды.

Для случая централизованного теплоснабжения от ТЭЦ также рассчитываются суммарные тепловые нагрузки предприятия, затем определяются расходы пара или горячей воды для каждого вида теплопотребления (отопление, вентиляция, горячее водоснабжение, технологические нужды) и гидравлическим расчетом определяют диаметры трубопроводов для пара и горячей воды.

Теплотехнический расчет производится в следующей последовательности:

1. Выбрать схему теплоснабжения предприятия и дать ее краткое описание.
2. Дать характеристику технологического оборудования, потребляющего тепловую энергию. При этом указать для каждого аппарата начальные

параметры (давление, температуру) теплоносителя (пара или горячей воды) из технического паспорта оборудования и определить максимальное давление P_{\max} .

3. Определить тепловые нагрузки.

Суммарная тепловая нагрузка предприятия определяется по формуле:

$$Q = Q_0 + Q_v + Q_{г.в.} + Q_T, \quad (1)$$

где Q_0 , Q_v , $Q_{г.в.}$, Q_T , - тепловые нагрузки на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, технологические нужды, соответственно.

Тепловые нагрузки на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение рассчитываются по укрупненным показателям /1, глава II, стр. 34 – 51/.

Тепловая нагрузка на отопление .

$$Q_0 = q_0 V (t_v - t_n), \quad (2)$$

где q_0 – удельные теплопотери здания, представляющие собой потери теплоты теплопередачей через наружные ограждения при разности внутренней и наружной температур 1 градус, отнесенные к 1 м³ наружного объема здания, [Вт/м³ К];

V – объем здания по наружному обмеру, [м³];

t_v – внутренняя температура в помещении, [°С];

t_n – наружная температура воздуха, определяемая по климатологическим данным, [°С]

Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления принята равной средней

наиболее холодных пятидневок из восьми наиболее холодных зим за 50 лет.

Тепловая нагрузка на вентиляцию

$$Q_v = q_v V (t_v - t_n), \quad (3)$$

где q_v – удельный расход тепла на вентиляцию, то есть расход тепла на 1 м³ вентилируемого здания по наружному обмеру и на 1 градус разности между температурой воздуха внутри вентилируемых помещений (t_v) и температурой наружного воздуха (t_n), [Вт/м³];
 V – объем зданий по наружному обмеру, [м³].

Расчетная температура наружного воздуха для проектирования вентиляции определяется как средняя температура наиболее холодного периода, составляющего 15 % продолжительности всего отопительного сезона.

Значения расчетных температур наружного воздуха для проектирования отопления и вентиляции приводятся в /1/, приложение 1.

Тепловая нагрузка на горячее водоснабжение

$$Q_{г.в.} = \frac{\alpha m C_{pm} (t_r - t_x)}{n_c}, \quad (4)$$

где α - норма расхода горячей воды с температурой $t_r = 65^\circ\text{C}$, /1/, приложение IV;
 m - количество единиц измерения;
 C_{pm} - теплоемкость воды;
 t_r – температура горячей воды, подаваемой в систему горячего водоснабжения; $t_r = 65^\circ\text{C}$;

t_x – температура холодной воды. Ее принимают в отопительный период $t_x = 5^\circ\text{C}$, в летний период $t_x = 15^\circ\text{C}$;

n_c – расчетная длительность подачи тепла на горячее водоснабжение, [с/сутки].

Тепловая нагрузка на технологические нужды

Тепловая нагрузка на технологическое оборудование определяется как сумма тепловых нагрузок на каждый теплопотребляющий аппарат предприятия с учетом эксплуатации оборудования в сутки согласно графика его работы:

$$Q_T = \sum_{i=1}^n Q_i, \quad (5)$$

где Q_i – тепловая нагрузка на каждый теплопотребляющий аппарат предприятия.

$$Q_i = G_T C_{pm} (t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}}), \quad (6)$$

где G_T – производительность аппарата (по паспортным данным); [кг/с];

C_{pm} – теплоемкость сырья, [кДж/кг К];

$t_{\text{кон}}$ – конечная температура сырья;

$t_{\text{нач}}$ – начальная температура сырья.

3.4. Определение расходов пара

Общий расход пара на предприятии определяют по уравнению:

$$D = D_0 + D_v + D_{г.в.} + D_T, \quad (7)$$

где D_0 , D_v , $D_{г.в.}$, D_T – расходы пара на отопление, вентиляцию, горячее

водоснабжение, технологические
нужды, соответственно.

Расход пара на отдельный вид теплового потребления
рассчитывается по формуле:

$$D = \frac{Q}{\eta(h'' - h')}, \quad (8)$$

где Q – тепловая нагрузка на отопление, вентиляцию,
горячее водоснабжение или технологические
нужды;

η - коэффициент использования теплоты
(принимается из табл.1);

h'' , h' – энтальпии сухого насыщенного пара и
кипящей жидкости при максимальном
давлении P_{\max} (определяют по таблицам /3/).

Данные расчетов заносят в таблицу 2.

Значения коэффициентов использования теплоты на
отдельный вид потребления

Таблица 1

Вид нагрузки	η	Температура воды, °С	
		t начальная	t конечная
Отопление	0,95	150	70
Вентиляция	0,9	120	60
Горячее водоснабже ние	0,92	70	5
Технологиче ское оборудовани е	0,95÷0,98		

Тепловые нагрузки и расходы пара

Таблица 2

№	Вид нагрузки	Тепловая нагрузка, кВт	Расход пара, кг/с
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
	Итого:		

К найденному общему расходу пара предприятия
необходимо прибавить еще 10 % на непредвиденные
расходы и потери.

3.5. Подбор оборудования для котельной

По общему расходу пара предприятия подбирают
необходимое для котельной оборудование /2, глава IV, стр.
76-95/.

Количество котлов подбирают из расчета обеспечения
изменений мощности (максимум 50%) в случае аварийного
состояния.

В характеристике котла должны быть указаны тип
котла, производительность, производственное давление и
температура пара, габариты котла и обмуровки, а также
к.п.д. котла и топки.

3.6. Выбор типа топлива и определение его часового расхода

С учетом типа котла и местных ресурсов выбрать тип
топлива ближайшего месторождения и дать его полную
характеристику /2, глава IV, стр. 76-95/.

Часовой расход топлива определяют по уравнению:

$$B = \frac{D(h_n - h_{n.г}) + D_{np}(h_{к.г} - h_{н.г})}{\eta Q_n^p}, \quad (9)$$

где D – паропроизводительность котла;

h_n , $h_{к.в}$ – энтальпия пара и котловой воды при давлении в котле /3/;

$h_{п.в.}$ – энтальпия питательной воды ($h_{п.в.} = C_p \cdot t_{п.в.}$; $C_p = 4,19$ кДж/кг К; $t_{п.в.}$ – указывается в характеристике котла);

$D_{п.р}$ – количество пара, теряемого при продувке котла (принять 3% от паропроизводительности котла);

$\eta_{к.а.}$ – к.п.д. котельного агрегата;

Q_n^p – низшая теплота сгорания топлива.

3.7. Определение пропускной способности системы и выбор диаметра паропровода

Гидравлический расчет, основной задачей которого является определение диаметров трубопроводов, их пропускной способности и регулирование системы – один из важнейших разделов проектирования и эксплуатации тепловой сети.

Методика расчета диаметров трубопроводов и их пропускной способности изложена в /1, глава V, стр.136-167/.

Диаметр трубопровода для водяного пара определяют по формуле:

$$d = A_d \frac{D^{0.38}}{(R_{л} \rho_{ср})^{0.19}}, \quad [м] \quad (10)$$

где D – общий расход водяного пара на предприятии, [кг/с]

A_d – коэффициент, равный $0,435 м^{0,0475}$;

$R_{л}$ – удельное линейное падение давления на единицу длины трубопровода, [Па/м];

$\rho_{ср}$ – средняя плотность теплоносителя на участке, [кг/м³].

Удельное линейное падение давления на единицу длины трубопровода находят по формуле:

$$R_{л} = \frac{\Delta P}{\lambda(1 + \alpha)}, \quad [Па/м] \quad (11)$$

где ΔP – падение давления в трубопроводе, [Па];

ℓ – расстояние от котельной до цеха, [м];

α – доля местных потерь, определяемая по формуле Шифринсона:

$$\alpha = Z\sqrt{D}, \quad (12)$$

где D – общий расход водяного пара на предприятии, [кг/с];

Z – постоянный коэффициент, зависящий от вида теплоносителя.

Для воды $Z = 0,03 \div 0,05$.

Для водяного пара $Z = 0,2 \div 0,4$.

Средняя плотность теплоносителя на участке находится по формуле:

$$\rho_{ср} = \frac{\rho_{нач} + \rho_{кон}}{2}, \quad (13)$$

Индексы “нач” и “кон” относятся к началу и концу участка трубопровода.

Плотности $\rho_{нач}$ и $\rho_{кон}$ определяют по таблицам /3/.

Если теплоноситель – жидкость, то принимают:

$$\rho_{ср} = \rho_{нач} = \rho_{кон} \quad (14)$$

По рассчитанному диаметру трубопровода подбирают стандартный диаметр труб, применяемых при транспорте водяного пара и воды /1, приложение 11, стр.334/.

3.8. Предложения по использованию вторичных энергетических ресурсов

Энергия отработавших теплоносителей (газов, паров и жидкостей), а также отходов и готовых продуктов производства представляет собой вторичные энергетические ресурсы (ВЭР).

На предприятиях пищевой промышленности наибольшим запасом вторичных энергетических ресурсов обладают уходящие дымовые газы котельных установок (18,6%), вентиляционные выбросы (18%), сбросные теплые (15,8%) и горячие воды (13,8%), вторичные пары выпарных и сушильных установок (9,8 %) , готовая продукция (8,4%). Меньшими запасами ВЭРов обладают отработавшие газы технологического оборудования (7,3%), пароконденсатная смесь (5,7%), а также уходящие дымовые газы технологических печей (2,5%).

На основе энергетического анализа работы технологического оборудования дипломнику необходимо разработать предложения по рациональному использованию ВЭРов /2, глава VIII, стр. 145-163/.

4. РЕКОНСТРУКЦИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

При реконструкции предприятия теплотехническая часть дипломного проекта разрабатывается с целью проверки пропускной способности системы теплоснабжения в связи с изменением тепловых нагрузок.

Если тепловые нагрузки после реконструкции возросли и пропускная способность системы не удовлетворяет им, то дипломнику необходимо произвести замену трубопроводов для пара и горячей воды на основе гидравлического расчета.

Пропускная способность системы теплоснабжения определяется в следующей последовательности.

1. Характеристика существующей системы теплоснабжения завода
 - А) составить схему котельной или теплового пункта (указать типы котлов, их производительность, давление и температуру пара и т.д.);
 - Б) составить схему теплоснабжения завода или реконструируемого цеха и дать характеристику потребителей тепловой энергии с указанием теплоносителей (пар или горячая вода);
 - В) описать систему использования вторичных энергетических ресурсов на предприятии.
2. Определение тепловых нагрузок
Тепловые нагрузки до и после реконструкции определяются также, как и при проектировании нового предприятия (см. раздел 3, пункт 3).
3. Определение пропускной способности системы и выбор диаметров трубопроводов.
Гидравлический расчет производится также, как и при проектировании нового предприятия (см. раздел 3, пункт 3.7).
4. Предложения по использованию вторичных энергетических ресурсов (см. раздел 3, пункт 3.8).

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. -М.: Энергоиздат, 1982.
2. Лепилкин А.Н., Ноздрин С.И., Тертычный А.М. Теплоснабжение предприятий мясной и молочной промышленности. -М.: Пищевая промышленность, 1976.

3. Александров А.А., Григорьев Б.А. Теплофизические свойства воды и водяного пара. -М.: Издательство МЭИ, 2003.
4. Ноздрин С.И., Руденко Г.С. Рациональное использование топлива и теплоты на предприятиях мясной и молочной промышленности. -М.: Агропромиздат, 1985.
5. Зайчик И.В. и др. Курсовое и дипломное проектирование технологического оборудования пищевых производств. -М.:2004.