


Учреждение образования  
«Брестский государственный технический университет»  
Факультет инженерных систем и экологии  
Кафедра теплогазоснабжения и вентиляции

СОГЛАСОВАНО


Заведующий кафедрой

 В.Г.Новосельцев

« 28 » 12 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета:

 О. П. Меник

« 10 » 12 2022 г.

**ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
«ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И  
ВЕНТИЛЯЦИИ»**

для специальности: 1-70 04 02 Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана  
воздушного бассейна

Составитель: Янчилин Павел Фёдорович – старший преподаватель кафедры  
теплогазоснабжения и вентиляции, магистр технических наук

Рассмотрено и утверждено на заседании Научно-методического совета БрГТУ  
протокол №3 от 29.12.2022 г.

л.п. № УМК 22/23-87

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### **Актуальность изучения дисциплины**

Дисциплина «История развития систем теплогазоснабжения и вентиляции» является дисциплиной специализации при подготовке специалистов по специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна».

Цель преподавания учебной дисциплины — приобретение обучающимися знаний об истории зарождения и развития систем теплогазоснабжения и вентиляции, а также о современных проблемах, перспективах и путях повышения эффективности их работы. Знакомство студентов со структурой факультета инженерных систем и экологии и кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», размещением и оборудованием лабораторий кафедры, с местом и ролью будущей профессии в общей структуре народного хозяйства, с общей характеристикой дисциплин, которые предстоит изучать в процессе обучения, сведения о будущей практической деятельности, организацией строительства систем теплогазоснабжения и вентиляции различных объектов, структурой промышленных и проектных предприятий данного направления.

ЭУМК разработан на основании Положения об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования, утвержденного Постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 26 июля 2011 г., № 167, и предназначен для реализации требований учебной программы по учебной дисциплине «История развития систем теплогазоснабжения и вентиляции» для специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна». ЭУМК разработан в полном соответствии с утвержденной учебной программой по учебной дисциплине компонента учреждения высшего образования «История развития систем теплогазоснабжения и вентиляции».

### **Цели ЭУМК:**

- обеспечение качественного методического сопровождения процесса обучения;
- обеспечение открытости и доступности образовательных ресурсов путем размещения ЭУМК в локальной сети университета;
- организация эффективной самостоятельной работы студентов.

Структура электронного учебно-методического комплекса по дисциплине «История развития систем теплогазоснабжения и вентиляции»:

**Теоретический раздел** ЭУМК содержит материалы для теоретического изучения учебной дисциплины и представлен конспектом лекций.

**Практический раздел** ЭУМК содержит материалы для проведения практических занятий в виде ознакомления студентов со структурой факультета инженерных систем и экологии, а также ознакомительных экскурсий по лабораториям кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция».

**Раздел контроля знаний** ЭУМК содержит примерный перечень вопросов, выносимых на зачет, позволяющих определить соответствие результатов учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации образовательных программ.

**Вспомогательный раздел** включает учебную программу учреждения высшего образования по учебной дисциплине «История развития систем теплогазоснабжения и вентиляции», список основной и дополнительной литературы.

#### **Рекомендации по организации работы с ЭУМК:**

– лекции проводятся с использованием представленных в ЭУМК теоретических материалов, часть материала представляется с использованием персонального компьютера и мультимедийного проектора; при подготовке к зачету и экзаменам, выполнению и защите курсовых проектов студенты могут использовать конспект лекций;

– практические занятия проводятся в виде ознакомления студентов со структурой факультета инженерных систем и экологии, а также ознакомительных экскурсий по лабораториям кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»;

– при подготовке к зачёту студенты используют техническую, основную и вспомогательную литературу;

– зачет проводится как в письменной, так и устной форме, вопросы для зачета приведены в разделе контроля знаний.

ЭУМК способствует успешному усвоению студентами учебного материала, дает возможность планировать и осуществлять самостоятельную работу студентов, обеспечивает рациональное распределение учебного времени по темам учебной дисциплины и совершенствование методики проведения занятий.

## **ПЕРЕЧЕНЬ МАТЕРИАЛОВ В КОМПЛЕКСЕ**

Электронный учебно-методический комплекс содержит:

### **1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

1.1 Конспект лекций по дисциплине «История развития систем теплогазоснабжения и вентиляции»

### **2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

2.1 Содержатся материалы по лабораториям кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»

### **3. РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ**

3.1 Вопросы к итоговому контролю знаний

### **4. ВСПОМАГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ**

4.1 Учебная программа дисциплины «История развития систем теплогазоснабжения и вентиляции» для студентов специальности 1-70 04 02 – «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна»

# 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1. Исторический обзор развития техники отопления .....	7
Угольная жаровня.....	7
Хюпокаусты .....	7
Подпольно-канальное отопление.....	9
Камне-печное отопление .....	10
Эпоха централизованных систем .....	11
Зачатки водяного отопления .....	12
Дымо-трубная система отопления.....	12
Воздушная система отопления.....	13
Паровая система отопления высокого давления .....	14
Водяная система низкого давления .....	15
Паровая система отопления низкого давления .....	16
Водяная система отопления высокого давления.....	16
Районированное теплоснабжение .....	17
Системы отопления в их историческом развитии.....	20
2. История развития теплоснабжения и теплофикации.....	22
Техника отопления в древности.....	22
От курной до русской печи.....	23
Мастеровые люди и школы .....	25
Памятники древнерусской техники.....	26
Возникновение промышленного производства материалов для печного отопления .....	26
Русские конструкции отопительно-вентиляционных устройств XVIII в. .....	28
Русское и иноземное .....	28
Прогресс техники огневоздушного и печного отопления в России в XIX и начале XX в. ....	30
Освоение новых видов теплоносителей.....	32
Пути развития отопительной техники.....	35
Книги и школы.....	49
Теплофикация в СССР .....	55
Развитие теплофикации в России .....	58
3. Перспективы развития топливно-энергетического комплекса.....	65
Теплоснабжение.....	65
Электроэнергетика .....	69
Возобновляемые источники энергии и местные виды топлива .....	70
4. История развития газоснабжения .....	72
Откуда появился газ .....	72
Две теории происхождения нефти и газа.....	72
Месторождение природного газа.....	73
Происхождение природного газа.....	73
Термоламп и первый газ в России .....	75

Что же такое этот природный газ .....	75
История развития газовой промышленности Республики Беларусь. ....	76
5. История развития вентиляции.....	78
6. История кондиционирования воздуха.....	85

# 1. Исторический обзор развития техники отопления

## Угольная жаровня

У нас нет каких-либо документальных данных о том, когда именно человек стал переходить к сколько-нибудь организованным методам отопления своего жилища и возникавших уже тех или иных общественных зданий.

Указания и вещественные доказательства более совершенных способов отопления относятся к сравнительно близким нам эпохам.

Этими доказательствами являются найденные в довольно значительном числе и в самых разнообразных странах древесно-угольные жаровни. Не имея, конечно, никакого представления о химических реакциях горения и о химическом составе продуктов сгорания, древний человек чисто опытным путем убедился в безвредности сжигания древесного угля непосредственно в отапливаемом помещении с выпуском продуктов сгорания прямо в это последнее.

И действительно, как мы это знаем теперь достоверно, при равномерном притоке воздуха к тонкому слою тлеющих, хорошо предварительно выжженных, древесных углей продуктом сгорания является только относительно безвредный и не обладающий запахом угольный ангидрид (углекислота,  $\text{CO}_2$ ). Крайне любопытно то, что этот, с нашей точки зрения, первобытный способ отопления имел такой коэффициент полезного действия, о котором мы в наших современных системах отопления можем только мечтать, ибо у древесно-угольной жаровни, в которой полностью использовалась вся теплотворная способность угля, КПД был равен 1, - в отношении, конечно, древесного угля, а не того дерева, из которого этот уголь был получен.

Этот метод отопления помещений получил весьма широкое и крайне длительно удержавшееся распространение, охватив, видимо, весь европейский материк и далекую Азию с Китаем и Японией. По крайней мере, найденные в этих странах угольные жаровни свидетельствуют об этом.

Являясь внутрикомнатным прибором отопления, отапливая, конечно, и помещения богатых сановников и вельмож, эти жаровни достигли высокой степени художественного совершенства: изготовлялись они из лучшей бронзы. Об этом свидетельствуют бронзовые жаровни, найденные в Помпее. Так, римской бронзовой треножной жаровней, имеющей диаметр 500 мм, глубину 120 мм и высоту 1000 мм можно было отапливать помещение с теплотерями около 10 ккал/ч, т.е. кубатурой примерно в 1000 м<sup>3</sup>.

Насколько прочно удерживался этот способ отопления, свидетельствует тот факт, что, зародившись, видимо, задолго до нашей эры, - он встречался в Англии еще в ХУШ в. Где в 1790 г. парламентские залы в Лондоне отапливались угольными жаровнями, т.е. тогда, когда уже существовали довольно совершенные воздушные и паровые централизованные системы отопления, колыбелью последней из которых была та же самая Англия.

## Хюпокаусты

Первые признаки более организованного отопления зданий мы встречаем

примерно за 2200 лет назад, т.е. в последних столетиях до нашей эры.

Археологические раскопки на территориях современных Италии, Франции, Швейцарии, Германии и Англии открывают перед нами картину довольно значительных в те времена достижений в области отопления, и даже вентилирования зданий. Это - огневые системы отопления подпольными камерами, изобретенные, несомненно, римлянами за несколько столетий до нашей эры. Несмотря на римское изобретение, эти системы отопления носят греческое название «хюпокаустум», обозначающее «снизу согретый».

Об этой системе отопления очень подробно пишет в своем сочинении «Об архитектуре» (de Architectura) военный инженер времен римских императоров Цезаря и Августа знаменитый Марк Витрувий Поллио (конец 1 века до н.э.).

Остатки такой системы отопления найдены в бывшей римской колонии, в нынешней Германии (Тюрингии), в городе Заальбурге. Как по описаниям Витрувия, так и при раскопках было видно, что отапливаемое «хюпокаустами» помещение имело подполье, перекрытое по столбикам из камня или гончарных труб гончарными же плитами толщиной 50 мм, поверх которых сделана сплошная смазка толщиной 150 мм. В этой конструкции был лаз, очевидно для прочистки и ремонта, закрывавшийся песчаниковой плитой. Подполье это служило сплошным дымоходом для очага, находившегося вне здания в углублении в грунте. В стенке этого углубления помещалась топка для сжигания древесного угля. Подземный канал, подводивший горячие продукты сгорания угля в подполье, выходил в последнее до первого ряда кирпичных столбиков. Форма этого канала в плане своеобразна, так как она имеет последовательно расположенные два расширения и сужения. В первом из них, ближайшем к топочному углублению, очевидно, сжигался уголь. Есть основания полагать, что такой формой канала римляне стремились оградить от лучистой теплоты подпольную конструкцию, оберегая ее этим от разрушения. Продукты сгорания угля, омыв и обогрев перекрытие, столбики и стенки подполья, выходили наружу по гончарным вертикальным дымоходам. По прекращении горения угля, эти дымоходы перекрывались, видимо, глиняными плитками, а отверстия открывались снятием с них таких же плиток. Наружный воздух проходил по тому же пути, по которому раньше шли продукты горения, но выходил, согревшись в подполье, в отапливаемое помещение. Последнее и объясняет необходимость пользования древесным углем как топливом, в целях сохранения в возможной чистоте поверхностей конструкции подполья. При сжигании в топке дров они покрывались бы налетом сажи и смол, что портило бы качество выпускаемого в помещение воздуха.

Для регулировки интенсивности прогрева подполья и обогрева самого отапливаемого помещения служило наружное воздухозаборное отверстие. Наружный воздух проходил через него в подпольное помещение и отсюда через отверстие в самый хюпокаустум. Здесь он отклонялся отбоем в целях, очевидно, лучшего смешения с горячими газами, приходящими из угольной топки. Отверстие заслонялось глиняной плитой в целях регулировки притока наружного воздуха. Это же устройство совместно с каминообразным хайлом и идущими от него керамическими каналами, выходящими, видимо (стена



сохранилась лишь на высоту 1 м), сверх кровли, служило приточно-вытяжной системой вентиляции после того, как прекращалось горение угля в топке. Подобными системами римляне отапливали как на своей родине, так и в более северных странах, своих колониях, как то: в теперешних Франции, Швейцарии, Германии, Англии, как жилые, гражданские, так и разного рода военные постройки своих военных поселений и крепостей («кастеллум»).

Археологические раскопки древнего города Геркуланеум (у подножия горы Везувия, в 7,5 км от современного Неаполя) показали, что хюпокаусты применялись даже для отопления двухэтажных зданий. Так, в одной вилле, открытой в Геркуланеум, найдена такая установка, подводившая согретый воздух из подполья по гончарным трубам в кладке стен в комнату второго этажа. Выходные душниковые отверстия в этой комнате обработаны львиными головами, в пастях которых были затворы.

### Подпольно-канальное отопление

В дальнейшем, и видимо параллельно с продолжением существования системы отопления хюпокаустами, эта система развилась в систему отопления подпольными, уложенными в грунте каналами, обогревавшимися также продуктами сгорания древесного угля, сжигавшегося аналогично с хюпокаустами во вне домовых заглубленных в землю топках.

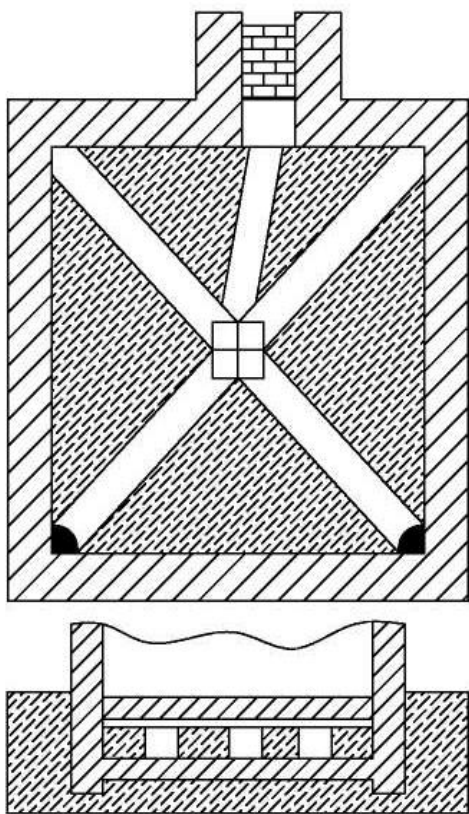


Рис. 1. Подпольно-канальное отопление.

От этой топки подземный канал подводил горячие продукты горения угля к центру отапливаемого помещения. Здесь канал заканчивался небольшим расширением, от которого шли также подпольно два канала к двум удаленным углам помещения, где продукты сгорания переходили в два угловых вертикальных дымохода. Очевидно, эти дымоходы и работали поочередно, так как при одновременной их работе трудно было ожидать, чтобы в одном из них не устанавливалась обратная тяга. От той же центральной камеры шли к двум углам помещения два других канала, переходившие в этих углах также в вертикальные, но заканчивавшиеся на высоте человеческого роста и здесь закрывавшиеся глиняными плитками. Подземные каналы перекрывались гончарными

плитами с тонкой смазкой поверх них. Нормально эта система отопления работала, в отличие от хюпокаустов, только теплопередачей от горячих продуктов сгорания угля в воздух помещения через перекрытие подземных каналов. Короткие вертикальные каналы применялись для впуска в помещение наружного согретого воздуха после прекращения горения угля. Коэффициент полезного действия такой системы отопления был, конечно,

очень низок, так как три стороны канала, прилегавшие к грунту, отдавали тепло последнему.

Римляне применяли и комбинацию систем отопления хюпокаустами, и подпольными каналами, как это было видно по найденным в Заальбурге остаткам римского кастеллума.

В системах отопления хюпокаустами и подпольными каналами, ввиду сжигания в них древесного угля, не дававшего сажевых и смолистых отложений на стенках подполий и каналов, можно уже видеть соединение системы отопления с системами освежающей вентиляции. По своему существу подпольно-канальное отопление является прародителем печного, так как здесь впервые использована теплоотдача внешней поверхности согретого дымохода, но только в данном случае печь зарыта в грунт лежа, а «на ноги» она встала лишь около 1000 лет спустя. Таким образом, стоячая комнатная печь возникла около 2000 лет тому назад и в усовершенствованном, конечно, виде жива поныне.

В наших сведениях о дальнейшей последовательности развития дела отопления после подпольно-канальной системы наступает весьма значительный пробел. Известно одно, что падение Римской империи привело к падению культуры и техники, и у древних германцев, например, мы вновь встречаем отопление открытыми дровяными очагами без отводящего дымохода, а с выпуском дыма через отверстие в перекрытии.

Падение культуры и техники особенно заметно в начале средних веков. Ярким примером этого регресса может служить тот факт, что после того как римлянами несколько веков до начала нашей эры были достигнуты огромные успехи в деле, например, удаления из населенных мест сточных вод и нечистот подземными канализационными сооружениями, остатки которых даже в настоящее время используются в Риме, в виде знаменитой «cloaca maksima» (магистральный сточный канал), - в ранние средние века, т.е. почти через 1000 лет, нечистоты из домов выпускались прямо с фасадов зданий в открытые уличные сточные канавы. В те времена у тогдашней интеллигенции было привычной необходимостью носить всегда с собой флакон с «благовониями» для того чтобы, поднося этот флакон к носу, заглушать уличное зловоние.

Совершенно очевидно, хотя у нас и нет прямых доказательств, что и в области отопления зданий, а тем более их вентилирования, влияние средних веков было столь же пагубным, как и в области канализирования городов.

### **Камне-печное отопление**

В более поздние годы средних веков (1300 г.) мы начинаем встречать признаки возрождения отопительной техники. Примером этого служат найденные в германских рыцарских и орденовских замках и монастырях огнекаменные печи примитивного воздушного отопления, представившие весьма ухудшенную переработку римского хюпокаустум.

В наилучшей сохранности такая система отопления обнаружена в руинах рыцарского замка в Марбурге в Германии.

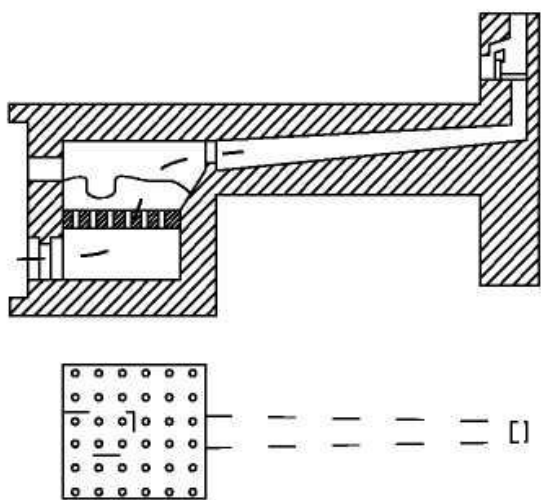


Рис. 2. Камне-печное отопление.

Огнекаменная печь по сути своей очень напоминает нашу булыжную банную каменку. Здесь также надтопочное пространство наполнено по кирпичным колосникам булыжным камнем или кусками базальта. Пол отапливаемого помещения являлся и перекрытием надтопочного пространства. Через отверстия в этом перекрытии, закрывавшиеся со стороны помещения во время топки печи плитками, укладывавшимися в углубленные четверти, внутренняя полость печи могла получать непосредственное соединение с

отапливаемым помещением. Продукты сгорания топлива омывали булыжную загрузку печи, раскаляли ее и затем удалялись частично подпольными и частично вертикальным внутрстенным дымоходами. Печи эти отапливались дровами, после прогорания которых дымоход закрывался, а половые плитки снимались. Воздух продолжал поступать в топочное пространство, омывал раскаленные камни и согретым выходил через отверстия в перекрытии печи в отапливаемое помещение. Мы видим здесь большое родство с римской системой отопления хюпокаустами. Но ввиду сжигания в огнекаменных печах не древесного угля, а дров, - отложения сажи и смолистых продуктов на каменной загрузке и стенках надтопочного пространства образовывались, несомненно поэтому говорить о чистоплотности и гигиеничности данной системы отопления не приходится, ибо, безусловно, в рыцарских покоях воздух своим запахом был немногим лучше, чем в курной избе.

Но, несмотря на это, огнекаменная печь средневековых германских замков несомненно является прародителем наших современных кирпичных калориферов и печей большой теплоемкости с внутренней кирпичной решеткой-насадкой.

Отопление открытым камином с применением дымохода существовало уже в 820 г. н.э. в монастыре Санкт-Галлен (в Швейцарии), о чем свидетельствуют найденные планы этого монастыря с вышеуказанной датой.

### Эпоха централизованных систем

Далее в истории развития методов и систем отопления зданий следует эпоха централизованных систем, хотя все виды до того применявшихся отопительных устройств продолжали существовать параллельно и очень упорно не сдавали своих прочно занятых позиций. Ведь по существу отопление подпольными огнедымовыми каналами живо еще и сейчас в виде отопления боровами в простых теплицах и оранжереях. Между прочим, любопытно то, что все почти последовательно возникавшие централизованные системы отопления зарождались и в первое время существовали почти исключительно для целей отопления оранжерей и теплиц и крайне медленно проникали в

жилые и общественные здания, где старушка - кирпичная печь, продолжая совершенствоваться и украшаться во внешности, упорно удерживала завоеванное ею место.

### **Зачатки водяного отопления**

Первые элементы централизованного отопления нашли свое выражение в водяной системе. Вернее, это элементы не системы отопления, а принципа ее действия, легшего в основу много веков спустя изобретенной водяной системы отопления. Эти первичные элементы найдены при археологических раскопках римского города Помпеи, погибшего рядом с городом Геркуланеум от извержения Везувия. Здесь идет речь о найденном в одной из открытых вилл циркуляционном водогрейном устройстве для столь излюбленных римлянами горячих ванн. В этом устройстве мы встречаем все главнейшие элементы циркуляционной водяной системы.

У римлян существовали, впрочем, и водяные системы отопления, но построенные по совершенно иному принципу. В них использовалась вода природных горячих источников, пропускавшаяся протоком по каналам из пустотелых кирпичей. Этим способом римляне отапливали, видимо, только свои бани, доказательства чего найдены как в Италии, так и в районе бывшей римской колонии в Англии. Но далее, на протяжении многих веков, мы не встречаем никаких признаков развития водяной системы отопления. Она была совершенно забыта и родилась вновь позднее воздушной и паровой систем высокого давления лишь в 1777 г. во Франции.

### **Дымо-трубная система отопления**

Первой по времени возникновения действительно централизованной системой отопления была дымо-трубная система. Дата и изобретатель ее неизвестны, но все литературные источники, упоминающие о начале применения ее в разных странах Европы, указывают на то, что туда она была перенесена из Англии; поэтому Англия является, видимо, родиной этой дымо-трубной системы. Идея ее состоит в следующем. От обычной печи, дровяной или каменноугольной, часто чугунной, продукты горения отводились длинными, горизонтальными железными трубами, проложенными по отапливаемым помещениям, в выводящий вертикальный дымоход. Несмотря на значительную опасность этой системы в отношении возникновения пожара, действительно и уничтожившего, как указывают литературные источники, большое число зданий, она получила в начале XIX века весьма широкое распространение, особенно в Англии, где ею, согласно сведениям, напечатанным в одной лондонской газете в 1829 г., отапливалось, например, четырехэтажное здание ситцевой фабрики. В этой системе от одной печи, расположенной в первом этаже, железные рукава были протянуты последовательно зигзагообразно через все четыре этажа здания и проходили у полов отапливавшихся ими помещений. Последние упоминания об этой системе мы находим в одной немецкой газете в 1847 г., заметка в которой говорит о том, что все же большая пожарная опасность вывела систему из

употребления.

### **Воздушная система отопления**

Следующей по времени возникновения была воздушная система отопления, отличавшаяся от тоже воздушных систем римских хюпокаустов и германских огнекаменных печей тем, что здесь воздух, согреваемый и подаваемый в отапливаемые помещения, омывал внешние поверхности специальной воздушнонагревательной печи, не приходя в соприкосновения с теми поверхностями печи, которые омывались продуктами горения топлива. Такая система представляла не только гигиенический, но и значительный технический прогресс, так как она давала возможность отапливать помещения и во время периода сжигания топлива. Но в своем прообразе эта система являлась непосредственным отпрыском огнекаменных печей, так как печь воздушной системы устанавливалась тоже непосредственно под полом отапливаемого помещения, но в окружающем ее кожухе, перекрытием которого служил пол помещения. Воздух, согревавшийся в пространстве между стенками кожуха и внешней поверхностью печи, выходил через отверстия в полу в отапливаемое помещение. Любопытно, что подвода наружного воздуха в кожух не было; мало того, не было и обратного рециркулярного подвода в кожух канала из помещения.

Иногда вместо отверстий в полу делался просто один канал из кожуха в отапливаемое помещение. В этом канале происходила очень затрудненная циркуляция воздуха и вверх, и вниз. Уроки прошлого, т.е. римские хюпокаусты и подпольно-канальные системы с притоком наружного воздуха, были, видимо, радикально забыты.

Примеры таких систем встречались в большом числе в середине ХУЛ в. в России, и система эта в странах Западной Европы (в Германии и Австрии) называлась «русской системой». Образец ее имеется в Грановитой палате в московском Кремле. Палата эта построена в 1487-1492 гг. итальянскими зодчими. Но была ли описываемая воздушная система отопления сооружена одновременно со зданием - неизвестно.

Несмотря на свою крайнюю примитивность, эта система отопления была перенесена и в Западную Европу, и целый ряд значительных зданий в Вене (Австрия), как то: башня умалишенных, театр и ряд дворцов, распоряжением австрийского императора Иосифа II в 1765-1790 гг. были отоплены ею.

Первая воздушная система отопления с притоком наружного воздуха была осуществлена в 1792 г. профессором Молитор в его клинике в г. Майнц в Германии. Поверхностью нагрева служила одна фарфоровая труба (к сожалению, ее диаметр и длина неизвестны), уложенная в огневом пространстве печи. Через эту трубу протекал наружный воздух, который согревшись или вернее даже накалившись, отводился каналами в отапливаемые вышележащие помещения.

Громадная нагретая поверхность печи оставалась неиспользованной, а одна фарфоровая труба, хотя и раскаленная, как говорится в литературном источнике, должна была через свои стенки передавать тепло для целой

клиники. Результат, как и следовало, ожидать, был неудовлетворительный.

Далее воздушные системы с притоком наружного воздуха появляются в Англии, Франции, причем их огневые печи, уже и тогда называемые калориферами, имели подчас чрезвычайно сложную, хитро, но нерационально придуманную конструкцию с применением железных сферических поверхностей нагрева, разных циркуляционных трубок и других мало помогавших делу теплопередачи устройств.

Но во Франции в 1797 г. возник сконструированный Курандо вполне удовлетворительный калорифер, хотя его прообразом и был неудачный калорифер профессора Молитора с его единственной фарфоровой трубкой. Курандо проложил в огневом пространстве печи пучок трубок, и не фарфоровых, а медных, и не горизонтально, а наклонно. Получилась конструкция огневоздушного калорифера, и теперь применяемая. Такой системой Курандо вполне удачно отопил в 1797 г. фарфоровую фабрику в Париже. Гигиенический недостаток таких огневых с нагретыми воздушными трубками калориферов, состоящий в пригорании в трубках пыли, оседающей из воздуха, был осознан уже в конце XVIII века, когда в 1793 г. некий Джон Гойль взял патент на нагрев воздуха паровыми нагревательными приборами.

Несмотря на весьма широкое распространение в конце XVIII века во многих странах Европы (Россия, Австрия, Германия, Франция и Англия) воздушной системы отопления с притоком свежего воздуха и с распределением его с помощью каналов, строители этих систем не имели никакого представления не только об их расчете, но даже и об истинных явлениях, происходящих в них. Физические законы, на которых базируется воздушная система отопления, были впервые осознаны известным строителем таких систем германским профессором Майснером, который выпустил в 1821 г. книгу «Об отоплении согретым воздухом», повторенную им затем еще в двух изданиях. Но и он еще не нашел правильных способов расчета, что видно из того, что в своих книгах он рекомендует делать каналы сечением 22 «туфли» (понимая, очевидно, в 22 ступни). В другом месте он говорит, что «раньше я полагал, что длинные вертикальные каналы могут пропустить воздуха меньше, чем короткие, но затем на практике я убедился в обратном», теперь это знает каждый школьник.

Но в том же году, в котором вышла книга проф. Майснера, некий Вагенман из г. Берлина опубликовал способы расчета воздушных систем отопления, в которых сечение каналов рассчитывается уже по формуле, в которую входят и разность температур, и высота канала, и даже некоторая процентная скидка на потерю скорости из-за трения воздуха в канале.

В это время уже знали и применяли воздушную систему отопления с рециркуляцией одного и того же воздуха, но в то же время у многих специалистов этого дела очень твердо существовало ложное убеждение в том, что рециркуляционная система требует большего расхода топлива, нежели система, работающая на притоке наружного воздуха.

## **Паровая система отопления высокого давления**

В XVIII веке была изобретена в Англии паровая система отопления высокого давления, т.е. рабочее давление выше 0,5 атм. Ее история довольно богато освещена как в периодической, так и в специальной литературе того времени. Впервые она была предложена английским полковником Куком в 1745 г., но применена она была, видимо, впервые только лет 10 спустя для отопления теплиц, а в 1770 г. имеются указания на отопление этой системой фабричных зданий. В 1793 г., как уже упоминалось раньше, был взят патент на паровые калориферы высокого давления для воздушной системы отопления. В начале XIX века паровая система высокого давления стала применяться и в жилых зданиях, но в виде исключений.

В то время в этих системах конденсат уже собирался в сборный резервуар и перекачивался оттуда насосом обратно в котел. Но впуск конденсата в резервуар осуществлялся крайне примитивно - периодическим открыванием крана, заменявшего конденсационный горшок. Но уже в 1821 г. ручное открывание крана было заменено неким Фарнхамом поплавковым затвором, таким образом был изобретен прототип конденсационного горшка.

Первым, пытавшимся применить к расчету паровой системы научное обоснование, является в 1862 г. англичанин Тредгольд. Он же описывает устроенную в 1818 г. паровую систему, отапливавшую целую группу оранжерей из общей котельной, отстоявшей от наиболее удаленной оранжереи на 127 м.

В 1828 г. паровой системой высокого давления было отоплено крупное здание пражской биржи.

Наконец в 1830 г. появилась первая система парового отопления, использовавшая выхлопной пар паровой машины. Эту систему осуществил Альбан (в Германии, в г. Плау) на своем машиностроительном заводе.

### Водяная система низкого давления

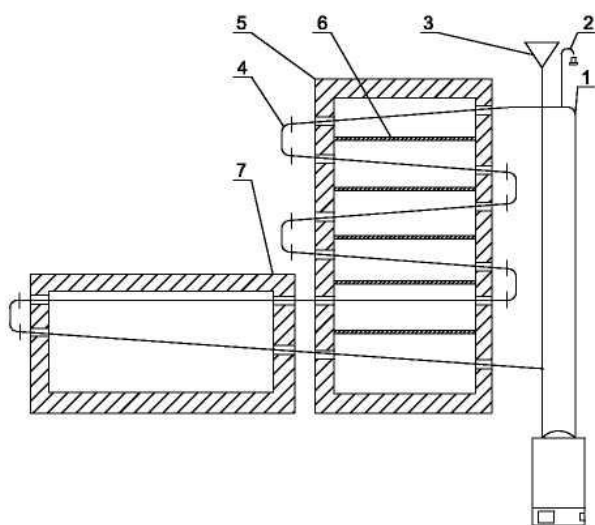


Рис. 3. Водяная система низкого давления Боннемена для обогрева инкубатора:  
 1 – подъемный стояк, 2 – воздушная трубка, 3 – воронкообразный расширительный сосуд, 4 – змеевик, обогревающий инкубатор, 5 – инкубатор, 6 – полки для яиц, 7 – отделение для цыплят.

Водяная система отопления низкого давления, т.е. открыто сообщающаяся с атмосферой через расширительный сосуд и с нагревом, таким образом, воды до температуры не выше 100 °С, была изобретена в 1777 г. парижанином инженером физиком Боннеменом. Масштаб этой системы был очень не велик, и применялась она сперва Боннеменом

только для обогрева инкубаторов для искусственной выводки из яиц цыплят.

Очень интересно, что при изобретении этой системы Боннемен продумал, сконструировал и осуществил большинство деталей, применяемых и сейчас, вплоть до автоматического регулятора притока воздуха в топку котла для регулирования степени нагрева в нем воды. Но интересно отметить также, что затем регулятор был забыт на целое столетие и возродился вновь лишь около 1890 г. Прошло со времени изобретения Боннеменом водяной системы отопления с гравитационной циркуляцией около 40 лет, прежде чем она стала применяться для отопления зданий. Началось это дело в Англии. В 1818 г. система Боннемена появилась в Германии, но опять начала там свое существование не в жилых и общественных зданиях, а в оранжереях и теплицах. До 1841 г. водяные системы отопления строились без всякого расчета. Но в 1841 г. англичанин Хууд приходит к правильным воззрениям на причины возникновения циркуляции воды в водяной системе, положившим конец до того долго длившимся самым несуразным спорам на эту тему. Таким образом, Хууд был первым теоретиком водяной системы отопления. Он уже констатирует факт, что скорости циркуляции воды пропорциональны квадратным корням из высот расположения нагревательных приборов над котлом.

Но громадное затруднение представляло конструирование и изготовление регулирующей и запорной арматуры. Долго это были простейшие пробочные конусные краны без сальников, весившие несколько килограммов при проходе в 32 мм и постоянно протекавшие.

### **Паровая система отопления низкого давления**

После водяной системы отопления появилась, значительно спустя, а именно в начале XIX века, паровая система отопления низкого давления. Причина такого запоздания лежит в том упорно державшемся предубеждении, что, при наличии в котле хотя бы незначительного давления выше атмосферного, нельзя заставить конденсационную воду самотеком возвращаться в котел. Но как только это предубеждение было разбито, - паровая система отопления низкого давления была сконструирована и, быстро развиваясь, стала вытеснять своей дешевизной и простотой паровую систему высокого давления, воздушную и даже водяную системы, так как гигиенические и технические преимущества водяной системы не были еще тогда достаточно осознаны и оценены.

### **Водяная система отопления высокого давления**

Последней по времени появилась водяная система отопления высокого давления, изобретенная и запатентованная англичанином Перкинсоном в 1831 г., когда он взял английский патент на «отопление зданий согретым воздухом» с помощью воды, находящейся под весьма значительным давлением, имеющей температуру выше 100 °С. Система Перкинса состояла из кольцевого трубопровода, в одной части которого он был согнут в змеевик и помещен в огневую топку, а в других частях тот же трубопровод, тоже согнутый в змеевики, служил теплоотдающими нагревательными приборами,



расположенными в отапливаемых помещениях выше огневой топки. Изобретение Перкинса, так же как и ранее изобретение Боннемена (водяная система), было настолько хорошо продумано автором в конструктивном отношении, что в течение больше полувека почти что нечего было улучшать в этой системе. В самом тексте патента мы читаем уже о муфтах с правой и левой резьбой, об уплотнении, при котором лезвие врезается в плоскость и пр. Так как система эта была замкнутая, т.е. не сообщавшаяся с атмосферой (в отличие от водяной системы низкого давления), то для восприятия усилия, происходящего от расширения нагреваемой воды, Перкинсом были применены закрытые с концов короткие отрезки трубок от вышеупомянутого кольцевого трубопровода, частично заполненные водой и частично воздухом. Этот последний сжимался при расширении воды и играл роль эластичных буферов.

Водяная система высокого давления тоже очень медленно проникала в жилые и общественные здания. Вначале она применялась благодаря возможности достигать очень высоких температур воды (например, 183 °С при давлении 10 ата по манометру) для различных промышленно-производственных целей, как, например, нагрева медных типографских досок, выпаривания сусли и др. Но зато далее эта система стала пользоваться большим успехом как отопительная. Она распространилась из Англии во Францию, Данию, Германию и другие страны и в 60-х годах XIX столетия была наиболее распространенной центральной системой отопления. Объясняется это тем, что, при всех очевидных ее недостатках по сравнению с системами водяной и паровой низкого давления, - она была значительно дешевле их, и только последующее удешевление последних, благодаря развитию соответствующих отраслей индустрии, постепенно вытеснило систему Перкинса из зданий жилых и общественных.

### **Районированное теплоснабжение**

Первая групповая система отопления (паром высокого давления) возникла в 1818 г. в Англии для нескольких оранжерей. Но полное и ясное сознание весьма больших технических и экономических выгод, проистекающих от укрупнения котельного хозяйства как для силовых, так и для отопительных нужд, раньше всего пробудилось в Соединенных Штатах Америки. Там, в г. Локпорт, в штате Нью-Йорк, уже в 1878 г. возникла первая районная теплоцентральный городского масштаба, снабжавшая по подземным трубопроводам своих абонентов паром.

Городок Локпорт насчитывал в то время всего лишь 20 тысяч жителей, и первоначальная длина паропроводов составляла 2 км. Далее такие мелкие районные теплоснабжающие станции стали возникать быстро, так как в американских городах были очень распространены мелкие электростанции, домовые и квартальные, оборудованные машинами в 150-500 кВт, работавшими на выхлоп. Этот отработавший пар и стал применяться для районного теплоснабжения. С развитием крупных электростанций положение изменилось. Чтобы парализовать мелкие электростанции, являвшиеся одновременно и теплоснабжающими центрами, этим новым крупным станциям

надо было предложить своим будущим абонентам не только электрическую, но и тепловую энергию, так как только в этом случае абоненты смогли бы упразднить у себя свои котельные.

Таким образом и возникли в Америке коммерческо-принудительным порядком крупные внутригородские теплоэлектроцентрали с протяжением подземных сетей в несколько десятков километров.

В дальнейшем, с переводом электростанций далеко за черты городов, непосредственно к местам нахождения угля и других видов природного топлива (и с возникновением транспорта электроэнергии на многие сотни километров), снабжение городов тепловой энергией от столь удаленных паросиловых станций стало невозможным. Это дало импульс, с одной стороны, к сооружению в городах Америки центральных мощных просто тепловых станций (паровых котельных), с другой стороны - к использованию котельных установок ликвидированных внутригородских электростанций для снабжения потребителей готовой тепловой энергией.

Но в то же время сам характер роста американских городов, при котором в кратчайший срок одновременно застраивались улицы и целые кварталы, давал возможность приспособлять систему районного теплоснабжения и род теплоносителя (горячая вода, пар) к потребностям потребителей. Этому делу также очень благоприятно содействовало принятое в Америке расчленение городов на зоны жилые, торгово-административные и промышленные. В первых обычно применяются водяные, а в двух последних - паровые системы теплоснабжения.

К 1934 г. в США и в Канаде имелось более 400 установок районного городского теплоснабжения, начиная от крупных городов, как Нью-Йорк, Чикаго, Детройт и др., до очень маленьких включительно, как, например, Брандон и Норд-Батлефорд в Канаде, с числом жителей всего от 5 до 10 тысяч человек.

Следующей передовой страной в области городского районного теплоснабжения была Германия. Там, в отличие от Америки, это дело взяли в руки городские муниципалитеты.

В Германии первая районная теплоснабжающая станция возникла в 1900 г. в городе Дрездене. Ее мощность была 15 гигакалорий в час, а теплоносителем был пар в 8 рабочих атмосфер, подававшийся на расстояние 1050 м к 12 потребителям. Вначале эта станция снабжала лишь правительственные здания и, как исключение, несколько попутно лежавших частных зданий. Теперь эта станция кардинально перестроена на водонасосную.

Начало возникновения в Германии городских районных теплоснабжающих систем с продажей тепловой энергии любому потребителю относится к 1921-22 гг., когда возникли установки в Берлине, Гамбурге, Киле и Бармене. Установки эти имеют теплоносителем частично горячую воду, частично пар, но все они возникали в связи с переоборудованием старых конденсационных электростанций в теплоэлектростанции.

В 30-х годах XX века большое число германских городов уже имеет установки районного теплоснабжения. Также во Франции, Англии, Австрии и в

других странах Европы городское районное теплоснабжение получило значительное развитие.

В СССР первые шаги в области городского теплоснабжения относятся к 1924 г. Теплоснабжение групп зданий одного хозяйства из общей котельной или даже теплоэлектростанции существовало у нас значительно раньше. Так например, сооруженная по инициативе проф. В.В. Дмитриева в 1913 г. пароводяная система отопления и вентиляции павильонной больницы им. Мечникова в Ленинграде (бывш. больница Петра Великого) работала сразу по ее сооружении от своей теплоэлектростанции на отработавшем паре паровой турбины электрогенератора.

Первый городской теплопровод был проложен в Ленинграде в 1924 г. от 3-й гос. электрической станции для снабжения горячей водой соседних бань в Казачьем переулке и для отопления верхнего (6-го) этажа одного, тоже рядом лежащего, жилого здания. В следующем году от той же ГЭС были отоплены корпуса больницы им. проф. Нечаева (бывш. Обуховская больница) по другую сторону Введенского канала.

Вот в самых кратких чертах тот долгий путь, по которому шло развитие дела отопления от угольной жаровни до мощных газифицированных теплоэлектростанций. Вначале примитивный бытовой прием, затем простое кустарное ремесло и, наконец, высокоразвитые на исследовательской базе наука и техника отопления и вентилирования и мощная специальная отопительно-вентиляционная индустрия.

Но и это, конечно, только этап на пути дальнейшего развития технического и научного искусства и творчества человеческого гения.

## Системы отопления в их историческом развитии

	Наименование системы	Теплоноситель	Изобретено		Первое доказательное выполнение	Наибольшее применение		Современные значение и применение
			Страна	Время		Страна	Время	
	Угольные жаровни	Лучистая энергия и горячие продукты сгорания	Неизвестна	Неизвестно	Эпоха древней Помпеи	Римская империя и ее колонии. Восток Азии	Несколько веков до нашей эры и после нее	Не применяется
	Хюпокаусты	Топочные газы	Римская империя	До нашей эры	Кальдариум римских терм и город Помпея (до нашей эры)	Римские колонии	Первые века нашей эры	Не применяется
	Подпольно-канальное отопление	Топочные газы	Римские колонии	Первые века нашей эры	Римские укрепления (Заальбург II век нашей эры)	Китай, Англия, Германия, Австрия	До середины XIX века	В единичных случаях
	Камнепечное отопление	Воздух	Германия	Ранние средние века	Орденский замок Марбург (XIII век)	Германия (рыцарские замки)	Средние века	Не применяется
	Печное отопление	Воздух	Неизвестна	Точно неизвестно (в XIII-XIV вв.)	Неизвестно	Во всех странах	До настоящего времени	Широкое применение, преобладающее во всех странах над другими методами
	Дымотрубное отопление	Топочные газы	Неизвестна	Неизвестно	Неизвестно	Германия, Англия, Франция	До начала XIX века	Не применяется
	Воздушное отопление (гравитационное)	Воздух	Германия	Средние века	Ратуша в г. Люнебург (XIII век)	Германия, Россия, Англия, Австрия	С 1820 г по 1870 г.	Применяется лишь в редких отдельных случаях
	Паровая высокого давления	Пар, давлением свыше 0,5 атм	Англия	Середина XVIII века	Фабрика Бультона и Ватта (Джеймс Ватт)	Англия, США, Германия	С 1800 г по 1870 г.	Применяется сравнительно редко для отопления очень больших помещений, главным образом промышленного назначения
	Водяная низкого давления	Вода ниже точки кипения	Франция	1777 г.	Торговые дома	Все европейские и	С последней	Огромное значение и все возрастающее

	(гравитационное)				в Лондоне, 1817 г.	американские страны	трети XIX века по настоящее время	применение
0	Паровая низкого давления	Пар, давлением ниже 0,5 атм	Англия	Конец XVIII века	Неизвестно	США, юг Германии, Австрия, Россия	С середины XIX века по настоящее время	Большое значение и широкое применение
1	Водяная высокого давления (гравитационное)	Вода выше точки кипения	Англия	1831 г.	Для нагревания медных пластин для гравюрной печати в Лондоне, 1831 г.	Англия, Дания, Германия, Австрия	С 1840 г по 1880 г.	Редкое применение: только для технических целей
2	Насосная	Вода	Германия	Конец XIX века	Неизвестно	Во всех странах	В настоящее время	Широчайшее, все расширяющееся применение для домовых и районных систем
3	Воздушно-вентиляторная	Воздух	США	Начало XX века	Неизвестно	Во всех странах	В настоящее время	Широкое применение для отопления главным образом больших производственных цехов и других помещений общественного характера

## 2. История развития теплоснабжения и теплофикации

### Техника отопления в древности

Возникновение отопительно-вентиляционной техники в ее наиболее примитивной форме уходит своими корнями в далекое прошлое, коща человек, овладевший искусством добывания огня, стал использовать его для приготовления пищи и согревания жилища.

Древнейшие искусственные постройки - жилища, обнаруженные археологами, относятся к средней ступени дикости. Такова, например, Костенковская стоянка (Воронежская обл.), Бологовская стоянка у Ладожского озера, Волосовская стоянка (у Мурома) и др.

Жилища этого периода представляли собой землянки, покрытые сверху жердями с последующей засыпкой кровли слоем земли. В центре землянки находился очаг в виде ямы, в которой разводился костер для согревания жилища и для варки пищи. Дым от костра выходил через отверстие, служившее одновременно входом в землянку. Через это же отверстие поступал наружный воздух, необходимый для горения костра и для вентиляции землянки.

В материалах археологических раскопок на месте бывших военных крепостей Римской империи на побережье Черного моря и даже в Средней Азии весьма характерные для древнего Рима и его колоний устройства огневоздушной подпольной системы отопления и вентиляции, известной под греческим названием «хюпокаустум» (снизу согретый). Детальное описание такой отопительной системы зданий было дано Витрувием в конце I в. до н. э.

Установки огневоздушного подпольного отопления обнаружены на месте древнего города Херсонеса (на берегу Черного моря, около Севастополя) и древнеримской крепости Хараз - в Средней Азии, под базарной площадью современного города Джамбул.

При раскопках в 1937 г. города Херсонеса найдены остатки стен и фундаменты бани, состоящие из предбанника с каменными сиденьями по стенам, с полом, мощенным тесанными плитами известняка, а также смежного помещения бани с гладко оштукатуренным полом и стенами. Ниже уровня пола в западном конце бани сохранилась печь из кирпичей и обломков черепицы. Дымовые газы от печи проходили сначала под полом бани, затем поднимались по внутристенным каналам и входили внутрь помещений. После про-топки печи по тому же направлению проходил наружный воздух и, согреваясь по пути, попадал в баню уже достаточно теплым, осуществляя тем самым отопление и вентиляцию помещений бани.

Жилища древнеславянских племен VIII-IX вв. представляли собой по большей части полуземлянки, соединенные подземными крытыми ходами. Надземная часть жилищ сооружалась из столбов и переплетенных прутьев или камыша с глиняной двухсторонней обмазкой. Очаги были глинобитные. Конструкция этих очагов в некоторых случаях имела куполообразную форму с отверстием вверху для отвода дыма из печи в помещение полуземлянки.

По свидетельству арабского географа Ибн-Русте (X в.) славянам Среднего Поднепрорья уже в то время был хорошо известен способ нагрева воды путем набрасывания в нее булыжника, раскаленного на своде печи-каменки, а также способ быстрого согревания помещений путем поливки раскаленного булыжника водой.

Раскопки 1940 г., производившиеся в районе Старой Ладogi, показали, что в данной местности древнерусское жилище GX-X вв. отапливалось «по-черному» печью-каменкой, которая складывалась без какого-либо связывающего раствора из «диких камней» (валунов и булыжника) в одном из задних углов избы. Изба рубилась из толстых бревен и имела обычную для нашего времени двухскатную кровлю.

Рубленая изба с печью-каменкой - на севере и полуземлянка с глинобитной печью - на юге являлись основным типом жилища горожан Древней Руси.

### **От курной до русской печи.**

Известно, что древнерусские боярские хоромы XVI-XVII вв. уже отапливались изразцовыми печами с дымоотводящими трубами и что верхние покои этих хором имели весьма оригинальное воздушное отопление, обслуживаемое от печей первого этажа. В Александровском Успенском соборе, построенном при Иване III в конце XV в., была установлена замечательная по своей архитектурной обработке печь, разобранная лишь в 1869 г. при капитальном ремонте храма.

Грановитая палата Московского кремля, построенная в 1487-1491 гг., была оборудована подпольно-воздушной системой отопления, просуществовавшей свыше столетия. Такую же систему отопления имели, по-видимому, и другие царские палаты. Один из современников этого периода, Самуил Маскевич, в своем дневнике за 1611 г. особо отмечает, что в каменном дворце Московского кремля печи устроены под землей с душниками для нагревания комнат.

В помещениях нижнего этажа ставились кирпичные или изразцовые печи с насадными трубами, которые проходили через помещения второго этажа деревянного здания и снабжались железным затвором (или вьюшкой) на чердаке или под потолком помещения верхнего этажа. Ниже этой вьюшки (на насадной трубе) устраивался «душник», который открывался после окончания топки печи.

Таким образом, помещение верхнего этажа отапливалось горячим воздухом, который подсасывался через неплотности топочной дверцы или через открытую дверцу у печи нижнего этажа и после прохода по дымооборотам печи поступал через насадную трубу и «душник» в помещение второго этажа. Нагрев помещения верхнего этажа происходил, конечно, и за счет теплоотдачи наружных стенок насадной трубы.

Насадные, или, так их в то время называли, «проводные» трубы в верхних этажах обычно покрывались снаружи причудливыми изразцами. В некоторых случаях, когда для отопления помещения верхнего этажа «проводной» трубы с «душником» было недостаточно, около трубы ставился дополнительно «комен» (камин) со своей «за крышкой железной».

Особо широкое распространение такое отопление верхних покоев получило в ХУЛ в.

Высоко развитой технике дворцовых построек противостояла техника отопления жилищ простого люда. Не только в XV в., но и значительно позже «курная», т.е. топящаяся по-черному, печь являлась основным отопительным прибором жилой избы. Как показывает само название, курная печь не допускала разведения в ней большого огня из-за опасности воспламенения деревянных строительных конструкций избы. Во время топки печи дым заполнял всю хату и выходил затем наружу через верхнюю часть приоткрытых дверей, а через нижнюю часть этих дверей в помещение поступал холодный воздух. Однако уже в XV в. для отвода дыма часто предусматривали специальное отверстие (10x15 см) в стене почти под самым потолком избы, что в значительной мере уменьшало задымленность избы во время топки печи. Это отверстие закрывалось изнутри заслоном, как и другие применявшиеся в старину «волоковые» окна избы.

Встречался и другой способ отвода дыма из избы - через отверстие непосредственно в потолке («верхник», «дыра»). Дым уходил сначала на чердак, а затем через неплотности кровли - наружу. Сама печь обычно сбивалась из глины или складывалась на глиняном растворе из камней.

Печь-каменка в жилой избе даже в XV в. встречается сравнительно редко. Тем не менее, она надолго сохранилась как отопительный прибор в народных русских банях. За многовековой период своего существования печь-каменка принимала различные конструктивные формы.

Так, например, в Новгородских банях устраивалась трехстенная печь-каменка из кирпичей с решетчатым кирпичным сводом, на который набрасывалась сверху груда «диких» камней. В расположенный под сводом топливник закладывались дрова и туда же бросались «дикие камни» (булыжник). Печь топилась «по-черному», т.е. с выходом дыма непосредственно в помещение бани. После протопки печи раскаленный в топливнике булыжник бросали в кадку с водой, вода нагревалась и использовалась для мытья в бане.

В своем описании путешествия в Московию Адам Олеарий говорит, что в 1634 г. в богатых частных домах в Москве можно было встретить бани, которые отапливались также печью-каменкой, но уже с отводом дыма непосредственно наружу. В помещение бани выходило от печи-каменки второе отверстие, закрываемое на время топки крышкой или глиной. После протопки печи и перекрытия отверстия для отвода дыма указанное отверстие внутрь бани открывалось и через него поливали водой раскаленные на своде печи «дикие камни». Пар выходил в баню через это же отверстие и согревал помещение бани.

Отвод дыма от курной печи осуществлялся также различно. Как упоминалось выше, наиболее простым и очевидно более ранним способом следует считать отвод дыма через входную дверь, которая открывалась во время топки печи. Затем для этой цели стали устраивать отверстие в стене или «верхник», т.е. четырехугольное отверстие в потолке избы. После окончания топки отверстие для отвода дыма закрывалось деревянной втулкой или мешком, набитым тряпками.

В конце XV в. над крышами некоторых изб уже появились деревянные трубы



«дымницы». Дымницы первоначально устанавливались лишь над отверстием в кровле для организованного удаления дыма из чердака, куда последний поступал через «верхник» или из сеней.

Позднее стали возводить деревянную трубу непосредственно над отверстием в потолке избы, причем, сама труба делалась из толстых «тесин» или чаще всего из «дупла», т.е. ствола гнилого дерева (осины), которое предварительно распиливалось вдоль, выдалбливалось и связывалось жгутами из ивовых прутьев.

Следующим этапом в усовершенствовании черной курной печи или, вернее, устройство для отвода от нее дыма было размещение «верхника» непосредственно над устьем печи с устройством также над устьем примитивного колпака, который соединялся с отверстием в потолке только на время топки печи. Так появилась печь «полубелок», упоминание о которой мы находим в некоторых документах XVI в. Печь-«полубелок» непосредственно предшествовала нашей обычной русской печи, которая в некоторых селах до сих пор называется «белой» печью. Она отличается от печи-«полубелка» лишь тем, что имеет сквозную трубу для отвода дыма непосредственно наружу из-под колпака над устьем печи. Первоначально труба перекрывалась кирпичами через отверстие, на чердаке. Сверх кирпичей насыпался песок для закрытия щелей. Сама труба от «белой» печи, как и прежняя «дымница», долгое время устраивалась из дерева, часто с обмазкой изнутри глиной. «Белая» печь появилась на Руси во всяком случае не позднее середины ХУЛ в.

Дымовая труба этой печи не всегда проходит вертикально через чердак. Иногда она во избежание выбрасывания искры «заламывается» на чердаке, т.е. переходит в горизонтальный «лежак», а затем уже выводится стояком наружу.

Еще задолго до появления «белой» русской печи зажиточные горожане отапливали так называемую чистую половину своей избы обычной курной печью, топка которой была выведена через стену в смежное помещение сеней или кухни. Этим избегалось задымление и излишнее охлаждение парадных покоев во время топки курной печи. Такой прием установки печей в проеме деревянной стены сохранился и после того, как печь стала топиться «по-белому», т.е. с отводом дыма через трубу.

### **Мастеровые люди и школы**

В период создания централизованного Русского государства и вплоть до второй половины XVII в. гончарские концы больших русских городов и в первую очередь Москвы являлись основными центрами развития русского печного искусства. Здесь зарождались новые конструкции и новые архитектурные формы отопительных печей, здесь изготавливались многокрасочные поливные художественные изразцы для облицовки печей, здесь изготавливался печной кирпич и печной прибор. Здесь же подготавливались и высококвалифицированные печных дел мастера и «ценинные мастера большой руки» - специалисты по технике изготовления мурамленных и ценинных изразцов.

Сложный комплекс работ гончарской слободы требовал специализации по отдельным профессиям.

В рассматриваемый период отопительные изразцовые печи были еще предметом роскоши и украшения богато отделанных, преимущественно дворцовых помещений. В домах даже зажиточных горожан их можно было встретить сравнительно редко. В частности сохранившихся, далеко не полных записях дворцового строительного дела за первую половину ХУЛ в. упоминается имя «печника ценинных печей» Мартына Васильева, который в 1616 г. делал ценинные печи в покоях царицы Марии Владимировны и в других зданиях царских дворцов.

В тех же записях за 1624 и 1625 гг. многократно упоминается староста гончарной слободы Ермолка Иванов, который поставлял для московских дворцов глину, кирпич, печные изразцы, печные железные связи, заслоны и кочерги, а также брал подряд на кладку и ремонт изразцовых печей в дворцовых палатах.

В 1625 г. возглавляемая Ермолкой Ивановым артель по устройству печей в дворцовых светлицах для мастериц состояла из самого Иванова, пяти печников и шести ярыг. Очевидно, Иванов также работал в качестве печника, имея при себе, как и другие печники, одного помощника - ярыгу.

Позднее в числе крупных мастеров Московской гончарной слободы мы встречаем имя «мурамленника» (ценинных дел мастера) иноземца Евермера Орнольд (1631 г.). К периоду его работы здесь относится и введение иностранного термина «кафель» (изразец).

### **Памятники древнерусской техники**

Никто не оставил нам хотя бы краткого описания конструкции изразцовых печей XV-XV|| вв. Даже в Дворцовых записках строительного дела мы находим лишь лаконичные указания:

... «а у печей тех нутры сделать, как ведетца в государевых хоромех»,  
или:

...«и все то дело сделать, как ведетца порядком!».

Судя по сохранившимся зарисовкам и снимкам, печи XVI-XVII вв. имели топливник с глухим подом, высоко (до 1 м) приподнятым над уровнем пола, и снабжались «душниками» для нагревания комнатного (а возможно и забираемого снаружи) воздуха.

Известно также, что некоторые, очевидно особо массивные, печи устраивались «двоечельные», т.е. с двумя отдельными топками, что каждая печь была снабжена железной массивной вьюшкой или железным заслоном и что кладка печи по периметру имела кованые железные связи.

Отрывочные сведения из описи дворцов того времени заставляют думать, что дымообороты, а также и трубы некоторых отопительных печей ХУЛ в. имели весьма значительные размеры для удобства очистки от сажи. Такие печи (например, в теплом храме Измайловского дворца постройки 1665-1669 гг.) были снабжены «от воровского люда» железным затвором и «вислым замком большой руки» или же «нутренным замком в наличном устье печи».

### **Возникновение промышленного производства материалов для**

### **печного отопления**

В 1709 г. в России появились первые десять изразцовых так называемых «шведских» печей, изготовленных по именному указу Петра I. Производство более дешевых поливных изразцов (гладкие белые, а по ним травы синей краской) было сосредоточено сначала лишь в Н. Иерусалимском монастыре, а затем перешло на московскую частную фабрику «трубочных и ценинных дел» купца А. Гребенщикова.

В то время фабрика купца Гребенщикова уже не была единственной, специально занимающейся производством изделий для печного отопления, по свидетельству Василия Рубана, около Петербурга также находился «завод, где образцы печные писанные и всякие урны или горшки муравленые... и прочую муравленую посуду делают».

Около Петербурга еще при Петре I было широко развито заводское кирпичное производство, а Тульский завод уже продавал стальные и чугунные нетеплоемкие печи, стальные вьюшки и другие металлические изделия для комнатных печей.

Таким образом, существовавшее ранее кустарное производство всех основных материалов и изделий для печного отопления в начале ХУЛ в. уступило место производству фабрично-заводскому, что свидетельствует о резком росте выпуска продукции и о возросшем спросе на материалы для данной отрасли техники.

Указом от 20/VI 1718 г. Петр I начинает решительную борьбу против постройки в Петербурге черных изб и курных печей или печей с деревянными трубами. В этом указе предлагается: «такие печи и черные избы... ломать, и черных бы изб на дворах отнюдь не было».

Через 4 года (10/XII 1722 г.) аналогичный указ выдается Петром I и по Москве.

Любопытно, что, начиная с 1714 г., все печи в обязательном порядке снабжались такими дымовыми трубами, в которые «могли бы входить люди и чистить их пожарного ради случая». Только в 1722 г. был издан указ, позволяющий «в малых строениях делать трубы по пропорции строения».

Указом от 29 апреля 1721 г. в Петербурге вводится обязательная ежемесячная чистка всех дымовых труб, которых (по данным 1720 г.) во всем Петербурге, не считая Васильевского острова, оказалось: 12 труб в трехэтажных домах, 210 - в двухэтажных и 8752 - в одноэтажных домах, а «сего, следовательно, 8974 трубы».

Для чистки всех этих труб создается специальный штат из 30 трубочистов и одного мастера с подмастерьем. За чистку каждой трубы с обывателей взималась особая плата.

В июле 1722 г. вводится обязательная чистка труб в Москве (4 раза в год) под руководством присланных сюда из Петербурга двух печных подмастерьев, а в сентябре 1728 г. дается аналогичный наказ губернаторам и воеводам по всем городам России.

За невыполнение правил по чистке труб и нарушение других противопожарных мероприятий при Петре I взимался с обывателей штраф.

«Дабы люди могли знать, каким образом потолки с глиною и печи делать», Петр I, кроме опубликования детальной инструкции, распорядился в 1722 г. выстроить в Москве «в Пристойном месте образцовую избу и того смотреть, дабы делали по тому образцу».

Значительно ранее этого были построены образцовые мазанки и в Петербурге, по их образцу «всем прочим жителям строить повелено, о чем и печатными указами подтверждено накрепко было апреля 4 дня 1714 года».

### **Русские конструкции отопительно-вентиляционных устройств XVIII в.**

В XVIII в. русская отопительная техника далеко продвинулась вперед и создала свои совершенно оригинальные конструкции комнатных отопительных «дрова сберегающих» печей.

Начиная с 1736 г., в Петербурге получила широкое распространение печь с горизонтальными дымооборотами, заменившая собой в домах горожан прежний тип примитивной печи, известной под названием «огненного ящика».

Русские мастеровые люди заимствовали из конструкции голландской печи лишь то небольшое, что могло быть разумно использовано для создания своей оригинальной печи, более теплее и более совершенной не только с теплотехнической, но и санитарно-гигиенической точки зрения.

Эта созданная нашими мастерами печь, выложенная «змеевиком», проникла с течением времени и в русскую деревню.

Приблизительно с 1742 г. в Петербурге и несколько позднее в Москве и других городах стала применяться отопительная печь «колодцами», т.е. с вертикальными последовательными дымооборотами, успешно конкурировавшая с печью, выложенной «змеевиком». К этому времени уже было замечено, что печь «змеевиком» обладает двумя существенными недостатками: появление горизонтальных трещин в кладке наружных стенок печи и скопление сажи в горизонтальных участках дымооборотов.

### **Русское и иноземное**

Чисто голландские печи, ввезенные в Россию Петром I, являлись зачастую лишь предметами внутренней отделки дворцовых помещений, а не отопительными приборами. Так, например, исключительно для украшения помещений были поставлены голландские изразцовые печи во дворце Петра I в Летнем саду в Петербурге; печи эти снабжены бутафорскими, из дубовых досок, дымовыми трубами, облицованными лишь снаружи кирпичом, а для отопления здесь служили камины, кухонный очаг и русская печь с насадными кирпичными трубами.

Те печи, которые действительно были использованы для отопления помещений (например, в Каменном дворце Меншикова в Петербурге), представляют собой лишь неудачную попытку голландских мастеров увеличить применительно к нашему климату теплостойкость этих печей путем чрезмерного утолщения наружных стенок за счет уменьшения размеров и числа дымооборотов

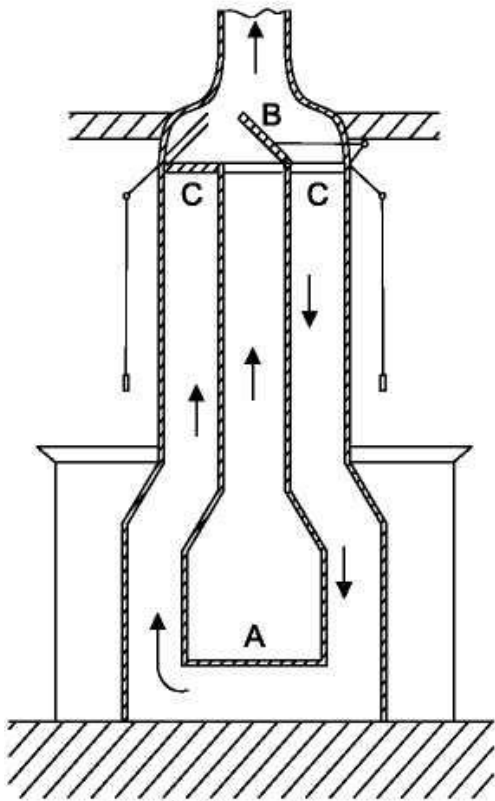


Рис. 2. «Русский камин», распространенный во Франции в XVIII в.

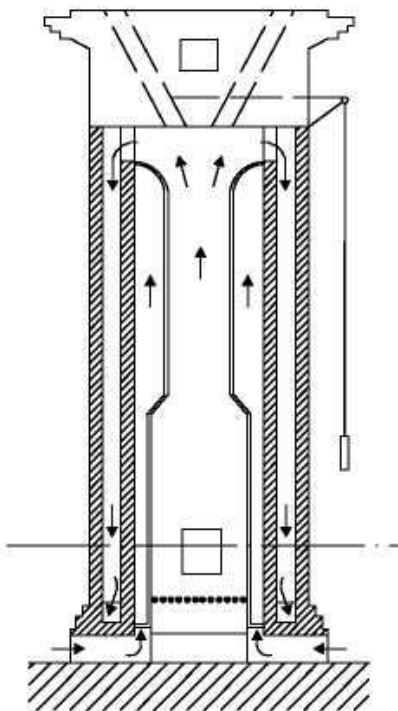


Рис. 3. Русская печь.

печи. В результате такой «модернизации» получились печи, у которых наружные теплоотдающие поверхности прогревались до высшей температуры (около 85 °С) лишь через 35-40 часов после топки. Эффективность теплоотдачи печи несколько повышалась лишь благодаря наличию дополнительных внутренних воздушных каналов, сообщающихся внизу с наружным (или комнатным) воздухом, а вверху (через специальные душники) - с отопляемым помещением. В часы топки печи нагрев проходящего по этим каналам воздуха достигался пропуском воздуха через регистр чугунных труб, расположенных друг над другом, обычно в три ряда, непосредственно в топливнике печи и омываемых снаружи пламенем горящего в печи топлива. Топливник печи - глухой, высотой около 0,8 м; дымообороты - горизонтальные («змеевиком»), переходящие в отдельных случаях в вертикально-последовательные; форма печи в плане - чаще всего прямоугольная, иногда треугольная.

Камино-печь (рис. 2.) снабжена переключательными клапанами, благодаря чему она может топиться по одному из следующих двух способов: при открытом клапане В дымовые газы отводятся через этот клапан из топливника А непосредственно в дымовую трубу, как это указано на чертеже; если клапан В и связанный с ним одним шарниром правый клапан С закрыты, а открыт лишь левый клапан С и правое боковое отверстие вверху первого подъемного канала, то дымовые газы из топливника А будут поступать сначала в правый боковой канал, затем омывать топливник снизу и уже по левому боковому каналу уходить в дымовую трубу.

Массивная кирпичная печь (рис. 3) также имеет обходной канал, по которому дымовые газы могут непосредственно из топливника, минуя дымообороты, уходить в дымовую трубу; если этот обходной канал перекрыть задвижкой и открыть задвижку вверху печи, то дымовые газы будут проходить развитую сеть дымооборотов, как это показано на чертеже стрелками. Схема

дымооборотов параллельно-последовательная: по двум каналам, расположенным ближе к фронту печи, газы одновременно поднимаются вверх, входят в короткий горизонтальный сборный канал и из него в дымовую трубу.

Печь снабжена циркуляционными воздушными каналами, весьма удачно размещенными вокруг выполненных из клинкера стенок топливника и первого подъемного дымового канала. Топливник печи имеет колосниковую решетку и поддувало, выведенное в отапливаемое помещение.

### **Прогресс техники огневоздушного и печного отопления в России в XIX и начале XX в.**

В XIX в. в связи с развитием многоэтажного городского каменного строительства четко выявилась как в России, так и за границей тенденция к замене печного отопления зданий отоплением централизованным.

Зачатки подобных систем можно встретить в России еще в ХУЛ в. в виде оригинальных установок воздушного («духового») отопления помещений второго этажа при помощи «проводных труб» от печей, расположенных в первом этаже боярских домов.

В конце XVТТТ в. получили некоторую известность также «воздушные печи и каминны», изобретенные нашим соотечественником Н.Львовым.

В 1799 г. Н.Львов опубликовал вторую часть своего оригинального сочинения «Русская пиростатика», в котором он весьма подробно говорит о новых «духовых печах, верхние или соседственные комнаты нагревающих». Печи эти отличались от его же, Львова, «воздушных» печей только наличием длинной трубки (диаметром около 1"), которая одним концом сообщалась с наружным воздухом, затем переходила в спираль, расположенную в огневом пространстве топливника обычной комнатной печи, и заканчивалась вторым открытым концом в соседней или выше расположенной комнате.

По-видимому, количество воздуха, проходившего через указанную трубку, было настолько мало, что тепловой эффект от подобного устройства был недостаточным, несмотря на высокую (70-80°) температуру воздуха, выходящего из трубки. По этой причине «духовые печи» Н.Львова не получили сколько-нибудь заметного распространения.

В 20-х годах XIX в. в России появилась огневоздушная печь Уттермарка, которая с поразительной быстротой завоевала всеобщее признание. Эта печь выкладывалась в металлическом круглом футляре и имела глухой под и последовательные дымообороты. Сильный нагрев и интенсивная циркуляция комнатного воздуха осуществлялась через центральный (металлический) канал, отделенный от топливника печи лишь листом полукотельного железа; комнатный воздух попадал в канал через небольшие круглые отверстия, предусмотренные по периметру печи над топливником, а выходил через открытый (или дополненный каким-либо украшением, например, в виде вазы) верхний конец центрального канала над печью. Увлечение печью Уттермарка было настолько велико, что к середине прошлого века она почти вытеснила комнатные печи иных конструкций в Москве, Петербурге и других крупных городах России, но затем также быстро

была повсеместно отвергнута по санитарно-гигиеническим соображениям, так как давала слишком интенсивное пригорание пыли на раскаленных поверхностях циркуляционного канала. С печью Уттермарка случилось то же, что и с пресловутыми «голландскими» и «шведскими» печами: современная так называемая «уттермарковская» печь сохранила от оригинальной печи Уттермарка лишь наружный железный кожух.

Совершенно иное следует сказать о так называемом «духовом» отоплении, образцы которого в России мы находим еще в XV в. (отопление палат Московского кремля) и в несколько видоизмененной форме в теремах ХУЛ в. По свидетельству Н.Львова (1799 г.), в его время в России существовало сравнительно большое количество именно таких систем огневоздушного отопления с «глухими» душниками, в которых происходило встречное движение воздуха: комнатного, опускающегося по каналу вниз, и нагретого в огневом кирпичном калорифере воздуха, поднимающегося по тому же каналу вверх, в отапливаемое помещение.

К заслугам Н.Львова следует отнести то, что он в 1799 г. не только отметил недостатки воздушного отопления с «глухими» душниками, но и указал способ улучшения работы «духовых» печей. «К исправлению сих печей, - говорит Н.Львов, - есть весьма легкое средство. Надобно только в душник провести холодный воздух трубою, тогда он стоячее тепло погонит из душника в комнату и как бы не был холоден, обращаясь несколько раз около теплых стен, будет и сам в верхний покой выходить теплый».

Идея и опыт Н.Львова и проф. Мейснера были восприняты Н. Аммосовым, который в 1853 г. получил привилегию на «пневматические» печи своей конструкции, а в 1841 г. дал описание этих печей в специальной брошюре. Несколько ранее в «Библиотеке для чтения» (сентябрь, 1837 г.) инж. Дестрем поместил благоприятный отзыв о «пневматических» печах Аммосова в связи с испытанием действия этих печей в Петербургском институте инженеров путей сообщения. Благодаря своему изобретению генерал Аммосов приобрел всеобщую известность.

Быстрому распространению печей Аммосова безусловно способствовала установка их в петербургском Зимнем дворце.

По утверждению Аммосова, «одна пневматическая печь, смотря по величине своей и удобству размещения жилья, может нагревать от 100 до 600 куб. сажень вместимости, заменяя собой от 5 до 30 голландских печей» при подаче в отапливаемые помещения воздуха с температурой не выше 80° Реомюра (100 °С - прим. ред.).

За сравнительно короткое время (с 1835 по 1841 г.) Аммосов оборудовал своей системой отопления свыше 100 крупных зданий в Петербурге, Москве, Воронеже, Александрове, Торжке, Выборге, Брест-Литовске и других городах России, установив в общей сложности свыше 420 «больших и малых пневматических печей».

К недостаткам калориферов Аммосова следует отнести слишком сильный нагрев стальных труб, вследствие чего происходит интенсивное пригорание пыли,

содержащейся в воздухе, при протекании последнего через калорифер.

Таким образом, калориферы Аммосова были причиной порчи в зданиях Эрмитажа в Петербурге художественной росписи стен, потолков и ценных музейных экспонатов, покрывшихся густым слоем сажи. Это вызвало необходимость реставрации многих картин и выполнения заново росписи стен, причем огневоздушное отопление было заменено (1912 г.) отоплением водяным.

В целях устранения недостатков печей системы Аммосова, а также для того чтобы сделать отопительное оборудование более теплее (для топки системы со значительными перерывами), в середине и во второй половине XIX в. было предложено очень много новых конструкций кирпичных калориферов. Пневматическое отопление, которое сейчас принято называть воздушным отоплением с огневыми калориферами, широко применялось в России почти до конца XIX в. Этой системе отопления всегда оказывалось предпочтение даже по сравнению с отоплением водяным. Так, например, по объявленному в 1860 г. первому в России конкурсу на отопление и вентиляцию типового здания госпиталя был одобрен проект «пневматического» отопления, разработанный инж. Дершау, несмотря на то, что русским техникам уже хорошо была известна возможность применения для госпиталей систем водяного отопления.

### **Освоение новых видов теплоносителей**

Первая половина XIX в. во всех странах, в том числе и в России, была насыщена творческими исканиями конструктивного решения централизованных систем отопления и вентиляции с применением новых теплоносителей - горячей воды и пара.

В конце XVIII в. Сларк в Англии и, независимо от него Н.Львов в России, успешно применили пар для приготовления пищи.

В 1802 г. «Петербургские ведомости» опубликовали статью В.Крафта «О хозяйственном употреблении паров кипящей воды», в которой автор ознакомил своих читателей с возможностью использования пара для обогрева зданий, для нагревания воды и варки пищи, для обогрева грунта в теплицах и садах и даже для передвижения речных судов.

В том же 1802 г. Императорское вольное экономическое общество опубликовало в своих «Записях» статью А.Нартова «О новом роде топления парами кипящей воды».

А.Нартов впервые в русской литературе дает краткий исторический обзор развития парового отопления в Западной Европе и впервые же приводит описание схемы системы парового отопления; присваивая отдельным элементам данной системы русское наименование, А.Нартов говорит:

«Назовем тот сосуд, в котором вода через кипячение приводится в пары - паровым котлом. Отвесную трубу, выходящую из верхней части котла и проводящую пар в горизонтальные трубы, назовем мы первым проводником, или первым кондуктором; сии горизонтальные трубы назовем проводниками, или кондукторами, а малые трубы, из сих горизонтальных проводников отвесно вниз выходящие и провожающие пар в разгоряченную важность, - паровыми трубами»...



А.Нартов, к сожалению, совершенно не указывает, применялось ли до того времени паровое отопление у нас в России. Известно лишь, что в 1816 г. уже существовала обогреваемая паром теплица графа Д.А. Зубова в Петербурге.

Эта паровая теплица (длиной 16 м и шириной 6 м) обслуживалась от установленного в центре помещения парового обмурованного медного котла, изготовленного «по самой простой методе», так что «каждый медник в состоянии его сделать».

«От котла в обе стороны проведены горизонтально две медные трубки в палец толщины и имеющие во всю длину проколотые по бокам дырочки, в ящики или плотно сделанные и уконопаченные парники, из коих каждый в 3 саж. длины. На дно сих ящиков налита на два вершка вода, которая нагревается парами, выходящими из вышесказанных трубочек... на два вершка от горизонта воды насланы поперек доски с наверхченными круглыми дырочками и покрыты метлами в три ряда. На них уже насыпана хорошая садовая земля в пол-аршина толщины, в которую и посажены ананасы»...

Мы не располагаем абсолютно точными данными о том, когда была осуществлена в России первая установка водяного отопления. Однако на страницах журнала Главного управления Министерства путей сообщения и общественных зданий за 1861 г. можно прочесть следующие строки:

«Замечательно, что еще в 1834 годе горным инженером Петром Григорьевичем Соболевским сделано было несколько весьма удачных устройств водяного отопления, но со смертью его в 1841 годе полезное дело это, к сожалению, осталось без всякого развития. Хотя впоследствии заводчик Нобель и пытался устроить в Санкт-Петербурге водяное отопление, но оно не удалось».

Неизвестно, были ли установки 1834 г. первыми в России, а также, где и какие именно системы водяного отопления осуществил в 1834 г. наш выдающийся ученый, чл.-корр. Академии наук и пионер платиновой промышленности Петр Григорьевич Соболевский.

Едва ли это была система водяного отопления высокого давления, изобретенная Перкинсом в 1832 г. в Англии, так как система Перкинса сравнительно долгое время не находила применения. Более вероятно, что П.Г.Соболевский был пионером по устройству в России гравитационной системы водяного отопления низкого давления с открытым расширительным сосудом.

Если учесть, что до выхода в свет в 1837 г. книги Чарльза Хууда (Практическое руководство по отоплению зданий горячей водой, Лондон, 1837) вся литература по технике водяного отопления сводилась лишь к журнальным заметкам и брошюрам описательного характера, без каких-либо теоретических соображений по расчету этих установок, то работы 1834 г. П.Г. Соболевского заслуживают особого внимания. Надо полагать, что П.Г. Соболевский не мог довольствоваться слепым копированием известных ему образцов, а, как и во всех своих работах по другим отраслям техники, вероятно, пытался дать теоретические основы расчета систем водяного отопления, осуществленных им еще до появления в свет книги Ч.Хууда.

Было бы ошибкой считать, что Россия является единственной страной, где

первые опыты применения водяного отопления были оставлены без должного внимания.

В значительно худшем положении находится, например, Германия, где, несмотря на все усилия исследователей, до сих пор даже приблизительно не установлена дата осуществления первых установок этого рода.

Во всяком случае, в справочной книге Heidelein'a, вышедшей в 1827 г. в Штутгарте, рассматриваются лишь камины, печи, воздушное и паровое отопление, но ни одним словом не упоминается об отоплении водяном, которое, очевидно, еще не нашло в то время применения в Германии.

В 1844 г. горячая вода впервые в России была применена для централизованного нагрева воздуха водо-воздушной системы отопления и вентиляции двух больших зал объемом до 3000 м<sup>3</sup> в здании Петербургской академии художеств.

Строители данной системы - Корпуса горных инженеров полковник Фуллон и архитектор Щедрин назвали свой водяной калорифер «снарядом для нагревания жилых помещений посредством кипящей воды».

«Снаряд» имел в длину 6 м, в ширину 4 м и в высоту 2,3 м и состоял из стального подковообразного котла весом 780 кг, чугунного с продольными ребрами калорифера общим весом около 5 т и расширительного сосуда, снабженного переливной трубкой, открытый конец которой расположен над «ушатом» в зольнике котла.

Наполнение системы водой производилось вручную, через расширительный сосуд. Краник на магистральном горячем трубопроводе служил для выпуска воздуха.

По указанию строителей, «к лицевой стороне котла можно приделать градусник», которого очевидно в натуре установлено не было.

Интересно, что расширительный сосуд был присоединен не к горячей, а к обратной магистрали. Это опровергает весьма распространенное сейчас мнение, будто бы подобная схема присоединения расширительного сосуда появилась лишь в результате применения насосов с большими напорами для усиления циркуляции воды в системе водяного отопления.

Вся система водо-воздушного отопления подверглась весьма тщательному испытанию, длившемуся непрерывно с 31/XII 1844 г. по 3/I 1845 г. Эффект действия системы вполне удовлетворил строителей: при наружной температуре около -20°R (-25 °C - прим, ред.) внутри отапливаемых помещений поддерживалась температура до +12 °R (+15 °C - прим, ред.).

Неизвестно, долго ли существовало водо-воздушное отопление в здании Академии художеств. Вероятнее всего, об этом отоплении скоро совершенно забыли. В нашей технической литературе за 1870 г. имеется указание на то, что «впервые в России» водо-воздушное отопление было устроено инж. Флавицким лишь в 1864 г. в Александровской больнице в Петербурге. Надо полагать, что, начиная с 1864 г., водяные, а также и паровые калориферы уже нашли в России достаточно широкое применение как для воздушного отопления, так и для вентиляции зданий.

Осуществляя первые опытные установки систем центрального водяного, парового и комбинированного отопления, русские инженеры весьма внимательно следили за развитием этой отрасли техники в других странах, тщательно изучая не только литературу, но и наиболее удачные заграничные образцы отопительных устройств непосредственно в Лондоне, Париже и других городах Западной Европы. На страницах русских журналов первой половины XIX в. можно найти весьма подробное описание и чертежи крупнейших зарубежных отопительных установок с трезвой оценкой их недостатков.

Недостатки эти были настолько существенны, что многие русские и иностранные техники вообще сомневались в целесообразности применения новых видов систем отопления, обогреваемых водой или паром. Так, например, в одном из русских технических журналов за 1838 г. инж. Дестрем отмечает, что отопление горячей водой и паром должно рассматриваться как предмет роскоши и сопряжено с многими неудобствами, а потому «никогда не может войти в общее употребление».

В 1846 г. инж. Шарнгорстром пишет, что трубы, проводящие горячую воду или пар, иногда издают неприятный запах и, «будучи проложены по комнатам, представляют безобразный вид»... Даже в 1860 г. на страницах журнала Министерства путей сообщения и общественных зданий можно прочесть, что нагревательные приборы с водой или паром «многосложны» и дороги. «Котлы, конденсаторы, расширительные снаряды и металлические проводники требуют особенно тщательной выделки и искусных приемов, если они должны удовлетворять предположенной цели продолжительное время и действовать с безопасностью. Теплота совершает в этой печи четыре перехода, прежде чем произвести полезное действие».

### **Пути развития отопительной техники**

Одновременно с изучением заграничного опыта по устройству систем центрального отопления и детальным описанием этих систем на страницах отечественных журналов русские техники осуществляли также отдельные установки, внося в иностранные образцы зачастую весьма существенные конструктивные изменения, улучшающие работу отопительного оборудования.

До нас дошли лишь отрывочные, далеко не полные сведения об установках этого периода. Известно, например, что в середине XIX в. было осуществлено водяное отопление высокого давления по видоизмененной системе Перкинса в одном из флигелей Петербургского технологического института. Эта установка почти в первоначальном своем виде сохранилась вплоть до 1930 г., когда была разобрана заводом «Гидравлика» в связи с переоборудованием отопления во всех корпусах Института.

Система отопления, запатентованная Перкинсом в 1831 г., состояла из трубки в 1" наружного и 1/2" внутреннего диаметра, со всех сторон замкнутой и наполненной водой. Прибор не имел котла, а вместо него часть труб свертывалась в бухту и складывалась в нагревательной печи. Такой же свернутой в бухту трубой отапливалось каждое помещение.

Циркулирующая в системе высокого давления вода нагревалась до температуры 260-300 °С.

Испытание системы производилось гидравлическим давлением на 150-200 ат, рабочее же давление колебалось обычно от 45 до 70 ат.

Водяное отопление среднего давления эксплуатировалось обычно при давлении до 8 ат (175 °С).

По современной классификации система Перкинса (1831 г.) должна быть отнесена к вертикально-проточной схеме однотрубной системы водяного отопления высокого давления.

Вариант этой системы, нашедшей применение в России в середине XIX в., отличается тем, что отопительные приборы каждого этажа выделены в самостоятельные циркуляционные кольца, чем, очевидно, достигался более равномерный прогрев приборов различных этажей. Кроме того, часть приборов присоединена к трубопроводам уже по горизонтально-однотрубно-проточной схеме.

В 1855 г. системой водяного отопления высокого давления было оборудовано здание Николаевского сиротского института в Петербурге. В отличие от системы Перкинса, в этой системе вместо «нагревательных спиралей» помещения отапливались гладкими трубами от четырех отдельных тепловых центров. Гладкие трубы были проложены у пола по периметру наружных стен здания. По свидетельству инж. Флавицкого, эта система отлично работала и в 1865 г., потребовав за 10 лет эксплуатации лишь мелкого ремонта кирпичной кладки у очагов.

Сохранились определенные указания на применение в России и водяного отопления системы Дювуара, но также в видоизмененном варианте. В отличие от оригинала эта система строилась в России также повышенного давления. Схема сети горизонтально-однотрубно-проточная с нагревательными приборами в виде цилиндрических печей, со сквозным внутренним каналом для увеличения теплоотдающей поверхности прибора.

Из общеизвестных в середине XIX в. в Западной Европе и в России типов отопительных котлов, в конечном итоге наиболее жизненным оказался лишь горизонтальный цилиндрический котел с одной жаровой трубой.

В 1863 г. впервые в России были применены в качестве нагревательных приборов ребристые трубы при оборудовании водяным отоплением (повышенного давления с горизонтально-цепочечной разводкой сети) вновь выстроенного при Академии художеств здания мозаической мастерской в Петербурге.

Инж. Войницкий упоминает между прочим, что к 1869 г. системой водяного отопления высокого давления частично отапливался один из флигелей Петербургского клинического госпиталя, а по сведениям 1873 г. такая же система отопления уже действовала в здании Государственной комиссии погашения долгов в библиотеке Главного инженерного управления, в доме Палиссена и других зданиях Петербурга.

Однако недостатки водяного отопления высокого и среднего давления в гигиеническом отношении были настолько очевидны, что увлечение данной

системой, объясняемое, главным образом, ее дешевизной и удобством монтажа трубопроводов малого диаметра, прошло сравнительно быстро.

Уже в 1867 г. в результате проведения закрытого конкурса на проект и выполнение работ по оборудованию отоплением новой Петербургской детской больницы отдается предпочтение проекту Сан-Галли, который обязался устроить водяное отопление низкого давления в главном и контагиозном корпусах больницы с соединительной галереей, общим строительным объемом 90000 м<sup>3</sup>.

Проект отопления был готов к лету 1867 г. до начала кладки стен, а в 1869 г. все отопление уже было пущено в эксплуатацию. Схема сети отопления принята горизонтальная однотрубноцепочечная с открытой прокладкой трубопроводов (диаметром от 2" до 4") вдоль наружных стен; нагревательные приборы (ребристые горизонтальные и вертикальные трубы) закрыты щитами из листовой стали. В последующие 10 лет аналогичные системы водяного отопления низкого давления были осуществлены заводчиком Сан-Галли в одном из корпусов Елизаветинской больницы, в конторе завода и собственном особняке (с зимним садом) заводчика, в одном из деревянных барачков при Рождественской больнице и в других общественных и частных заведениях Петербурга.

Из работ Сан-Галли того же периода в провинциальных городах особо отмечались в печати: отопительное оборудование (водяное горизонтально-однотрубное низкого давления) в комфортабельном доме купца Рукавишника и в громадном пятиэтажном доме (длиной по фасаду свыше 150 м) купца Блинова в Нижнем Новгороде.

Вторая крупная организация, Петербургский металлический завод, директором которого с 1867 г. по 1892 г. был известный инж. О.Е.Крель, также достаточно широко принимала участие в устройстве систем водяного отопления по различным городам России. Сохранились сведения, что за 25 лет своей работы на заводе О.Е.Крель выполнил в России «280 установок центральных отоплений и вентиляций всевозможных зданий на 40 000 000 ккал/час».

Таким образом, водяное отопление низкого давления, начиная с 1868 г., уже успешно конкурирует с водяным отоплением высокого давления.

В русских технических журналах все чаще стали появляться статьи, особо отмечающие, что «отопление водой, начинающее входить во всеобщее употребление, в особенности в общественных зданиях, сделало в последнее время значительные успехи в усовершенствовании приборов, их манипуляции и простоты устройства».

Прошло еще несколько лет, и водяное отопление стало настолько популярным, что, по свидетельству современников, «в 1879 г., в разгар строительной горячки, никто и слышать не хотел в Петербурге ни о каком другом отоплении, кроме водяного».

Настолько сильно было увлечение водяным отоплением, что заводчики не успевали его устраивать, и в силу этого «многие петербургские слесари и водопроводчики сделались устроителями водяного отопления».

Однако сам факт «увлечения» системой водяного отопления еще не говорит о действительно широком распространении этой системы.

Дело в том, что, во-первых, число фирм, занимавшихся в то время в России устройством центральных систем отопления, было явно недостаточным для того, чтобы частично обслужить новое строительство даже в таких крупных городах, как Москва и Петербург, во-вторых, изделия для отопительного оборудования нужно было ввозить из-за границы (преимущественно из Германии), так как отечественное производство труб резко отставало, производство ребристых отопительных приборов еще только налаживалось в Петербургском металлическом заводе и на заводе Сан-Гал-ли, а фасонные части и арматура даже в XX в. еще ввозились из Германии.

Среди крупных техников находились лица, которые в порядке собственной инициативы осуществляли опытные, иногда весьма оригинальные установки системы водяного отопления.

Так, например, Лешевич запроектировал и осуществил в 1875 г. квартирное водяное отопление низкого давления, действующее отдельно или вместе с топкой кухонного очага в каждой квартире.

Опытная установка этой первой не только в России, но и в Западной Европе системы квартирного водяного отопления была выполнена Лешевичем в доме И.А. Мерца в Петербурге.

В данном случае Лешевич применил «новейшую», по его выражению, «систему вертикального разветвления трубопроводов» с плоскими стальными нагревательными приборами, изящно оформленными в виде пилястр у наружных стен. Общая тепло-мощность системы для квартиры из 4-х комнат, передней, коридора и кухни была определена в 43 558 кал/час, а поверхность нагрева котла в 33,75 кв. фут. При эксплуатации системы в течение зимы 1875-1876 г. температура во всех комнатах поддерживалась в пределах от 14 до 17 °R (около 17-21 °C - прим. ред.).

Интересно отметить, что в журнале «Зодчий» за 1878 г. появилась заметка, автор которой утверждал, что приоритет в устройстве квартирного водяного отопления от кухонного очага принадлежит не инж. Лешевич, а печных дел мастеру Давыдову, который в 1876 г. сделал даже об этом специальный доклад на одном из заседаний общества архитекторов в Петербурге. К сожалению, никаких более точных документов о системе отопления Давыдова обнаружить не удалось.

Лешевич был прав, указывая в 1877 г., что вертикальная разводка системы отопления в России была в то время новостью по сравнению с обычными горизонтально-поэтажными схемами сети.

Обычную для нас однетрубно-вертикальную систему с обходной веткой у отопительных приборов в России стали применять лишь в 80-х годах XIX в.

В это же время появилась и двухтрубно-вертикальная система с нижней разводкой.

Лукашевич в 1880 г. приводит довольно подробные сведения о материальной части системы водяного отопления и монтажных приемах того времени: он указывает, что для этих систем применялись чугунные трубы диаметром от 2" до 4" и стальные трубы диаметром меньше 1 1/2". Чугунные трубы соединялись ребордами, между которыми прокладывалось кожаное или каучуковое кольцо, а

остальные трубы собирались при помощи муфт на резьбе.

Однако как чугунные, так и стальные трубы весьма часто собирались при помощи бандажных муфт с заполнением щели между муфтой и трубой «железной замазкой».

Из всех типов нагревательных приборов наибольшее распространение имели ребристые трубы. Чугунные радиаторы появились у нас значительно позднее, около 1900 г.

В 80-х годах XIX в. отопительные приборы (ребристые трубы) обычно закрывались щитами, горизонтальные же трубопроводы прокладывались открыто у наружных стен над полом отапливаемых помещений.

В 90-х годах, характерных общим увлечением двухтрубной и однострубно-вертикальной схемами сети, стала широко практиковаться не только в России, но и за границей, скрытая прокладка всех трубопроводов; при этом считали необходимым устанавливать нагревательные приборы по возможности в недоступном месте, например, спрятав его в нишу. Хорошей решеткой для закрытия прибора считалась только густая.

Возникшее в 90-х годах увлечение двухтрубными системами водяного отопления привело к тому, что уже через 15-20 лет редко кто считал нужным задумываться над целесообразностью применения однострубно-вертикальной системы, и во всех случаях, независимо от местных условий, применяли только систему двухтрубную. Единственной фирмой, продолжавшей по традиции практиковать применение однострубно-вертикальной системы водяного отопления, был Петербургский металлический завод, который достиг значительных успехов в деле конструирования и расчета данной системы.

Инж. О.Е.Крель поместил на страницах журнала «Ges Ing.» за 1905 г. большую статью с описанием схем и методов расчета горизонтальных и вертикальных однострубно-вертикальных систем отопления, осуществленных этим заводом в России. В то время Металлический завод, оценив чисто монтажные преимущества однострубно-вертикальной системы, уже широко практиковал предварительную заготовку почти всех элементов системы непосредственно на заводе, а на объекте производил лишь сборку системы отопления в рекордно короткие для того времени сроки.

Естественно, что такой метод работы, практиковавшийся и в отношении иногородних монтажей, действовал подкупающе не только на заказчиков, но и на специалистов отопленцев, которые иногда до курьеза были склонны приписывать однострубно-вертикальной системе какие-то особые преимущества.

Так, например, инж. В. Трепке и П. Зуев, сравнивая одно и двухтрубную систему, в брошюре за 1911 г. утверждают, что вообще применение двухтрубной системы отопления надо считать несомненным плодом самой яркой рутины, так как ни практическими, ни теоретическими соображениями такое предпочтение будто бы не оправдывается.

Едва ли даже самые ярые приверженцы однострубно-вертикальной системы осмелились бы сейчас опорочить систему двухтрубную. Каждая из этих систем имеет свои преимущества и свои недостатки; вопрос сводится лишь к правильному всесторонне продуманному выбору той или другой системы в зависимости от

чисто местных условий.

Весьма характерным для начала XX в. нужно считать общее стремление к уменьшению первоначальной стоимости системы водяного отопления за счет применения открытой прокладки трубопроводов и открытой же установки нагревательных приборов в отапливаемых помещениях.

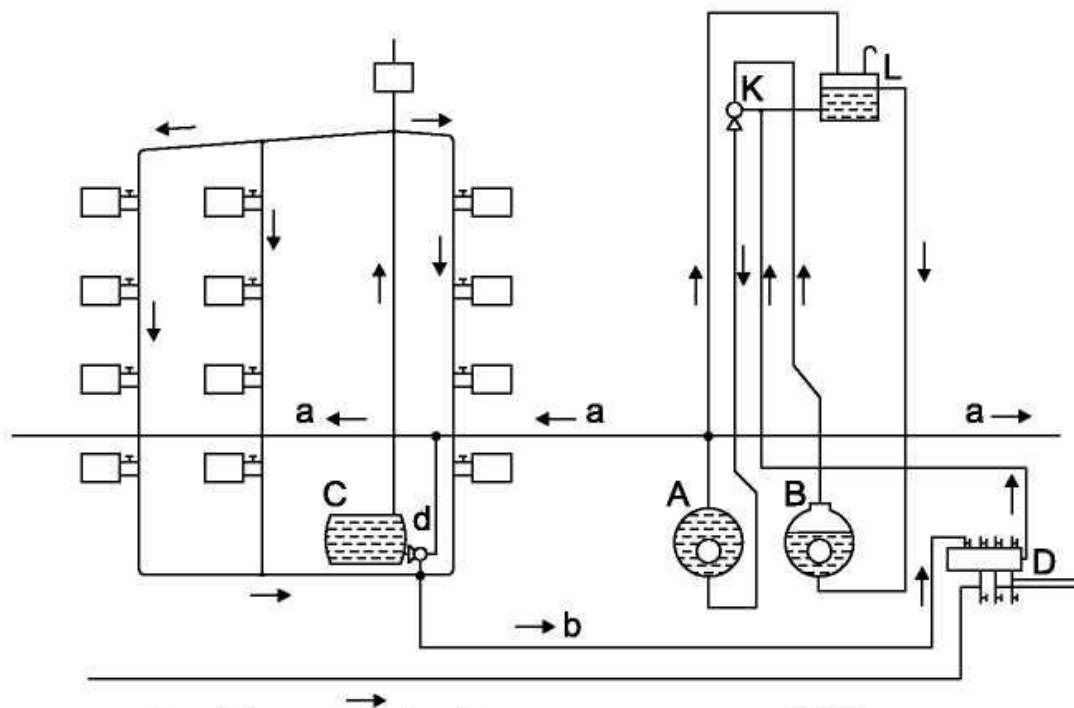


Рис. 4. Схема паро-водо-водяного отопления системы В.М. Чаплина.

По словам В. Трепке, эта идея зародилась около 1903 г. и «с легкой руки московских устроителей отопления» получила широкое распространение, причем «один из отопителей пошел так далеко, что доказывал при общем хохоте в Архитектурном обществе, что рационально поставленная труба, а тем паче нагревательный прибор, не может являться диссонансом в отделке помещения, нарушить эстетическое впечатление и шокировать стильную обработку помещения».

Ограниченный радиус действия гравитационной системы водяного отопления, затруднения с прокладкой по помещениям трубопроводов больших диаметров, а также затруднения при использовании гравитационной системы для отопления помещений, расположенных на одном уровне с котлом, привели к созданию систем с искусственным побуждением. Высказывания о целесообразности применения таких систем и даже отдельные опытные установки мы встречаем в различных странах еще в первой половине XIX в. (например, «циркулятор» Экштейна и Басби в 1832 г.).

В конце XIX в. и в начале XX в. получили заметное распространение системы, побудительная циркуляция воды в которых достигалась путем подмешивания в подъемный стояк воздуха, пара, перегретой воды и т.п.

Схемы и описание многочисленных вариантов таких систем (Рекка, Брюкнера, Юргенса, Больце, Обремовича и др.), применявшихся в различных странах, в том числе и в России, можно найти в нашей литературе начала XX в.,



например, в курсе проф. А.К.Павловского.

Все эти системы отличались сложностью в эксплуатации, но позволяли вместе с тем обойтись без расхода электроэнергии на работу циркуляционных насосов, что было особо существенно в условиях России того времени. Учитывая эти условия, проф. В.М.Чаплин разработал и в 1903 г. впервые применил совершенно оригинальную систему паро-водяного отопления, получившего в следующем десятилетии значительное распространение, особенно в Москве.

Схема этой системы представлена на рис. 4.

В центральной котельной этой системы установлены водогрейный котел А и паровой В. цилиндре С местной системы водяного отопления происходило смешение воды двух различных температур: более горячая вода, идущая из котла А по трубам а и ответвлениям d, вспрыскивается в нижнюю часть цилиндра С, частично подсасывает более холодную воду из обратных трубопроводов местной системы и вместе с тем повышает гидродинамическое давление в этой системе. Соответствующий объем воды вытесняется из местной системы по трубе b в сборник D, установленный в котельной, откуда эта вода подсасывается пароструйным элеватором К и этим же элеватором направляется через водогрейный котел А в магистральные трубопроводы а.

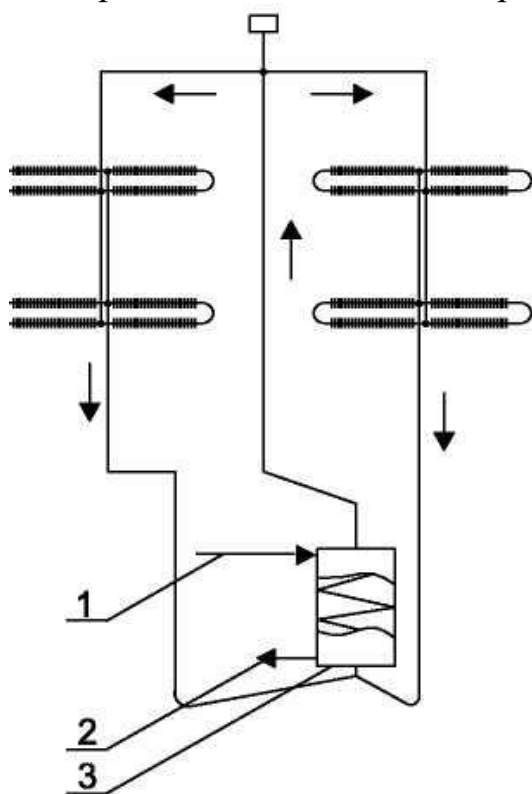


Рис. 5. Схема паро-водяного отопления конца XIX в. 1 – подвод пара, 2 – конденсат, 3 – бойлер с паровым змеевиком.

Петербург, дана на рис. 5.

Аналогичная схема была осуществлена в натуре для отопления (но уже от местной теплоэлектростанции) нескольких крупных зданий Училищного совета и соседних с ними зданий Синодальной типографии в Петербурге. Проект

Питание парового котла В происходит автоматически через переливную трубу расширительного сосуда L. Температура воды, выходящей из котла А, обычно поддерживалась на уровне 100-105 °С. Паровой котел В в зависимости от радиуса действия всей системы работал под давлением от 0,5 до 3,0 ат.

К моменту появления паро-водо-водяного отопления системы проф. Чаплина пар уже широко использовался как теплоноситель «дальнего действия» не только на фабриках и заводах, но и в гражданском строительстве. В последнем случае пар служил для нагрева воды при помощи бойлеров рубашечного типа или с паровым змеевиком в местной гравитационной системе отопления.

Наиболее распространенная схема подобного отопительного оборудования, по которой, в частности, было выполнено в 1885 г. отопление громадного нового корпуса рисовального училища Штиглица в

этой установки разрабатывался при непосредственном участии и под руководством В.В.Дмитриева, по-видимому, в период 1903-1905 гг.

В 1903 г. пароводяным отоплением было оборудовано 13 корпусов Петербургской городской детской больницы с подачей к указанным корпусам отбросного пара от местной электростанции (с добавлением острого пара), по схеме, приведенной на рис. 6. Внутри каждого корпуса были предусмотрены двухтрубные гравитационные системы водяного отопления с местными пароводяными бойлерами.

Магистральные наружные паропроводы, а также трубы для возврата в котельную конденсата, проходили в подземных туннелях, высотой 2,0 м и шириной 1,25 м. Давление пара в котлах поддерживалось в 6 ат. Автором всего проекта был А.К.Павловский, под наблюдением которого осуществлялось и выполнение в натуре всего оборудования. Экспертом по проекту и оборудованию местной ТЭС был В.В.Дмитриев.

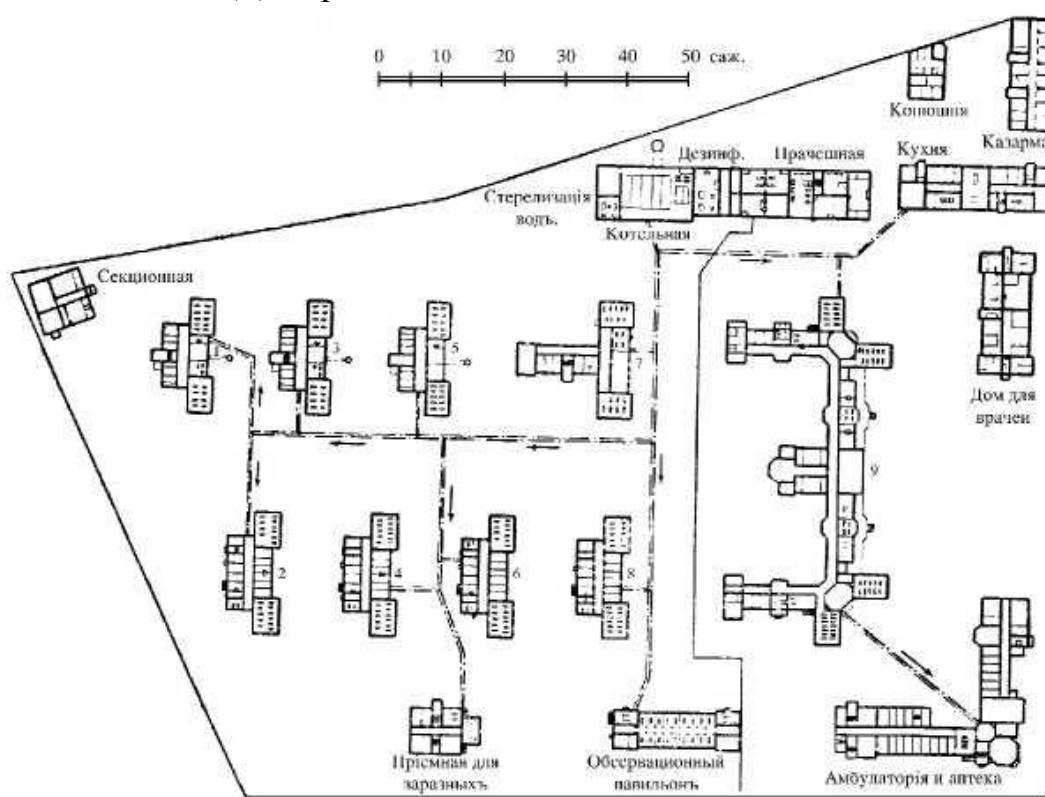


Рис. 6. Схема отопления городской детской больницы в Петербурге (1903 г.).

По совершенно аналогичной схеме проф. В.В.Дмитриев в 1908-1910 гг. осуществил пароводяное отопление 37 корпусов Петербургской больницы - ныне больницы им. Мечникова. Несколько ранее, в 1902 г., такая же схема теплоснабжения и отопления была принята для корпусов Политехнического института в Петербурге.

Из приведенных примеров видно, что пароводяное отопление в дореволюционной России применялось в довольно широких масштабах и что наши специалисты были весьма заинтересованы в переходе с гравитационного к искусственному побуждению циркуляции воды, по крайней мере, во

внутридомовых системах отопления.

Попытка перехода на насосное побуждение была сделана инж. Пилькевичем, который в 1902 г. «испрашивал привилегию на применение к водяному отоплению насосов», но в этом ему было отказано «за непредставлением детальных чертежей».

В том же 1902 г. по одному из конкурсных проектов на отопление оранжерей Петербургского ботанического сада предлагалось осуществить насосно-водяное отопление всех оранжерей этого сада от одной центральной котельной.

Однако эта новая система не встретила поддержки у жюри конкурса: оранжереи Ботанического сада были оборудованы местными системами водяного и частично парового отопления, причем общее число постоянно действующих тепловых центров (котельных) было равно 26. В таком децентрализованном виде тепловое хозяйство Ботанического сада существовало свыше 20 лет и лишь в 1925 г. оно было заменено центральной насосно-водяной системой отопления.

Столь осторожное отношение наших техников к насосным системам водяного отопления имело свои основания. Дело в том, что в августе 1901 г. вопрос о целесообразности применения водяных систем с насосным побуждением горячо обсуждался на III Германском съезде по отоплению и вентиляции, на котором в числе представителей от различных стран были и представители технических кругов России. Как это ни кажется сейчас странным, III Германский съезд отнесся весьма сдержанно к докладу инж. Тихельмана о намеченной им для Дрезденской больницы водяной системе с насосным побуждением. Даже «отец немецкой отопительной техники» проф. Ритшель высказался отрицательно, заявив, что «серьезным препятствием для достижения цели может послужить то обстоятельство, что во многих случаях греющая вода должна будет одновременно транспортировать к местам потребления значительные количества тепла и, не задерживаясь в своем движении, отдавать это тепло потребителю». В итоге Дрезденская больница была оборудована в 1902 г. не насосно-водяной, а паровой системой отопления.

Совершенно очевидно, что и в России отказ в 1902 г. от насосной системы отопления оранжерей Ботанического сада можно объяснить только пагубным влиянием на русских техников только что закончившегося Германского съезда. Но, как мы видели выше, уже через год в России была с успехом применена водяная система с паровым эжекторным побуждением (система В.М. Чаплина).

Водяное отопление с насосным побуждением было впервые осуществлено в России в 1909 г. в здании петербургского Михайловского театра. Автором проекта был инж. Н.П. Мельников, много сделавший для внедрения насосно-водяных систем отопления в практику. Монтаж отопительного оборудования Михайловского театра выполняла фирма Кретинг, где, кроме Н.П. Мельникова, в 1909 г. работал еще в свои студенческие годы будущий крупнейший советский специалист по отопительно-вентиляционной технике, профессор Ленинградского политехнического института А.А. Крауз. Одним из членов комиссии по контролю за разработкой проекта и монтажом оборудования театра был известный гражданский инженер Н.Н. Тетервников. Схема отопительной сети для

Михайловского театра принята была двухтрубная с нижней разводкой. Каждый нагревательный прибор был снабжен обходной веткой с переключательным трехходовым краном в целях сохранения неизменного количества циркулирующей в системе воды, независимо от числа выключаемых радиаторов. Прокладка трубопровода в отапливаемых помещениях - открытая. Радиаторы также расположены открыто под окнами и частично у глухих стен.

Общая тепловая мощность установки, включая и расход тепла на вентиляцию театра, около 1 Гкал/час, причем в качестве источника тепла был использован отработанный пар от паровых машин местной электростанции.

Щит управления давал возможность осуществить из одного центра контроль и регулирование температуры в главнейших помещениях театра.

Система отопления рассчитана на перепад температур 90/70 °С. Суммарная потеря напора в сети около 5 м вод. ст., благодаря чему почти все стояки и ответвления к приборам были приняты диаметром  $i/j$ " при скорости движения воды в них до 1 м/с.

Монтаж отопления и вентиляции Михайловского театра был произведен фирмой Кертинг в рекордно короткий для того времени срок: с 15 мая по 15 августа 1909 г.

По свидетельству Н.П. Мельникова, пуск в действие и регулировка системы отопления не вызвали каких-либо затруднений, а последующая эксплуатация убедила в том, что для поддержания нормального температурного режима в здании театра не требовалось нагревать воду до 90 °С, как это было предусмотрено проектом.

Система отопления в здании Михайловского театра с небольшими изменениями, к которым в первую очередь относится установка чисто отопительных котлов, произведенная в связи с присоединением театра к городской электростанции, существовала до самого последнего времени и лишь в период 1937-1940 гг. была полностью демонтирована.

В 1911 г. по докладу Н.П. Мельникова «Утилизация электрической станции Михайловского театра для целей отопления» IV съезд русских зодчих вынес следующее весьма знаменательное постановление:

«Ввиду серьезного значения, какое имеет использование электрических станций для целей отопления, признать желательным введение в программу электротехнических учебных заведений подробное изучение этого вопроса».

После удачного опыта с оборудованием зданий Михайловского театра насосно-водяное отопление сразу же находит применение и в некоторых других крупных зданиях Петербурга: в Мариинском театре (1911 г.), в здании Эрмитажа (1912 г.), в новых корпусах Института инженеров путей сообщения (1912 г.), в корпусах Орудийного завода (1912 г.) и др.

На всех перечисленных объектах отопление было запроектировано Н.П. Мельниковым и выполнено фирмой Кертинг так же, как в Михайловском театре, т.е. с использованием отбросного тепла от местных электростанций, а в корпусах Орудийного завода - с утилизацией тепла от дизельной станции и от паровых молотов.

Особый интерес представляет отопительное оборудование зданий Эрмитажа. Замена пневматического отопления системы Аммосова водяным в значительной мере способствовало сохранению музейных коллекций. Учитывая местные условия производства монтажных работ в богато отделанных помещениях с массивными стенами и перекрытиями, была принята схема сети с преимущественно горизонтальной разводкой при небольшом числе стояков, питающихся от магистральных трубопроводов, проходящих по подвалу зданий.

Отопительные приборы (радиаторы) присоединены частично по однотрубно-цепочечной, частично по двухтрубной поэтажной схеме с установкой в последнем случае переключательных трехходовых кранов на обходной ветке у приборов. Прокладка труб по помещениям - открытая. Для циркуляции воды приняты центробежные насосы (фирмы Балке) диаметром 5", спаренные с электромоторами постоянного тока, что давало возможность изменять число оборотов насоса от 500 до 1200 об./мин. Максимальный (расчетный) напор насоса - 10 м вод. ст. Тепломощность установки (включая расход тепла на вентиляцию) - свыше 1,5 Гкал/час. Так как заданием на проектирование был поставлен весьма жесткий температурно-влажностный режим зданий, допускавший колебания температур в помещениях в пределах 0,5 °С и относительной влажности в пределах 2% от оптимальных величин, то особое внимание было обращено на оборудование центральной доски управления системой. На ней была устроена электрическая сигнализация по типу мостика Уитстона для передачи величин температур из главнейших частей здания и электрическое управление открытием и закрытием задвижек на магистральных трубопроводах отопления и шиберов на воздуховодах вентиляции.

Вся система отопления и вентиляции в здании Эрмитажа просуществовала в первоначальном своем виде около 12 лет, после чего из-за отсутствия надлежащего надзора стала приходить в негодность, а в 1936 -1937 гг. была почти полностью перемонтирована заводом «Гидравлика» в связи с присоединением здания к городской теплосети.

Насосно-водяное отопление в зданиях Института инженеров путей сообщения интересно тем, что оно является первой в России установкой, обслуживающей из одного центра несколько зданий. Протяженность сети, считая от насосов до отопительного прибора, наиболее удаленного здания Музея института около 400 м; перепад температур 90/70 °С; напор насоса 10 м вод. ст.; стояки в зданиях преимущественно диаметром \".

К 1912 г. особенности устройства водяного отопления с насосным побуждением были уже в достаточной мере освоены несколькими фирмами, работавшими в Петербурге.

В 1912 г. фирма Кертинг производит монтаж уже весьма крупной для того времени отопительной установки в новом 5-этажном здании (строительным объемом 55500 м<sup>3</sup>) правления Общества Московско-Виндавско-Рыбинской железной дороги. Эта система отопления - двухтрубная с нижней разводкой, обслуживаемая от местной котельной, оборудованной тремя чугунными секционными котлами системы «Кертинг», - ничем не отличается от наших

современных насосно-водяных систем отопления. Все оборудование выполнялось по проектам инж. Мельникова и Куприянова.

В «отчете по постройке дома» приведено краткое описание данной системы отопления и между прочим говорится, что для контролирования температуры в самых отдаленных и наиболее охлаждающихся помещениях в доме устроен электрический термометр-дальюметр, циферблат которого находится в котельной. Переводя указатель на номер какого-либо помещения, можно узнать температуру соответствующей комнаты в данный момент.

Однако большинство фирм, работавших в России, предпочитало монтировать системы отопления с расчетом внутридомовой сети на гравитационную циркуляцию воды и с установкой вместо котлов в подвале закрытых емкостных резервуаров, смена воды в которых производилась из центральной котельной уже при помощи центробежных насосов.

Подобных систем до 1914 г. в России было выполнено сравнительно много.

Из наиболее крупных систем такого рода можно указать на водяное насосное отопление громадных жилых корпусов по Каменноостровскому проспекту в Петербурге (проект и выполнение завода Зигеля, 1912 г.). Эта система отопления исправно действовала и в 1950 г., обслуживая свыше 4000 м<sup>2</sup> радиаторов.

Одновременно с прогрессом техники пароводяного и водяного отопления в России развивалась и техника парового отопления, также совершенно иными путями, чем в странах Западной Европы. Различие это определялось тем, что русские техники, оценившие по достоинству, как мы видели выше, преимущества пара как теплоносителя «дальнего действия», еще в середине XIX в. с успехом применяли отбросный пар от паровых машин для отопления фабрично-заводских зданий, совершенно отказавшись, за редкими исключениями, от устройства парового отопления в жилых зданиях. В силу сказанного давление пара в системах отопления обычно принималось в пределах до 1,5 ата.

Весьма характерно, что С.Б.Лукашевич в курсе «Отопление и вентиляция» даже не затрагивает вопроса о применении отопления зданий паром повышенного давления.

Распространению паровой системы низкого давления (до 0,5 ати) в значительной мере способствовал закон от 8 июня 1887 г. о так называемых «открытых» паровых котлах. Согласно этому закону паровые котлы при давлении в них пара до 0,5 ати разрешалось ставить в подвалах даже жилых зданий, но с обязательным устройством у каждого котла гидравлического предохранителя. Конструктивное оформление такого предохранителя было весьма оригинальным: от дна парового котла отводилась вертикально вверх (на высоту не более чем 5 м над уровнем воды в котле) труба диаметром 2", затем труба загибалась вниз и открытый конец ее располагался над колосниковой решеткой котла. При повышении давления пара сверх допустимого вода выдавливалась из нижней части котла через переливную петлю и заливала топливо на колосниковой решетке.

Подобный способ устройства гидравлического предохранителя применялся в России до 1905 г., когда получили распространение гидравлические затворы, мало

чем отличающиеся от современных.

Закон 1887 г. об «открытых» паровых котлах явно стимулировал применение парового отопления в общественных и даже жилых зданиях.

Тем не менее, О.И. Мельников в 1891 г. все же утверждает, что паровое отопление употребляется почти исключительно на фабриках и на него идет пар, выходящий из паровой машины. Только при применении такого пара этот род отопления становится выгодным.

Для жилых помещений паровое отопление, по утверждению О.И. Мельникова, рекомендовать нельзя. Такой взгляд на паровое отопление является весьма характерным для дореволюционной России.

В начале XX в. в России были осуществлены и первые установки вакуум-парового отопления. По свидетельству инж. СМ. Гришечко-Климова такое отопление существовало, например, в Успенском соборе Московского кремля, а также на заводе швейных машин в Подольске. К сожалению, никаких конкретных данных по этим установкам не имеется.

Более подробные сведения сохранились в вакуум-паровом отоплении зданий окружной ныне 2-й клинической больницы в Одессе.

Первая очередь этой больницы на 828 коек была закончена постройкой осенью 1902 г. Автор проекта - арх. В.А.Добровский. Больница состоит из 17 корпусов, расположенных на участке в 9,1 га. Общая площадь застройки 16000 м<sup>2</sup>, строительный объем зданий 160,5 тыс. м<sup>3</sup>.

Все корпуса больницы с 1902 г. имели централизованное тепло и электроснабжение от собственной блок-станции, расположенной в центре больничного участка.

Станция была оборудована четырьмя ланкаширскими котлами, каждый по 87,5 м<sup>2</sup> (постройки Новороссийского завода в Одессе), тремя паровыми динамомашинными общей мощностью 245 л.с. и дизелем с динамомашинной на 40 л.с, паровыми насосами Вортингтон для питания котлов и тремя вакуум-паровыми насосами Вортингтон, обслуживающими централизованное вакуум-паровое отопление всех корпусов. В каждом вакуум-насосе паровые цилиндры были диаметром 7,5", водяные цилиндры - 8,5" и длина хода 10".

Для удобства обслуживания всего теплового хозяйства подвальное помещение здания станции сообщалось подземными проходными туннелями со всеми корпусами больницы. Такие же туннели были предусмотрены по периметру наружных стен под полом первого этажа каждого корпуса. В этих туннелях были проложены паровые и конденсационные трубопроводы отопления, паропроводы для кухни, паропровод высокого давления для стерилизации и приготовления кипятка (в каждом корпусе), телефонные и электрические кабели. Общая длина трубопроводов была более чем 43 км. Во всех корпусах было установлено до 1600 радиаторов общей поверхностью нагрева до 3,4 тыс. м<sup>2</sup>. Для целей отопления использовался мятый пар от паровых машин и паровых насосов Вортингтон с предварительным пропуском этого пара через маслоотделитель и с автоматической добавкой в случае надобности острого пара после редуцирования его до атмосферного давления. Под воздействием двух вакуум-насосов,

присоединенных на станции к конденсационной линии и создававших соответствующее разрежение во всех точках разветвленной сети отопления, пар поступал со станции в подземные магистральные паропроводы по двум веткам (каждая по 12") в местные системы отопления корпусов и затем в отопительные приборы, снабженные угловым вентильным краном на входной и автоматическим парозапираателем - на выходной ветке у каждого прибора.

Работа вакуум-насосов и создаваемое ими разрежение регулировалось при помощи автоматов, воздействующих на клапан, установленный на подводке к насосу рабочего пара. Каждый насос был, кроме того, снабжен контрольным автоматически регистрирующим вакууметром.

Отопительная сеть в каждом корпусе - с нижней разводкой, открытая, с присоединением радиаторов к трубам через нижние нипельные отверстия. Сами радиаторы - чугунные четырехколонные, снабженные только нижними нипельными соединениями. Трубы теплосети - до 4" имели стальные фланцевые и резьбовые соединения, а от 5 до 12" - чугунные фланцевые и раструбные.

Что касается расчетных данных, то имеются лишь отрывочные указания на то, что теплотери помещений подсчитывались по таблицам инж. А.А.Саткевича (изд. 1898 г.), а поверхность радиаторов и вся сеть вакуум-парового отопления - по таблицам фирмы Вебстер. Расчетный перепад давлений в сети, к сожалению, не указан.

Вся постройка и оборудование больницы выполнялись городским управлением под наблюдением местной Строительной комиссии в период с весны 1900 г. по осень 1902 г.

Попутно отметим, что вентиляция в корпусах больницы осуществлялась путем подачи свежего воздуха под радиаторы через отверстия в наружной стене, снабженные съёмными матерчатыми фильтрами, а вытяжка - через внутристенные каналы, выведенные сверх крыши и снабженные индивидуальными дефлекторами.

При осмотре больницы в июне 1949 г. можно было убедиться в том, что все отопительное оборудование больницы в основном сохранилось. Однако в связи с переходом на электроснабжение от города, отопление, по заявлению администрации, обслуживалось уже не отработанным, а острым паром, который в зиму 1948-1949 гг. подавался в отопительную сеть с повышенным давлением.

Впервые в отопительной технике пар получил весьма оригинальное применение в так называемом паро-бетонном отоплении, изобретенном инж. В.А.Яхимович в 1905 г. В отличие от обычного парового отопления здесь вместо радиаторов применялись обогреваемые паром приборы, состоящие из трубчатой батареи, покрытой бетоном из щебня, песка и цемента.

Такое устройство позволяло не только понизить температуру наружной поверхности приборов до пределов, допустимых гигиеническими нормами, но и придать этим отопительным приборам любое оформление, определяемое внутренней отделкой и назначением помещения.

В своем докладе на IV съезде русских зодчих в 1911 г. инж. Яхимович особо подчеркнул, что при данном типе отопления «нагревателями могут быть полы,



балясины перил, колонны, пилястры, вазы, статуи и пр.,» так как бетон, в котором заложены паровые трубы, по затвердевании полностью сохраняет приданную ему архитектурную форму, а появляющиеся при нагреве бетона волосные трещины легко могут быть замаскированы тем или иным способом.

Впервые паробетонное отопление системы Яхимовича было удачно осуществлено в 1907 г. в больнице на ст. Ртищево, а затем и в целом ряде других больничных, школьных и общественных зданий.

Всего в период с 1907 по 1911 гг. было выполнено свыше 20 установок, из них в трех случаях в качестве теплоносителя был применен уже не пар, а горячая вода.

Так в России зародилось отопление, которое в скором времени получило широкое распространение в Западной Европе и, главным образом, в Англии под названием «панельного» и «лучистого» отопления.

Из оригинальных установок инж. Яхимовича до наших дней еще сохранились в некоторых банях постройки «теплые полы» с заложенными в толщу бетона паровыми змеевиками.

Попутно хочется отметить, что прототипом панельного отопления можно считать наши оригинальные отопительные установки середины ХУШ в. с дымооборотами от печей внутри капитальных стен здания.

### **Книги и школы**

XIX в. дал России целую плеяду талантливых «пиротехников», много сделавших для прогресса русской отопительно-вентиляционной техники, несмотря на то, что в XIX в. у нас еще не было учебных заведений, в задачу которых входила бы специальная подготовка кадров этого профиля.

В основном это были лица с архитектурным образованием - питомцы старейшего в России высшего учебного заведения - Императорской академии художеств. Однако среди крупных специалистов по отопительно-вентиляционной технике в начале XIX в. мы встречаем также бывших воспитанников Горного института, основанного в 1774 г., Института путей сообщения (1810 г.) и Технологического института (1828 г.).

Начиная с 1830 г., расширяется сеть специализированных строительных учебных заведений: организуются Архитектурное училище (1830 г.), Архитекторская школа (1832 г.) и Училище гражданских инженеров (1832 г.) в Петербурге, а также специальное дворцовое Архитектурное училище (1832 г.) - в Москве.

Далее, в 1842 г., в результате слияния Архитекторской школы и Училища гражданских инженеров в Петербурге открывается Строительное училище - старейшее в России строительное учебное заведение, впоследствии Ленинградский Инженерно-строительный институт.

Во всех перечисленных выше и других специальных учебных заведениях России в первой половине XIX в. сведения по технике отопления и вентиляции давались в общем курсе архитектуры или частей здания. О полноте этих сведений можно судить хотя бы по учебным руководствам, составленным архитектором

Свйазевым для Горного института и вышедшим в свет в период с 1833 по 1843 гг. Уже в первом издании «Руководства к архитектуре» (СПБ, 1833), Свйазев подробно останавливается не только на печном отоплении, но говорит также об огневоздушном отоплении и о вентиляции зданий теплым и неподогретым воздухом, уделяя особое внимание вопросам инфильтрации. В последующих изданиях и особенно в Учебном руководстве к архитектуре, изд. 1839 г., сведения по отопительно-вентиляционной технике значительно углубляются и расширяются. В то же время все текущие вопросы по технике отопления, вентиляции, а также подробные статьи и отчеты о развитии этой техники в Западной Европе находят отражение в периодической печати и в первую очередь в трудах Вольного экономического общества, в Горном и Инженерном журналах, а со второй половины XLX в. - в журнале Министерства путей сообщения и журнале «Зодчий».

Выше уже упоминалось о том, что в конце XVIII в. (1795 и 1799 гг.) вышло из печати оригинальное сочинение Н.Львова -«Русская пиростатика», в значительной мере способствовавшее возрождению русской отопительной техники. В 1845 г. была опубликована брошюра горного инженера Фуллона и архитектора Щедрина «Описание снаряда для нагревания жилых помещений посредством кипящей воды», а в 1867 г. - сочинение Павла Тикстона «Отопление зданий по усовершенствованной системе кругообращения горячей воды в трубах». Фуллон и Щедрин познакомили русских техников с выполненной ими, впервые в России, системой водо-воздушного отопления в части здания Академии художеств, а Павел Тикстон также впервые в русской литературе дал краткий исторический обзор развития водяного отопления, начиная с установок эпохи древнего Рима и до систем водяного отопления высокого давления, пользовавшихся большим успехом в середине XIX в.

В 1867 г. вышел из печати капитальный труд И.И.Свйазева «Теоретические основания печного искусства», подводящий итог многолетней плодотворной работе автора по теории и практике печного отопления. Труд И.И.Свйазева в значительной своей части был опубликован в 1873 г. во Франции.

В 1859 г. начал свою работу специальный комитет по рассмотрению различных систем вентиляции «применительно к климатическим условиям России». Опубликованием трудов Комитета в 1864 г. было положено начало дальнейшим теоретическим исследованиям в России вопросов вентиляционной техники.

В конце этого же десятилетия появились и практические руководства по устройству систем отопления и вентиляции: «Собрание таблиц и формул для инженеров, архитекторов и механиков», составленное инж. А.А.Недзялковским (СПБ, 1867-1869), и практическое руководство по вентиляции и отоплению инж. И.Флавиц-ского (СПБ, 1870).

Справочник Недзялковского был весьма полезным пособием для работников по отопительной технике того времени. В разделе «Вентиляция и отопление зданий», составленном под редакцией инж. Войницкого, в справочнике приведена формула Ньютона для подсчета теплотерь отапливаемых помещений, затем

кратко рассматриваются камины, печи, огневоздушное паровое и водяное отопление; дается правильное определение величины гравитационного напора водяной системы, но в части подбора поверхности отопительных приборов и диаметров труб имеются лишь чисто

практические указания. Характерно, что для иллюстрации схемы водяного отопления низкого давления Недзьялковский приводит лишь однотрубную схему сети с поэтажной цепочечной разводкой, причем в качестве отопительных приборов им указаны ребристые трубы, последовательно присоединенные к «лежаку», скрытому в междуэтажном перекрытии.

Такая схема сети была осуществлена впервые в 1863 г. в здании мозаичной мастерской при Петербургской академии художеств и затем в течение нескольких десятилетий широко применялась в России.

К 1870 г. в учебных заведениях России уже вводится чтение специального курса отопления и вентиляции зданий. Одним из первых, если не первым, учебным руководством по упомянутой дисциплине можно считать литографическое издание курса лекций инж. Г.С.Войницкого в Николаевской инженерной академии в 1869 -1870 гг. (литография Диле, СПб, 1870 г. 216 листов текста и 14 листов чертежей). По-видимому, литографированным курсом Войницкого пользовались некоторое время в качестве учебного руководства и в других учебных заведениях, так как это издание курса хранилось по крайней мере до 1930 г. в библиотеках Технологического института, института инженеров путей сообщения и Строительного института (бывший Институт гражданских инженеров) в Ленинграде.

В своем курсе Войницкий дает краткую теорию горения, вводит формулу для подсчета коэффициента теплоотдачи через многослойную стенку, кратко говорит о комнатных печах, подробно останавливается на описании водяного отопления системы Перкинса, Дювуара, Леблана, д'Амелинкура, а также приводит чертеж и описание (без указания даты и места возникновения) обычной для нашего времени однотрубно-вертикальной водяной системы отопления низкого давления и двухтрубно-вертикальной системы с нижней разводкой. Расчетная часть ограничивается определением теплопотерь и практическими указаниями о выборе поверхности нагрева отопительных приборов и диаметров циркуляционных труб. Материалы и сведения по огневоздушному отоплению и вентиляции имеют в литографическом курсе инж. Войницкого также чисто описательный характер.

1880 г. имел решающее значение для дальнейшего и при том всестороннего развития отопительно-вентиляционной техники в

России: в этом году вышел из печати серьезный систематический курс отопления и вентиляции С.Б.Лукашевича. 29 января 1880 г. С.Б.Лукашевич в торжественной обстановке передал в дар Петербургскому обществу архитекторов экземпляр своего «Курса», подчеркнув тем самым огромное значение отопительно-вентиляционной техники для нашего зодчества.

Он дал русскому технику полноценное руководство, которое по широте охвата и критическому анализу всех вопросов отопительно-вентиляционной техники ни в какой мере не уступало аналогичным трудам, имевшимся в то время

в Западной Европе.

В разделе «Печное отопление» Лукашевич излагает теорию расчета всех элементов отопительных печей; дает детальные чертежи печей наиболее рациональной конструкции, подчеркивая при этом целесообразность применения однооборотных печей, снабженных топливником с поддувалом, хотя по его личным опытам наличие колосниковой решетки при топке дровами увеличивает КПД печи в среднем лишь на 5 %.

В разделе «Системы водяного отопления» СБ. Лукашевич дает краткую историю вопроса; детально рассматривает новейшие для того времени схемы водяного отопления с критическим анализом каждой схемы, излагает теорию расчета всех элементов двухтрубной и однетрубной системы водяного отопления и дает в заключение конкретный пример расчета однетрубной горизонтально-цепочной системы отопления для двухэтажного здания.

Современных техников, привыкших при расчетах водяной системы пользоваться удобными и простыми таблицами и номограммами, поражает сложность и громоздкость расчетных формул, предлагаемых Лукашевичем, а также иностранными авторами того времени, для определения размеров основных элементов системы отопления. Например, диаметры труб расчетного циркуляционного кольца определялись следующим образом.

1. Исходя из предположения, что скорость воды во всех участках системы одинакова (0,2-0,3 фута в 1 сек.), определялись площади трубопроводов на каждом участке.

2. По найденным площадям выбирались ближайшие торговые размеры труб (диаметром не менее 1") и определялась фактическая скорость воды в этих трубах.

Составлялось общее уравнение сразу для всего циркуляционного кольца уже с учетом изменения скоростей, потерь напора поворотах, учетом коэффициентов трения воды (по Вейсбаху) в зависимости от фактической скорости движения воды в каждом участке кольца. Указанное уравнение в целом представляло собой квадратный корень из дроби, в знаменателе которой число отдельных многочленов получалось равным примерно шестикратному числу всех участков циркуляционного кольца.

3. Результат решения общего уравнения сопоставляли с располагаемым напором; если запас напора получался в пределах от 30 до 50%, расчет данного кольца считался удовлетворительным. В противном случае для части участков циркуляционного кольца принимались другие диаметры труб и снова решалось общее уравнение для всего кольца. Если учесть, что в двухтрубной системе и в системе однетрубной с обходными участками у приборов число расчетных циркуляционных колец определялось числом отопительных приборов, а в горизонтальной или вертикальной однетрубно-цепочной схеме сети лишь числом стояков (или «лежаков»), то становится понятным, что расчет однетрубно-цепочных схем был во много раз проще расчета какой-либо другой схемы сети.

К заслугам С.Б.Лукашевича должно быть отнесено и то, что он первый обратил внимание на существенные недостатки всякой однетрубно-цепочной системы водяного отопления, не допускающей установки регулировочных кранов

у отопительных приборов. С.Б.Лукашевич утверждал, что широкое применение в России горизонтально-цепочечной системы водяного отопления «способствовало дискредитированию данной системы, возбуждая весьма справедливые жалобы, которые очевидно заслужены не водяным отоплением, а дурным его устройством».

В курсе Лукашевича 1880 г. мы находим не только однотрубную схему сети с обходными ветками у приборов при вертикальной и горизонтальной разводке трубопровода, но и схему с установкой трехходовых кранов в местах ответвления воды от стояка к прибору.

Лукашевич уделяет большое внимание огневоздушным системам отопления и вентиляции и вообще вентиляции с термическим побуждением воздуха, приводя в своем курсе детальный расчет тепловых центров, воздухопроводов и прочих элементов этих систем. Курс отопления и вентиляции Лукашевича был принят во всех учебных заведениях России конца XIX в. По этому курсу изучали отопительно-вентиляционную технику и наши будущие крупнейшие специалисты А.К.Павловский и В.М.Чаплин.

С.Б.Лукашевич был не только теоретиком, но и крупным инженером-практиком. В 1885 г. он организует «Товарищество по устройству отопления и вентиляции», успешно конкурировавшее с иностранными фирмами, работавшими в то время в России. Насколько резко ощущалась необходимость в создании таких проектно-монтажных организаций, как «Товарищество Лукашевич», видимо из того, что по данным Флавицкого в 1883 г. «во всей Российской империи в казенных разного ведомства зданиях, в которых устроены системы отопления с искусственной вентиляцией и увлажнением воздуха, как-то: в больницах, тюрьмах, приютах, учебных заведениях и пр., проживает не свыше 100 тысяч человек».

С 1885 г. по 1905 г. «Товарищество», возглавляемое Лукашевичем, запроектировало и выполнило в натуре свыше 200 крупных отопительно-вентиляционных установок, не считая специального оборудования для бань, прачечных и кухонь. Многие отопительно-вентиляционные установки и изделия с маркой «Товарищество Лукашевичъ» сохранились до наших дней. С.Б.Лукашевич создал свою, русскую школу отопительно-вентиляционной техники и лично воспитал многочисленных учеников и своих последователей.

После выхода в свет в 1880 г. первого издания курса С.Б.Лукашевича русская литература стала быстро пополняться как капитальными трудами, так и оригинальными журнальными статьями, детализирующими и углубляющими теорию и практику отопления и вентиляции.

В 1889 г. вышло (второе, значительно дополненное) издание курса С.Б.Лукашевича. В 1890 г., а затем вторым изданием в 1901 г., появился курс отопления и вентиляции Веденяпина. В 1892 г. юбилейным изданием Института гражданских инженеров (СПБ) вышел капитальный труд по строительной теплотехнике инженера-архитектора П. Сальмановича под заглавием «Прикладная термокинематика или закон Ньютона о теплопроводности».

Труд П.Сальмановича имел громадное влияние на дальнейшее развитие

строительной теплотехники в России.

Начало XX в. весьма характерно резким ростом наших отечественных кадров по отопительно-вентиляционной технике, повышением требований, предъявляемых к отопительно-вентиляционному оборудованию общественных и частных зданий, и, наконец, стремлением к возможно большей увязке строительных работ с работами по монтажу систем отопления.

Русских техников уже не удовлетворяло такое положение вещей, при котором в результате конкуренции между фирмами, занимающимися отопительной техникой, выбор той или иной системы отопления определялся не гигиеническими и технико-экономическими соображениями, а лишь первоначальной стоимостью системы, причем в погоне за дешевизной вопросы не только гигиены, но и последующей эксплуатации оборудования отодвигались на второй план.

Неудивительно поэтому, что на III съезде русских зодчих в январе 1900 г. уже серьезно обсуждаются ближайшие задачи отопительно-вентиляционной техники и внимание съезда сосредоточивается на докладе инж. Г.П. Ровенского «О выборе системы отопления и вентиляции здания». В своем докладе инж. Ровенский особо отмечает тот печальный факт, что выбор фирмы обычно предрешает и самую систему отопления и вентиляции, независимо от назначения и специфических особенностей здания.

По докладу инж. Ровенского III съезд русских зодчих принял следующее постановление:

- 1) системы отопления и вентиляции должны выбираться сообразно роду и назначению здания, а также местным частным условиям;
- 2) проект отопления и вентиляции должен разрабатываться одновременно с проектом здания, по возможности при участии особых специалистов;
- 3) желательно, чтобы конкурсы на проект отопления и вентиляции были обставлены так же, как и на другие строительные работы;
- 4) желательно, чтобы работы по устройству отопления и вентиляции сдавались по проектам, сметам и кондициям, более подробно разработанным.

Однако в условиях частной конкуренции в царской России это постановление III съезда русских зодчих не так уж легко было провести в жизнь. Каждая фирма рекламировала именно «свою» систему отопления и применяла ее во всех случаях, когда к этому предоставлялась малейшая возможность.

В 1904 г. вышел из печати курс отопления и вентиляции профессора Института гражданских инженеров А.К. Павловского - ученика и достойного представителя школы проф. С.Б. Лушакевича.

А.К.Павловский, начиная с 3-го издания своего «Курса», упорно пропагандирует среди нити техников преимущества именно насосно-водяной системы отопления, предсказывая данной системе большое будущее. В этом большая заслуга А.К.Павловского, курс отопления и вентиляции которого был широко известен среди специалистов по отопительно-вентиляционной технике.

Профессор В.М.Чаплин также не менее настойчиво внедрял в практику водяные системы отопления, но не насосные, а своего изобретения, т.е. с паро-эжекторным побуждением. Мало кто знает, что В.М.Чаплин еще в 1909 г. дал

исчерпывающий анализ вопроса о распределении напоров в насосно-водяной системе отопления при различных вариантах подключения к сети расширительного сосуда. Эта оригинальная работа В.М.Чаплина представляет особый интерес, так как до него по данному вопросу имелись лишь краткие соображения, высказанные инж. Тихельманом в 1901 г. на III Германском съезде по отоплению и вентиляции, и эти же краткие соображения Тихельмана были повторены в 4-м издании «Руководства» Г.Ритшеля, вышедшим из печати в 1909 г.

В 1911 г. на IV съезде русских зодчих проф. В.М.Чаплин выступает с ярким докладом на тему «Современное состояние вопроса о центральном отоплении жилых зданий», доказывает преимущества системы водяного отопления и, что особо важно, добивается принятия съездом тезисов, фиксирующих целесообразность устройства нетеплоемких водяных систем непрерывного действия. Как известно, до этого у нас считалось обязательным устройство систем водяного отопления только большой теплоемкости, что противоречило практике западноевропейской отопительной техники.

Значительный интерес представляет сама классификация систем водяного отопления в изложении В.М.Чаплина на IV съезде русских зодчих. В.М. Чаплин с присущей ему четкостью формулировки демонстрировал съезду шесть основных разновидностей водяного отопления и в нескольких цифрах дал исчерпывающую технико-экономическую характеристику каждой схемы.

На рис. 7 представлена принятая в 1911 г. В.М.Чаплиным им лично вычерченная классификация водяных систем, из которой между прочим видно, что отопительная техника того времени ограничивала целесообразность применения гравитационной системы отопления радиусом ее действия до 70 м, насосно-водяной системы - радиусом до 1100 м при напоре насоса до 10 м вод. ст., а районной водо-водяной системы - радиусом до 2 км.

К 1914 г. 2-е издание курса «Отопление и вентиляция» В.М.Чаплина становится уже библиографической редкостью. Вышедшее в том же году новое издание курса А.К.Павловского оставалось на протяжении целого десятилетия почти единственным руководством по отопительно-вентиляционной технике.

## **Теплофикация в СССР**

Зарождение советской теплофикации относится к тому времени, когда наша страна приступила к осуществлению программы ГОЭЛРО о наиболее рациональном и экономном использовании существующих электростанций. Острый топливный кризис вынуждал искать новые, более экономные способы использования топлива, в том числе и на существующих электростанциях, многие из которых еще работали не на полную мощность и даже находились под угрозой закрытия.

Большая заслуга в разрешении этой сложной научной проблемы принадлежит профессору Владимиру Владимировичу Дмитриеву.

На основе своего опыта по сооружению и эксплуатации небольших ТЭЦ и в первую очередь на основе лабораторных исследований на ТЭЦ больницы им. Петра Великого в Петербурге В.В.Дмитриев оценил в полной мере все

преимущества и особенности объединенного процесса выработки электроэнергии и тепла для централизованного теплоснабжения.

В 1922 г. В.В.Дмитриев выступает в Русском техническом обществе, в Деловом клубе, в Ассоциации инженеров и других организациях с обстоятельными докладами о городских теплоэлектроцентралях, о целесообразности переоборудования существующих электростанций в теплоэлектростанции.

Еще в 1919 г. В.В. Дмитриев был инициатором сооружения Ляпинской районной ЦЭС в г. Ярославле на базе соединения электрификации с теплофикацией нового фабричного центра.

В 1923 г. В.В.Дмитриев предлагает проект благоустройства ленинградской электростанции. Инициатива В.В.Дмитриева получила одобрение, и его вариант, предусматривавший выборочное снабжение теплом зданий в районе расположения ГЭС, был утвержден. Коллектив работников ЛГЭС и, в первую очередь, главный инженер этой станции Л.Л. Гинтер проявили много изобретательности при создании первой в СССР теплоэлектроцентрали.

25 ноября 1924 г. к ленинградской электростанции был присоединен первый абонент - дом № 96 по Фонтанке: небольшая система водяного отопления, существовавшая только в верхнем этаже этого здания, стала обогреваться водой, подаваемой по теплопроводам из смежного корпуса ЛГЭС. Первое время нагрев воды для этого единственного абонента осуществлялся путем непосредственного подмешивания отработанного пара через установленный на ЛГЭС пароводяной элеватор, который являлся одновременно и побудителем для циркуляции воды в системе отопления. Затем элеватор был заменен центробежным насосом, а для нагрева воды установлен бойлер рубашечного типа с поверхностью нагрева  $10 \text{ м}^2$ .

В 1925 г. проф. В.В.Дмитриев разработал технический проект теплофикации г. Пскова от новой ТЭЦ высокого давления. Этот проект был утвержден как проект опытной установки, предусматривающий впервые не только в СССР, но и за границей, установку совершенно нового типа турбины с ухудшенным вакуумом, как наиболее выгоднейшей для теплофикации городов.

В 1927-1928 гг. под руководством В.В. Дмитриева аппарат Коммунастроя (затем Коммунаэнергостроя) разрабатывает проекты теплофикации г. Новосибирска, Красноярска, Ярославля, Иваново-Вознесенска, Астрахани, Казани, Воронежа, Петрозаводска, Тулы, Ростова-на-Дону, Завода «Красный треугольник» в Ленинграде и др.

В 1930 г. СНК СССР принял специальное постановление о дальнейшем развитии теплофикации в СССР.

В 1934 г. В.В. Дмитриеву за выдающиеся труды по созданию советской теплофикации и за 35 лет его плодотворной научной и педагогической деятельности было присвоено почетное звание заслуженного деятеля науки и техники. До последних дней своей жизни (сентябрь 1946 г.) В.В.Дмитриев неустанно работал в качестве консультанта в научных и проектных организациях и оставил после себя 57 научных работ в области теплоэнергетики.

После первых опытов 1924 г. на ЛГЭС советская теплофикация стала быстро



развиваться. В Ленинграде в 1927 г. длина тепловых сетей уже достигла 5 км. В 1928 г. была сооружена первая теплофикационная установка в Москве, осуществившая теплоснабжение промышленных потребителей от теплоэнергоцентрали Всесоюзного теплотехнического института.

Однако до 1930 г. строительство новых ТЭЦ в общей сложности отличалось небольшими масштабами. В 1928 г. по всему СССР было пущено в эксплуатацию семь ТЭЦ; 5 из них - на целлюлозно-бумажных фабриках и 2 - на текстильных; в 1929 г. - 12 ТЭЦ, 10 из них - на целлюлозно-бумажных комбинатах, текстильных фабриках и сахарных заводах и только 2 районного значения (в Ленинграде и Пскове).

В 1930 г. началось строительство уже крупных промышленных теплоэлектроцентралей: на Сталинградском и Харьковском тракторных заводах, на Горьковском автозаводе, в Березниках, Кузнецке, Казани, а также на Краснопресненской трехгорной мануфактуре и Кольчугянском кабельном заводе.

По сравнению с 1929 г. длина тепловых сетей в 1933 г. выросла в 5,25 раза, в 1938 г. - в 24,3 раза и в 1940 г. - в 26,2 раза.

В отличие от практики других стран основным типом в городах СССР являются водяные тепловые сети, протяженность которых достигает 87 % от общей протяженности всех тепловых водяных и паровых сетей. В основном пар как теплоноситель применяется только на промышленных площадках, где это вызывается нуждами самого производства.

Советская теплофикация развивалась по самобытному пути как составная часть общего плана электрификации страны. Естественно, что на первом этапе развития этой новой отрасли техники встречались значительные трудности как в разработке теории, так и в практическом ее освоении. Если первые километры наружных теплопроводов прокладывались в тяжелых железобетонных каналах с дорогостоящей изоляцией самих труб сегментами из пробковой крошки, то уже в третьей пятилетке за основной тип была принята бесканальная прокладка труб с засыпкой их торфом. Если в первой установке расчетные параметры обратной воды от систем отопления у абонентов принималась в 30 °С и вследствие этого в отапливаемых помещениях буквально не хватало стен для размещения нагревательных приборов, то уже через несколько лет расчетный перепад температур греющей воды в абонентских системах отопления стали принимать, как и в наши дни, 95/70 °С. Много труда и творческих исканий было затрачено на выявление наиболее рациональной схемы сети наружных теплопроводов и схемы присоединения абонентов к тепловой сети. В одной из первых работ по теплофикации (Б.М.Аше, Теплофикация городов. Л., 1930) приведено свыше двадцати схем присоединения абонентов, опробованных в первые годы теплофикации Ленинграда. Среди этих схем можно видеть простейшую схему с подогревом воды в помещении абонента при помощи бойлера; несколько схем с подачей воды из городской теплосети через шаровой кран верхнего бачка, питающего систему абонента также без использования напора городской сети; схему с местными насосами и «переливной петлей» на обратной линии абонента, применение которой оказало весьма отрицательное влияние на эксплуатацию

внутридомовых систем отопления вследствие подсоса воздуха через эти «переливные петли», и, наконец, схему с применением водо-водяного элеватора и специального предохранительного клапана, заменяющего собой «переливную петлю».

Эта последняя, предложенная проф. В.М.Чаплиным схема присоединения домовой системы отопления к наружным теплопроводам и получила наибольшее распространение в СССР.

Применение водо-водяного элеватора системы проф. Чаплина позволило осуществить на практике центральное регулирование тепловой нагрузки при разнородных потребителях тепла и, кроме того, позволило весьма эффективно использовать свободный на-

пор на вводах теплосети для циркуляции воды в местных системах отопления.

В годы Отечественной войны были внедрены в практику новые способы подогрева воды путем непосредственного подмешивания к воде пара через специальные аппараты смешения. Уже после войны была заново разрешена проблема горячего водоснабжения. Достижения советских химиков по деаэрации подпиточной воды позволили внедрить в практику (по предложению С.Ф.Копьева) непосредственный водоразбор из тепловой и отопительной сети.

Хотя такой способ водоразбора из системы водяного отопления был хорошо известен и широко применялся в России еще в 80-х годах XIX в., но от него вынуждены были отказаться из-за интенсивной коррозии труб вследствие отсутствия надежного способа деаэрации воды, разработанного только в советское время.

Большие заслуги в создании и разрешении проблем советской теплофикации принадлежат проф. В.В.Дмитриеву, проф. Б.Л.Шифринсону, проф. Е.Я.Соколову, Б.М.Якубу и многим другим советским инженерам и техникам, работавшим в научно-исследовательских институтах и лабораториях, в проектных и производственных организациях Советского Союза.

### **Развитие теплофикации в России**

Возникновение идеи централизованного теплоснабжения относится к 80-м годам XIX столетия. В 1877 г. в г. Локпорте (США) была сооружена первая установка для централизованного теплоснабжения. Однако, в США длительное время (до 1937 г.) централизованное теплоснабжение не связывалось с организацией комбинированной выработки электроэнергии, т.е. не являлось теплофикацией.

Первые районные теплофикационные установки в Европе появились в начале XX в. В 1900 г. была пущена в работу первая районная теплофикационная установка в Германии (г. Дрезден).

Комбинированная выработка тепла и электроэнергии нашла применение в России с начала XX в. на предприятиях с теплоемкими технологическими процессами, например, на сахарных заводах и текстильных предприятиях. Для этой цели создавались теплосиловые блок-станции, тепловая энергия от которых поступала группе зданий, принадлежащих одному владельцу. Так, в 1902 г. была

построена блок-станция на генераторной станции С.-Петербургского Политехнического института. В 1903-1912 гг. по иници-

ативе и по проектам проф. Электротехнического института В.В.Дмитриева в С.-Петербурге создаются несколько теплоэлектрических блок-станций для снабжения теплом и электроэнергией Синодальной типографии, детской больницы (17 зданий), 37 корпусов больницы им. Петра Великого (ныне им. Мечникова), дома предварительного заключения (тюрьма Кресты), здания электротехнического института.

В Москве также имелись отдельные предприятия, на которых отработавший пар паросиловых установок использовался для теплоснабжения, но реализация такого технического решения, как и в С.-Петербурге, ограничивалась пределами владения одного собственника (Трехгорная мануфактура, текстильная фабрика Циндель и ряд других предприятий).

Исходя из положительного опыта работы созданных теплоэлектрических блок-станций, проф. В.В.Дмитриев, начиная с 1908 г., на специальных лекциях в Электротехническом институте и в докладах пропагандировал идею теплоэлектроцентралей и руководил разработкой проектов теплоснабжения. Одним из них был проект «Электростанция с использованием отходящего тепла для отопительных и бытовых нужд центрального района города». В этом проекте, изложенном В.В.Дмитриевым в 1923 г. на собрании Русского технического общества, предлагалась идея переоборудования в ТЭЦ 3-й Петроградской ГЭС на Фонтанке, подлежащей закрытию из-за ее неэкономичности. Этот проект являлся темой дипломной работы студента Е.Ф.Бродского - ученика В.В.Дмитриева. Идея проекта - сплошная теплофикация района города, прилегающего к 3-й ПГЭС с превращением этой ГЭС в теплоэлектроцентраль (ТЭЦ). В этом районе располагались здания как с печным, так и с центральным водяным отоплением. В рамках этого проекта печное отопление зданий должно было быть заменено центральным водяным. Летом 1924 г. Л.Л.Гинтер при консультациях с В.В.Дмитриевым и Е.Ф.Бродским составляет свой вариант проекта, более реального с охватом только зданий, имеющих системы центрального отопления.

В январе-марте 1924 г. на территории электростанции был заложен в земле первый опытный участок (стенд) для теплового испытания конструкции и изоляции теплопровода. В результате про-

веденных испытаний была установлена недостаточность изоляционных свойств воздушного цилиндрического зазора между трубой и стенкой канала. Хорошие результаты были получены при использовании изолирующих полуцилиндров из пробки. Так, при транспорте воды с температурой 90 °С со скоростью 1,5 м/с по трубе диаметром 100 мм падение температуры составило менее 1 °С на 1 км. Прокладка трубопровода в непроходном канале и теплоизоляция его пробковыми полуцилиндрами была выбрана для дальнейшего использования.

25 ноября 1924 г. в дом № 96 на набережной р. Фонтанки было подано тепло от 3-й Ленинградской ГЭС (острый пар), причем циркуляция воды в системе отопления здания осуществлялась пароводяным инжектором. Эта дата считается

началом теплофикации России. После окончания в 1927 г. перевода (реконструкции) конденсационной турбины мощностью 680 кВт фирмы Броун-Бовери на ухудшенный вакуум в трубопровод стала подаваться сетевая вода. Нагрев сетевой воды стал происходить за счет тепла отработавшего в турбине пара в бойлере-конденсаторе. По результатам испытаний реконструированной турбоустановки, проведенной в апреле 1929 г. проф. Е.Н.Яковлевым, температура нагретой в бойлере сетевой воды достигала 90 °С. Для дополнительного нагрева сетевой воды и в качестве резерва служили специально разработанные пароводяные струйные подогреватели.

Все работы по превращению турбины в теплофикационную были выполнены на Ленинградском металлическом заводе под руководством М.И.Гринберга, будущего разработчика мощных паровых турбин. Циркуляция сетевой воды в системе теплоснабжения осуществлялась насосом с приводом от паровой турбинки.

В январе 1925 г. горячая сетевая вода от 3-й Ленинградской ГЭС стала подаваться в баки Егорьевских бань на расстоянии 250 мот ГЭС.

Летом 1925 г. от того же источника прокладывается магистраль (400 м) к котельной Обуховской больницы (ныне больница им. Нечаева) с пересечением Веденского канала по специальному мостику (надземная прокладка). В котельной больницы были установлены скоростные теплообменники для подогрева воды, циркулирующей с помощью электронасосов в системах отопления основных

зданий. В зданиях были смонтированы теплообменники для нагрева сетевой водой воды системы горячего водоснабжения. Таким образом, первые установки теплоснабжения были выполнены по закрытой независимой схеме.

Присоединение систем отопления к тепловой сети, кроме Обуховской больницы, проводилось по зависимой схеме. В связи с подключением к тепловой сети в основном старых систем отоплением и опасениями за их прочность было принято к реализации предложение проф. Б.М.Аше о присоединении таких систем с помощью расширительного сосуда и петли, играющей роль водяного затвора. В системах с естественной циркуляцией, а их было большинство, подмешивание обратной воды к сетевой осуществлялось без элеваторов. В некоторых зданиях применялась принудительная циркуляция (насосами). Лишь позже, по примеру Москвы, состоялся переход к элеваторной схеме присоединения систем отопления. Регулирование подачи тепла было принято местное количественное с поддержанием в сети постоянной температуры порядка 100 Тис повышением ее до 115 °С при низких температурах наружного воздуха.

В Москве с 1928 г. начали проводиться аналогичные работы на экспериментальной ТЭЦ ВТИ. Горячая вода от ТЭЦ стала подаваться расположенным вблизи ВТИ заводам («Динамо» и «Парострой») и бане. В начале сетевая вода нагревалась острым паром, а впоследствии паром из нерегулируемого отбора одной из старых паровых турбин, который был обнаружен заглушённым.

В итоге по чисто случайным обстоятельствам (наличие малоценного, но пригодного для экспериментов оборудования) 3-я Ленинградская ГЭС оказалась прообразом будущих отопительных ТЭЦ, а ТЭЦ ВТИ - прообразом промышленно-

отопительных ТЭЦ. Обе ТЭЦ, несомненно, соответствовали районным, поскольку обслуживали разнородных потребителей.

Существенно важным для последующего оказалось то, что полученный в эксплуатации экономический эффект от теплофикации оказался весьма значительным. Электростанция со старой изношенной конденсационной турбиной 680 кВт фирмы Броун-Бовери, имевшая до реконструкции удельный расход условного топ-

лива на выработку электроэнергии 1046 г у.т./кВт-ч, после реконструкции показала на испытаниях расход топлива на теплофикационном режиме 238 г у.т./кВт-ч.

Начатое в 1924 г. строительство тепловых сетей от 3-й Ленинградской ГЭС развивалось и к 1929 г. суммарная протяженность теплотрасс достигла 8,6 км. Эта сеть снабжала теплом 34 абонента с годовым потреблением тепла 53 тыс. Гкал.

В связи с тем, что часовой расход тепла от турбины Броун-Бовери мощностью 680 кВт покрывал слишком малую долю отпущенного тепла, в 1929 г. на Ленинградской ГЭС была смонтирована турбина фирмы «Лаваль» мощностью 5 МВт с противодавлением 1,2-2,0 ата и соответствующие пароводяные подогреватели.

В Москве в 1929 г. построена Краснопресненская ТЭЦ, снабжавшая паром текстильную фабрику - Трехгорную мануфактуру. Через год от ТЭЦ косметической фабрики «ТЭЖЕ» (ныне ТЭЦ-8) был подан пар к заводам «Клейтук», «Новый мыловар» и ГПЗ-1. Длина паропровода составила более 1500 м, диаметр - 300 мм.

В те же годы проводились работы по теплофикации центра города. В 1931 г. от ГЭС-1 был проложен первый в Москве водяной двухтрубный теплопровод диаметром 250 мм по Раушской набережной, Старому Москворецкому мосту, улице Варварка к Зданию ВСНХ в Китай-городе. В этот период в ВТИ была разработана первая генеральная схема теплофикации Москвы с крупными ТЭЦ на периферии города (Б.М.Якуб).

До войны 1941-1945 г. в Москве были построены ТЭЦ-9 и ТЭЦ-11, оснащенные отечественными паровыми турбинами на параметры пара: 30 ата и 400 °С. Суммарная установленная мощность теплофикационных турбин достигла 25 МВт. К 1941 г. в Москве в работе находилось 6 ТЭЦ. В городе имелось 63 км водяных и 13 км паровых тепловых сетей, к которым были подключены 445 жилых здания и несколько десятков промпредприятий.

Включение в работу первых теплофикационных установок в Ленинграде и Москве явилось стимулом для развития теплофикации в Иванове, Казани, Ростове, Самаре, Ярославле и других городах. Активная работа по пропаганде и внедрению теплофикации проводилась Отделом промышленной энергетики, а затем созданным при Главэнерго ВСНХ Комитетом по теплофикации, руководимым проф. Ж.Л.Тамер-Таненбаумом.

Особенно широкое развитие теплофикации в России началось в 1931 г. Наряду с дальнейшим строительством ТЭЦ небольшой и средней мощности при отдельных промышленных предприятиях и в небольших городах началось

строительство мощных по тому времени (100-200 МВт) ТЭЦ для районного теплоснабжения в крупных городах и при вновь создаваемых крупных промышленных комбинатах.

К 1940 г. перед началом Великой Отечественной войны, мощность действующих в стране ТЭЦ составила 2000 МВт, протяженность магистральных тепловых сетей 650 км и годовой отпуск тепла 100 млн ГДж (24 млн Гкал).

Во время войны много предприятий и электростанций было эвакуировано на восток. Всего было эвакуировано более 60 электростанций суммарной мощностью 5800 МВт, из них 1000 МВт - мощности ТЭЦ. По мере освобождения территории страны от фашистских захватчиков, началось восстановление ТЭЦ в Европейской части страны. К 1950 г. установленная мощность ТЭЦ составила 5000 МВт при годовом отпуске тепла 293,3 млн ГДж (70 млн Гкал).

Начиная с 1950 г., начался интенсивный рост эффективности энергоснабжающих установок. На ТЭЦ стали устанавливаться турбины на высокие параметры пара. В 1957 г. ЛМЗ изготовил первую теплофикационную турбину типа ПТ-50-130/2 мощностью 50 МВт на начальные параметры пара: давление 13 МПа и температуру 565 °С с двумя регулируемыми отборами пара. Повышение начальных параметров пара на ТЭЦ дает также близкие к КЭС (на такие же параметры) показатели по расходу топлива при работе по конденсационному циклу. Основным условием эффективной работы ТЭЦ остается требование максимальной выработки электроэнергии по теплофикационному циклу, для чего требуется длительная загрузка отборов турбин ТЭЦ по отпуску тепла. Для отопительных ТЭЦ такой рост выработки электроэнергии возможен за счет присоединения круглогодичной нагрузки горячего водоснабжения, а также работы при оптимальном коэффициенте теплофикации, находящемся в пределах 0,5-0,65. Нагрузки горячего водо-

снабжения на ТЭЦ в период 1950-1960 г. благодаря интенсивному жилищному строительству достигли 15 %. Такая доля нагрузки горячего водоснабжения дала возможность увеличить годовое число часов использования номинальной тепловой мощности отборов турбин до 3700 часов в год.

Повышение максимальных температур сетевой воды до 150 °С было практически повсеместно достигнуто к 1955 г., а новые типы турбин, начиная с 1948 г., выпускались с верхним пределом давления пара регулируемого отбора 0,25 МПа. Перевод режимов ТЭЦ на отпуск тепла от турбин с коэффициентом теплофикации 0,5 задержался из-за существенного их удорожания, связанного с установкой дорогостоящих парогенераторов, необходимых для подачи через РОУ пара на пиковые сетевые подогреватели. Кардинальное решение этой задачи последовало лишь в 1959 г., когда на ТЭЦ появились пиковые водогрейные котлы конструкции ВТИ и Орг-энергостроя. Массовая установка таких котлов на ТЭЦ для подогрева воды с 110-115 °С до 150 °С обеспечила почти повсеместный переход ТЭЦ на работу с оптимальным коэффициентом теплофикации, равным 0,4-0,5. При таких его значениях и доле горячего водоснабжения 10-15% число часов использования отборов турбин возросло до 4000-4500 с соответствующим сокращением выработки электроэнергии по конденсационному циклу.

Начиная с 1954 г., в связи с ростом нефтедобычи в Приуралье началось сооружение ряда нефтеперегонных заводов большой производительности, для которых потребовались ТЭЦ мощностью 200-300 МВт. Для этих ТЭЦ турбины 25 МВт целесообразно было заменить турбинами с единичной мощностью 50-60 МВт. Такие двух отборные турбины были созданы в 1956 г. на давление 9,0 МПа на ЛМЗ и в 1957 г. на УТМЗ на давление пара 13,0 МПа. По мере роста технологической тепловой нагрузки на таких заводах, а также с началом строительства химических комбинатов для производства удобрений, пластмасс и искусственного волокна, имевших потребность в паре до 600-800 т/ч, возникла необходимость в возобновлении производства противодавленческих турбин, но уже на высокие параметры пара, а именно на 13,0 МПа. Выпуск таких противодавленческих турбин мощностью 50 МВт был начат на ЛМЗ в 1962 г.

Изготовление турбин Р-50-130 взамен турбин ЛМЗ ВР-25-2 на давление 9,0 МПа решало одновременно три задачи:

- 1) повышение начальных параметров пара с 9,0 до 13,0 МПа и
- 2) понижение противодавления с 1,8 до 1,0 МПа, что в совокупности давало рост удельной выработки на тепловом потреблении с 38,2 до 50 кВт-ч/ГДж,
- 3) повышение мощности противодавленческих турбин до 50 МВт, т.е. выравнивание их мощности с турбинами ПТ-50.

Отсутствие в номенклатуре изготавливаемого оборудования турбин 50 МВт для отопительных ТЭЦ привело к необходимости использования на таких ТЭЦ турбин типа ПТ, например, на ТЭЦ № 9, 11, 12, 16, 20 и 22 Мосэнерго и др. Это увеличивало на них долю выработки электроэнергии по конденсационному циклу и существенно снижало удельную выработку электроэнергии на тепловом потреблении.

К этому времени развитие жилищного строительства в крупных жилых центрах (Москва, Ленинград и др.) создало базу для сооружения значительного числа отопительных ТЭЦ мощностью 300-400 МВт и более. В этот период во Всероссийском теплотехническом институте были разработаны профили новых типов основного оборудования ТЭЦ: теплофикационных турбин мощностью 50 и 100 МВт (проф. Я.М.Рубинштейн, проф. Е.Я.Соколов), пиковых водогрейных котлов (проф. Л.Б.Кроль, Н.И.Жирнов). По этим разработкам УТМЗ (Д.П.Бузин, Е.И.Бененсон) были выполнены проекты и изготовлены новые турбины на 50 МВт (1960 г.) и 100 МВт (1962 г.), отличающиеся повышенной экономичностью и являющиеся до настоящего времени наиболее распространенным основным оборудованием ТЭЦ. Разработанные водогрейные котлы получили широкое распространение не только в качестве пиковых на ТЭЦ, но и как основное оборудование районных котельных.

Принципиальным отличием этих новых типов турбин было применение в них двухступенчатого подогрева сетевой воды с использованием нижнего отбора 0,05-0,2 МПа и верхнего отбора 0,06-0,25 МПа и возможностью перевода турбин в режим работы с противодавлением при конденсации выхлопного пара в выделенной в конденсаторе турбины специальной поверхности (сетевой пучок) для подогрева сетевой или подпиточной воды.

Наиболее эффективной была работа таких турбин на ТЭЦ, к которым присоединялись тепловые сети с потребителями горячего водоснабжения, включенными по закрытой схеме нагрева водопроводной воды. В такой схеме обратная вода из системы отопления дополнительно охлаждается и поступает на ТЭЦ с температурой 30-50 °С. Сочетание схем ТЭЦ с новыми турбинами, имеющими два теплофикационных отбора, и схемы абонентских вводов с последовательным соединением теплообменников горячего водоснабжения дало возможность повысить на ТЭЦ в теплые дни отопительного сезона значение удельной выработки электроэнергии до 148 кВт-ч/ГДж. В результате повышения начальных параметров пара было достигнуто снижение среднего удельного расхода условного топлива с 440 до 395 г у.т./кВт-ч при средних расходах условного топлива на КЭС тех же параметров 437 г у.т./кВт-ч.

За 10 лет (с 1950 по 1960 г.) на ТЭЦ было установлено более 500 турбин с давлением 9,0 МПа суммарной мощностью около 9 млн кВт.

Установка на ТЭЦ турбин мощностью 50-100 МВт с давлением пара 13 МПа, начавшаяся после 1960 г., имела следствием значительный рост эффективности работы ТЭЦ.

К 1970 г. в системе Минэнерго было сооружено более 100 новых ТЭЦ и установлено более 600 теплофикационных турбин. Суммарная мощность теплофикационных турбин увеличилась с 16,6 млн кВт до 47,0 млн кВт.

К 1975 г. мощность турбин, установленных на ТЭЦ, возросла до 58,5 млн кВт при годовом отпуске тепла около 3820 млн ГДж.

В составе оборудования отопительных ТЭЦ появилась турбина Т-250/300-240 на за критические параметры пара 24,0 МПа и 540 °С с применением промперегрева, а для промышленных ТЭЦ УТМЗ в 1973 г. была изготовлена турбина ПТ-135/165-130 на давление 13,0 МПа.

Следует отметить выдающуюся роль в становлении теплофикации ученых и инженеров, посвятивших свою профессиональную деятельность теоретическому ее обоснованию, практическому внедрению и подготовке квалифицированных кадров.

Это, кроме упомянутых выше: проф. Сергей Федорович Копьев (ОРГРЭС, МИСИ), проф. Ефим Яковлевич Соколов (МЭИ,

ВТИ), акад. Лев Александрович Мелентьев (СЭИ), проф. Елизар Федорович Бродский (ЛИСИ), инж. Евсей Петрович Шубин (ГИ-ПРОКОММУНЭНЕРГО), к.т.н. Николай Константинович Громов (Теплосеть Мосэнерго), к.т.н. Исаак Соломонович Ланин (Теплосеть Ленэнерго), к.т.н. Борис Иосифович Генкин (ОРГРЭС), к.т.н. Александр Петрович Сафонов (Теплосеть Мосэнерго), проф. Владимир Бернардович Пакшвер (ВТИ), инж. Александр Александрович Николаев (ТЭП), к.т.н. Семен Яковлевич Белинский (МЭИ), к.т.н. Василий Петрович Корытников (ВНИПИЭНЕРГОПРОМ), а также многие другие ученые и инженеры, отдавшие делу развития теплофикации свои силы и знания. Многие из упомянутых ученых являются авторами фундаментальных монографий и учебников, которыми специалисты в области теплофикации пользуются до настоящего времени.



### **3. Перспективы развития топливно-энергетического комплекса**

#### **Теплоснабжение**

Стратегическими целями теплоснабжения являются:

- надежное снабжение теплом экономики и населения страны;
- повышение эффективности функционирования и обеспечение устойчивого развития отрасли на базе новых современных технологий;
- максимально эффективное использование возможностей когенерации.

Для достижения этих целей предусматривается решение следующих основных задач:

- разработка программы реформирования теплоснабжения в России и создание государственной системы управления процессами теплоснабжения;
- пересмотр политики теплоснабжения городов и предприятий в части оптимального снижения уровней централизации с целью повышения надежности теплоснабжения и снижения затрат на передачу тепловой энергии;
- разработка и осуществление мер государственного регулирования для обеспечения коммерческой эффективности теплофикации и для сохранения первичных энергоресурсов, снижения вредных выбросов от энергоисточников в окружающую среду, рационального использования территорий городов.

Суровые климатические условия в России определяют теплоснабжение как наиболее социально значимый и в то же время наиболее топливоемкий сектор экономики: в нем потребляется почти 40% энергоресурсов, используемых в стране, а более половины этих ресурсов приходится на коммунально-бытовой сектор. Несмотря на это теплоснабжение в отличие от основных отраслей ТЭК не имеет единой технической, структурно-инвестиционной, организационной и экономической политики. Относительно прозрачны лишь системы централизованного теплоснабжения и в их числе - теплофикационные системы в составе АО-энерго, АО-электростанций и соответственно - холдинга РАО «ЕЭС России».

Не ведется разработка сводного теплового баланса страны. В результате ряд направлений производства и использования тепловой энергии не учитывается и, следовательно, не оценивается энергетически и экономически.

В настоящее время около 72% всей тепловой энергии производится централизованными источниками (мощностью более 20 Гкал/ч), остальные 28% производятся децентрализованными источниками, в том числе 18% - автономными и индивидуальными источниками. Кроме того, незначительная часть спроса на тепловую энергию (4,5 %) удовлетворяется за счет утилизации сбросного тепла от технологических установок, а доля тепла, получаемого от возобновляемых источников энергии, пренебрежительно мала.

В России электроэнергетика теснейшим образом связана с теплоснабжением: на тепловых электростанциях производится более 60 % электрической и почти 32% тепловой энергии, используемой в стране; при этом практически третья часть электроэнергии, производимой всеми ТЭС, вырабатывается в теплофикационном

(комбинированном) цикле.

Эффективность работы ТЭЦ общего пользования и ряда федеральных ГРЭС с большими объемами отпуска тепла во многом зависит от эффективности функционирования систем централизованного теплоснабжения, в составе которых работают эти станции.

Кроме указанных ТЭЦ и ГРЭС, а также АТЭЦ, в городах работает много так называемых промышленных ТЭЦ и котельных, которые входят в состав промышленных предприятий и снабжают их, а также прилегающие жилые районы тепловой (прежде всего) и электрической энергией. Большое количество котельных находится в муниципальной собственности. Индивидуальные котельные, встроенные в отапливаемые здания или пристроенные к ним, обычно являются собственностью тех хозяйствующих субъектов, которым принадлежат указанные здания.

Системы централизованного теплоснабжения являются локальными монополиями.

В общем системами централизованного теплоснабжения в России вырабатывается около 1,4 млрд Гкал в год. Около 600 млн Гкал тепловой энергии ежегодно производят 68 тыс. коммунальных котельных. В большинстве крупных городов (более 100 тыс. чел.) централизованным теплоснабжением обеспечено 70-95% жилого фонда.

Около 50% объектов коммунального теплоснабжения и инженерных сетей требуют замены, не менее 15% находятся в аварийном состоянии. На каждые 100 км тепловых сетей ежегодно регистрируется в среднем 70 повреждений. Потери в тепловых сетях достигают 30%. Помимо потерь тепла, с утечками теплоносителя ежегодно теряется более кубокилометра воды. 82% общей протяженности тепловых сетей требуют капитального ремонта или полной замены.

К основным причинам такого состояния систем коммунального теплоснабжения относятся: дефицит финансов, износ оборудования и тепловых сетей, слабое управление и нерешенные вопросы разграничения полномочий и ответственности в коммунальной энергетике, отсутствие перспективных схем развития систем теплоснабжения и т.п.

Накопившиеся за многие годы проблемы в теплоснабжении отрицательно сказываются на нормальном функционировании не только жилищно-коммунального комплекса, но и ТЭК страны. Поэтому их решение и проводимая в настоящее время реформа ЖКХ должны быть организационно и экономически связаны с реструктуризацией РАО «ЕЭС России» и преобразованиями в газовой отрасли.

Для решения накопившихся проблем в теплоснабжении, которые проявились в последние годы особенно в жилищно-коммунальном секторе и связаны с эксплуатацией и дальнейшим развитием систем теплоснабжения (централизованных, децентрализованных, автономных, индивидуальных), необходимо осуществление комплекса мер, в части:

- совершенствования организационной, нормативной и правовой базы:

- объединение тепловых сетей АО-энерго и муниципальных тепловых сетей

в рамках одного энергопредприятия (от коллекторов источников тепловой энергии до конечных потребителей), что однозначно определит ответственность таких предприятий за надежное и экономически эффективное теплоснабжение конечных потребителей со всеми вытекающими из этого правовыми, экономическими и технологическими последствиями. При этом в процессе реформирования ЖКХ должны быть решены вопросы по созданию контролируемых потребителями оргструктур, ответственных перед населением за оказания коммунальных услуг по теплоснабжению;

- обновить, расширить и при необходимости создать заново, комплексную нормативную базу, регулирующую решение проблем теплоснабжения силами и средствами всех производителей тепловой энергии. При этом должны быть созданы организационно-правовые и экономические механизмы по разработке и реализации новых комплексных генеральных планов электро, газо и теплоснабжения городов с учетом оптимальной структуры первичных энергоресурсов, степени централизации теплоснабжения и теплофикации, что должно обеспечить минимизацию тарифов на производство и передачу тепловой энергии;

- создать информационно-аналитические базы данных и организовать мониторинг всех действующих систем теплоснабжения для определения реальных затрат энергоресурсов, расходуемых на теплоснабжение, с последующей корректировкой (при необходимости) направлений развития теплоснабжения в городе, в регионе, в стране;

- разработки новых подходов к тарифному регулированию, управлению спросом и развитию рыночных отношений:

- введение системы тарифов на тепловую энергию с выделением ставок за мощность и энергию, а также дифференцированных тарифов по объемам потребления, времени года, числу часов использования максимума нагрузок, и главное - отдельно по городам (возможно, и по отдельным источникам) с целью исключения перекрестного субсидирования неэкономичных источников тепла за счет высокорентабельных;

- повышение эффективности функционирования энергоисточников и тепловых сетей за счет снижения издержек по системе теплоснабжения в целом, привлечения частных инвестиций, создания условий для превращения теплоснабжения в сферу, привлекательную для бизнеса;

- обеспечить управление спросом на тепловую энергию силами и средствами потребителей (а не поставщиков тепла, как это до сих пор принято в России), для чего потребуются массовое внедрение систем автоматического регулирования на тепловых пунктах у конечных потребителей с поэтапным переходом на независимые схемы присоединения к сети и внедрением количественного и количественно-качественного регулирования отпуска тепловой энергии, которая может быть поставлена (подана) в сеть от различных источников;

- развитие рыночных отношений и изменение структуры собственности, что повлияет на структуру производства тепловой энергии в направлении децентрализации и меньшей зависимости от АО-энерго;

**- технического перевооружения отрасли:**

- осуществление реконструкции, модернизации и развития действующих систем централизованного теплоснабжения с целью максимально возможного использования комбинированного производства электрической и тепловой энергии;
- обеспечить совершенствование технологий в области теплоснабжения и теплофикации, снижение себестоимости производства тепловой энергии за счет внедрения газотурбинных, парогазовых, газопоршневых и газовинтовых ТЭЦ различной мощности с вытеснением действующих газовых котельных в зону пиковых тепловых нагрузок;
- принять меры по повышению надежности тепловых сетей, в частности путем повсеместного перехода на современные предварительно изолированные трубы, и совершенствованию оборудования, используемого в системах централизованного и децентрализованного теплоснабжения;
- учитывая суровые климатические условия в России и кризисные явления в секторе муниципального теплоснабжения, обеспечить в каждой системе теплоснабжения резервные мощности стационарного и мобильного типов и запасы топлива в зависимости от продолжительности стояния сверхнизких температур и их абсолютного значения.

Теплоснабжение такой северной страны, как Россия, должно относиться к числу важнейших приоритетов государственной экономической и энергетической политики. При этом основной задачей является создание системы, обеспечивающей скоординированную работу различных государственных и частных предприятий и организаций в интересах потребителей. После создания такой системы за государством должна остаться разработка стратегических направлений развития теплоснабжения, анализ возможных проблем и поиск путей их решения, государственный надзор.

В рассматриваемой перспективе прогнозируется рост производства тепловой энергии в 2010 г. на 9-13 % и в 2020 г. на 22-34 % больше, чем в 2000 г. При этом предусматривается рост реального потребления тепловой энергии в 1,4-1,5 раза за счет сокращения потерь и использования высокого потенциала энергосбережения в этом секторе энергетики.

Поскольку теплоснабжение в России играет высокую социальную роль, повышение его надежности, качества и экономичности является безальтернативной задачей. Любые сбои в обеспечении тепловых потребностей негативным образом воздействуют на экономику страны и усиливают социальную напряженность. Поэтому в рассматриваемой перспективе государство должно оставаться важнейшим агентом экономических отношений в отрасли.

Намечаемые уровни развития теплоснабжения и теплофикации, коренная модернизация и техническое перевооружение отрасли потребуют значительного роста инвестиций. Основным источником капитальных вложений будут являться собственные средства предприятий отрасли, государственное (муниципальное) финансирование, заемные средства, в том числе инвестиционных и финансовых структур, привлеченные на условиях проектного финансирования.

## Электроэнергетика

Сценарии развития теплоэнергетики, связанные с возможностью радикального изменения условий топливо обеспечения тепловых электростанций в европейских районах страны, ужесточение экологических требований, преодоление к 2010 г. тенденции превышения темпов нарастания объемов оборудования электростанций, выработавших свой парковый ресурс, над темпами вывода его из работы и обновления требуют скорейшего внедрения достижений НТП и новых технологий в электроэнергетике.

Для электростанций, работающих на газе, такими технологиями являются: парогазовый цикл, газотурбинные надстройки паросиловых блоков и газовые турбины с утилизацией тепла. На электростанциях, работающих на твердом топливе, - экологически чистые технологии сжигания угля в циркулирующем кипящем слое, а позже - газификация угля с использованием генераторного газа в парогазовых установках. Новые угольные ТЭС в крупных городах, районах концентрированного сосредоточения населения и сельскохозяйственных регионах должны быть оснащены установками сероочистки.

Переход от паротурбинных ТЭС на газе к парогазовым ТЭС обеспечит повышение КПД установок до 50%, а в перспективе - до 60% и более. Вторым направлением повышения тепловой экономичности ТЭС является строительство новых угольных блоков на супер критические параметры пара с КПД 45-46%. Это позволит существенно снизить удельный расход топлива на выработку электроэнергии на ТЭС на твердом топливе с 360 г у.т./кВт-ч в 2000 г. до 310 г у.т./кВт-ч в 2010 г. и до 280 г у.т./кВт-ч в 2020 г.

Важнейшую роль в снижении расхода топлива, используемого для производства электрической и тепловой энергии в электроэнергетическом секторе, будет играть теплофикация, т.е. выработка электроэнергии на ТЭС с утилизацией теплоты, отработавшей в паросиловом, газотурбинном или комбинированном парогазовом цикле.

Важным направлением в электроэнергетике в современных условиях является развитие распределенной генерации на базе строительства электростанций небольшой мощности, в первую очередь небольших ТЭЦ с ПГУ, ГТУ и на других современных технологиях.

Газотурбинные, газопоршневые и парогазовые ТЭЦ, ориентированные на обслуживание потребителей с тепловыми нагрузками малой и средней концентрации (до 10-50 Гкал/ч), получившие название когенерационных, будут обеспечивать в первую очередь децентрализованный сектор теплоснабжения.

Кроме этого, часть районных отопительных и промышленных котельных будет реконструирована (где это возможно и экономически оправдано) в ТЭЦ малой мощности.

В результате в процессе развития теплофикации и когенерации будет возрастать доля независимых от АО-энерго производителей электроэнергии и тепла, увеличится конкуренция производителей электрической и тепловой энергии...

## **Возобновляемые источники энергии и местные виды топлива**

К возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) относятся: солнечная, ветровая, гидравлическая (малые ГЭС мощностью до 30 МВт), геотермальная энергия, биомасса и низко потенциальная тепловая энергия разных сред.

Стратегическими целями использования возобновляемых источников энергии и местных видов топлива являются:

- сокращение потребления невозобновляемых ТЭР;
- снижение экологической нагрузки от ТЭК;
- обеспечение децентрализованных потребителей и регионов с дальним и сезонным завозом топлива;
- снижение расходов на дальнепривозное топливо.

При проведении региональной энергетической политики важное значение имеет оптимальное использование возобновляемых источников энергии и местных видов топлива.

Необходимость развития возобновляемой энергетики определяется ее ролью в решении следующих проблем:

- обеспечение устойчивого тепло- и электроснабжения населения и производства в зонах децентрализованного энергоснабжения, в первую очередь в районах Крайнего Севера и приравненных к ним территориях. Объем завоза топлива в эти районы составляет около 7 млн т нефтепродуктов и свыше 23 млн т угля;
- обеспечение гарантированного минимума энергоснабжения населения и производства в зонах централизованного энергоснабжения, испытывающих дефицит энергии, предотвращение ущербов от аварийных и ограничительных отключений;
- снижение вредных выбросов от энергетических установок в городах и населенных пунктах со сложной экологической обстановкой, а также в местах массового отдыха населения.

Неистощаемость и экологическая чистота этих ресурсов обуславливают необходимость их интенсивного использования.

По имеющимся оценкам, технический потенциал ВИЭ составляет порядка 4,6 млрд т у.т. в год, т.е. в пять раз превышает объем потребления всех топливно-энергетических ресурсов России, а экономический потенциал определен в 270 млн т у.т. в год, что немногим более 25% от годового внутри российского потребления. В настоящее время экономический потенциал ВИЭ существенно увеличился в связи с подорожанием традиционного топлива и удешевлением оборудования возобновляемой энергетики за прошедшие годы.

По всем видам оборудования для возобновляемой энергетики Россия находится на мировом уровне, за исключением ветроустановок мощностью 30 и более кВт, которые должны быть доработаны с учетом передового зарубежного опыта.

При всех трудностях процесса становления возобновляемой энергетики ее доля в производстве электроэнергии составила в 2002 г. около 0,5 % от общего производства или 4,2 млрд кВт·ч, а объем замещения органического топлива -

около 1 % от общего потребления первичной энергии или около 10 млн т у.т. в год.

Оценки показывают, что к 2010 г. может быть осуществлен ввод в действие около 1000 мВт электрических и 1200 мВт тепловых мощностей на базе возобновляемых источников энергии при соответствующей государственной поддержке.

К местным видам топлива относятся в первую очередь торф и дрова.

Общие запасы торфа на территории Российской Федерации оцениваются в размере 162,7 млрд т (торфа 40% влажности). Наиболее обеспечены торфяными ресурсами районы Европейского Севера, Западной Сибири, Урала и Северо-Запада страны. В этих районах торфяная промышленность и использование торфа могут занять заметное место.

Торф является природным ресурсом, запасы которого могут при соответствующих условиях возобновляться. Ежегодный прирост торфа на болотах России составляет 250 млн т (при влажности 40%).

Благодаря низкой трудоемкости и энергоемкости добычи топливного торфа, простоте транспортных схем и коротким расстояниям вывозки, торф сохраняет конкурентоспособность с другими видами ввозимого твердого топлива на ограниченное расстояние. Кроме того, торф характеризуется низким содержанием серы и золы, что дает низкие уровни вредных выбросов при его сжигании. В 2000 г. на электростанциях России было использовано 1,7 млн т торфа.

Прогнозные показатели производства и энергетического использования торфа на период до 2020 г. оцениваются следующим образом:

- обеспечение новых ТЭЦ мощностью по 20-30 МВт и котельных в торфообеспеченных и энергодефицитных северных регионах - до 4 млн т.;
- расширение использования торфа как местного коммунально-бытового топлива за счет увеличения добычи кускового торфа - до 3 млн т;
- восстановление и развитие производства торфяных брикетов - до 1 млн т.

Одним из видов бытового топлива являются дрова, которые в настоящее время используют более 5 млн семей. На эти цели расходуется свыше 50 млн куб. м древесины. Централизованно топливоснабжающими предприятиями различных форм собственности реализуется около 6 млн куб. м дров. Для ликвидации дефицита в этом топливе необходимо обеспечить поддержание существующих мощностей по заготовке дров и создание новых на базе лесохозяйственных, лесопромышленных и топливных предприятий.

Важным местным видом топлива, особенно в целях теплоснабжения, являются городские бытовые отходы. Необходимо создание условий для вовлечения их в энергетический баланс, обеспечивая одновременно и решение экологических проблем.

Для децентрализованных потребителей необходимо использовать также древесные и сельскохозяйственные отходы.

## 4. История развития газоснабжения

### Откуда появился газ

Еще три века назад слова “газ” не существовало. Его впервые ввел в XVII веке голландский ученый Ван-Гельмонт. Оно определяло вещество, в отличие от жидких и твердых тел способное распространяться по всему доступному ему пространству (в обычных условиях) без скачкообразного изменения своих свойств, то есть занимать весь предоставленный ему объем. С тех пор слово “газ” вошел во все основные языки мира.

Из истории развития человечества известно, что природный горючий газ был известен с древнейших времен, но использование его не имело широкого распространения. В местах выхода его на поверхность земли он иногда загорался, и такой факел существовал долгое время. Эти факелы называли вечным огнем, и первые сведения о них находим у Масуди (X в.), Катдиб-Челяби и др. А вот жители Ирака и Индии были убеждены, что когда из расщелин среди скал поднимаются ввысь языки пламени, то происходит это по велению бога огня. Поэтому этот огонь считается здесь священным.

Так же в своих записках о путешествиях Марко Поло упоминает о том, что природные газы использовались для освещения и отопления в некоторых районах Китая. А путешественник Кемпфер в своих отчетах о посещении Апшерона в 1682-1686 гг. писал, что местные аборигены данного полуострова для приготовления пищи и обжига известняков широко используют горючие газы. В ряде других литературных источниках часто упоминаются “вечные огни” в Сураханах (на Апшеронском полуострове), существовавшие еще в начале XX в. и привлекавшие большое внимание исследователей.

### Две теории происхождения нефти и газа

Существуют две теории происхождения нефти и газа: теория минерального и теория органического происхождения.

Теория минерального происхождения высказана Д.И. Менделеевым: результат воздействия морской воды на углеродистое железо в условиях высокой температуры и давления. Однако это теория не получила широкого распространения, т.к. в составе нефти встречаются вещества органического происхождения и не доказано присутствие в недрах земли углеродистого железа.

Наиболее признана теория органического происхождения (высказана советским академиком И.М. Губкиным): веществом, послужившим для образования природного газа и нефти, явился органический осадок застойных водяных бассейнов, содержащий погибшие животные организмы и растения (водоросли). Под действием различных физических и геологических факторов эти отложения перемещались в земной коре, образуя залежи нефти и газа.

Углеводороды и сопутствующие им небольшие количества других газов, образовавшиеся в процессе указанного разложения, скапливались в порах таких пород, как пески, песчаники, галечники и др.



В зависимости от геологических условий в одних случаях образовывались тяжелые углеводороды в виде нефти, в других — легкие углеводороды в виде чисто газовой залежи; в ряде случаев образовывались совместные скопления нефти и газа. Необходимым условием образования газовой залежи является наличие плотных подстилающих и покрывающих эту залежь газонепроницаемых пород, например глинистых. Иногда подошвой газовой залежи являются пластовая вода и нефть.

### **Месторождение природного газа**

В осадочной оболочке земной коры сосредоточены огромные залежи природного газа. Согласно теории биогенного (органического) происхождения нефти, они образуются в результате разложения останков живых организмов. Считается, что природный газ образуется в осадочной оболочке при больших температурах и давлениях, чем нефть. С этим согласуется тот факт, что месторождения газа часто расположены глубже, чем месторождения нефти.

Огромными запасами природного газа обладают Россия (Уренгойское месторождение), Иран, большинство стран Персидского залива, США, Канада. Из европейских стран стоит отметить Норвегию, Нидерланды. Среди бывших республик Советского Союза большими запасами газа владеют Туркмения, Азербайджан, Узбекистан, а также Казахстан (Карачаганакское месторождение)

Во второй половине XX века в университете им. И. М. Губкина были открыты природные газогидраты (или гидраты метана). Позже выяснилось, что запасы природного газа в данном состоянии огромны. Они располагаются как под землёй, так и на незначительном углублении под морским дном.

Метан и некоторые другие углеводороды широко распространены в космосе. Метан — третий по распространённости газ вселенной, после водорода и гелия. В виде метанового льда он участвует в строении многих удалённых от солнца планет и астероидов, однако такие скопления, как правило, не относят к залежам природного газа, и они до сих пор не нашли практического применения. Значительное количество углеводородов присутствует в мантии Земли, однако они тоже не представляют интереса.

Туркмения — 4-я в мире по запасам природного газа. Обладает вторым по величине газовым месторождением в мире.

### **Происхождение природного газа**

Считается, что месторождения углеводородов (нефти, природного газа) возникли в результате разложения останков живых организмов. В последние годы, однако, все большую популярность завоевывает теория абиогенного происхождения углеводородов. Спор между специалистами может быть разрешен благодаря работе, выполненной в Институте геологии и минералогии СО РАН. Ученые разработали методику, позволяющую определить источник углерода, вошедшего в состав природного газа.

Сама возможность абиогенного синтеза была давно доказана. Оставалось выяснить, влияет ли происхождение природного газа на его состав. Решение этой

задачи предложили сотрудники Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН и Института физики высоких давлений им. Л.Ф.Верещагина РАН. В экспериментах, выполненных при поддержке фонда INTAS, ученые помещали ампулы, заполненные реагентами (источник углерода, железо и вода) в камеру высокого давления, содержимое сжимали и затем нагревали до значений давления и температуры, соответствующих условиям верхней мантии Земли. В качестве биогенного источника углерода использовали известняк (карбонат кальция), в качестве абиогенного – графит. После необходимой выдержки давление снижали, ампулы охлаждали, вынимали из камеры и анализировали содержимое.

Во всех вариантах опыта ученые получили смесь углеводородов, соответствующую по составу углеводородной части природного газа. Однако при использовании абиогенного источника, графита, получается так называемый «сухой» газ, в котором преобладает метан. Такой газ встречается в природе – например, в Северо-Ставропольском месторождении. Если в качестве источника углерода выступает известняк, газ получается «жирный», обогащенный более высокомолекулярными углеводородами, главным образом этаном. Газ такого состава также добывают – например, в Вуктыльском месторождении.

Возможно ли, что существуют два равноправных источника углеводородов? Теоретически да, но авторы также показали в своей работе, что на состав газа влияет время охлаждения реакционной смеси. Если охлаждение происходит быстро, газ содержит небольшое количество этана и этилена. При медленном охлаждении в течение четырех часов количество этих компонентов возрастает в десятки раз, и в смеси появляются более высокомолекулярные углеводороды вплоть до бутана и бутилена. Таким образом, газовые смеси различного состава возможно получить и из органического, и из неорганического по происхождению углерода. Хотя полной ясности сегодня нет, дальнейшие эксперименты с использованием разработанной экспериментальной схемы могут приблизить ученых к решению вопроса о происхождении углеводородов.

Довольно распространено ложное представление о том, что газ находится под землей в неких пустотах, из которых легко полностью извлекается. На самом деле газ может находиться внутри горной породы, имеющей пористую структуру настолько мелкую, что человеческим глазом ее увидеть нельзя. Держа в руках кусок песчаника, извлеченного с огромной глубины, достаточно сложно представить, что внутри заключен природный газ.

Человечество знает о существовании природного газа давно. И, хотя уже в IV веке до н. э. в Китае его научились использовать для отопления и освещения, долгое время яркое пламя, не оставляющее пепла, являлось предметом мистического и религиозного культа для некоторых народов. Например, на Апшеронском полуострове (современная территория Азербайджана) в VII веке был воздвигнут храм огнепоклонников Атешгях, служения в котором проходили вплоть до XIX века.

Кстати, недалеко от храма Атешгях в 1859 году была совершена первая в России попытка (довольно кратковременная) использовать природный газ в

промышленных целях — на нефтеперегонном заводе в Баку.

### **Термоламп и первый газ в России**

История российской газовой промышленности начинается в 1811 году. Тогда изобретатель Петр Соболевский создал первую установку для получения искусственного газа — термоламп. Выступив с докладом об этом на заседании Всероссийского общества любителей словесности, наук и художеств, по указу Александра I Соболевский был награжден орденом за свое изобретение. А несколькими годами позже, в 1819 году, на Аптекарском острове в Санкт-Петербурге зажглись первые газовые фонари. Таким образом, история газовой промышленности в России началась почти 200 лет назад — в 2011 году у нее был юбилей.

Однако до XX века в России природный газ являлся побочным продуктом при добыче нефти и назывался попутным газом. Не существовало даже самих понятий газового или газоконденсатного месторождений. Обнаруживались они случайно, например при бурении артезианских скважин. Однако известен случай, когда во время бурения такой скважины находчивый саратовский купец, увидев вместо воды пламя, построил на этом месте стекольный и кирпичный заводы.

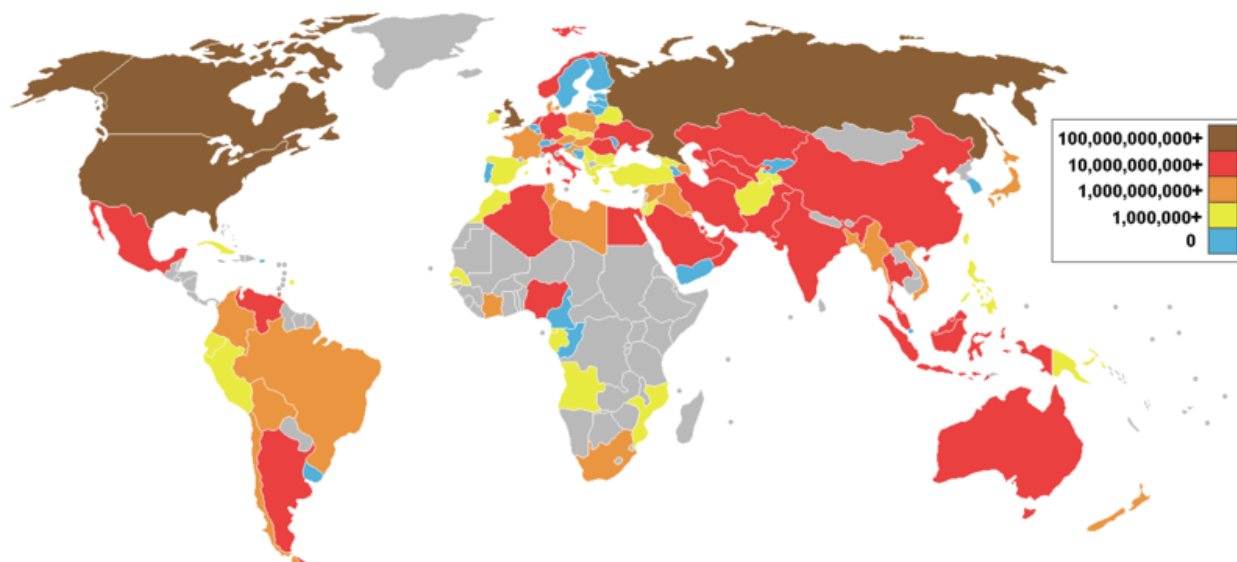
Саратовский купец Мельников решил пробурить артезианский колодец на своем хуторе в 40 километрах от села Дергачи. Когда глубина колодца достигла примерно ста метров, по словам очевидцев из-под земли подул «сильный ветер». Не понимая в чем дело, рабочие прекратили работу и стали обсуждать непонятное явление. Один из рабочих вздумал прикурить, чиркнул спичкой — раздался взрыв и вспыхнуло пламя. Огонь потушили с большим трудом. Сын купца, студент Рижского политехнического института, понял, что из скважины произошло выделение газа. Пробы газа, проведенные в Риге, подтвердили наличие метана. Чтобы столь выгодное топливо не пропадало зря, купец Мельников, проявив смекалку, на этом месте построил стекольный и кирпичный заводы. Стекольный завод функционировал и после революции, однако уже под новым названием — «Стеклогаз». Сегодня это первое обнаруженное месторождение известно как Мельниковское (Дергачевское), однако запасы газа здесь уже иссякли.

Промышленники постепенно начали осознавать, что природный газ может быть крайне полезен.

### **Что же такое этот природный газ**

Природный газ — смесь газов (газообразные углеводороды), образующиеся в земной коре при анаэробном разложении органических веществ.

Природный газ относится к полезным ископаемым, являющийся высокоэкономичным энергетическим топливом, теплота сгорания которого составляет 32,7 Мдж/м<sup>3</sup> (7800 ккал/м<sup>3</sup>) и выше. Это одно из важнейших горючих ископаемых, занимающие ключевые позиции в топливно-энергетических балансах многих государств, важное сырьё для химической промышленности.



Часто является попутным газом при добыче нефти. Природный газ в пластовых условиях (условиях залегания в земных недрах) находится в газовом состоянии в виде отдельных скоплений (газовых залежей) или в виде газовой шапки нефтегазовых месторождений — это свободный газ, либо в растворённом состоянии в нефти или воде (в пластовых условиях), а в стандартных условиях (0,101325 МПа и 20 °С) — только в газовом состоянии. Также природный газ может находиться в виде газогидратов (газовые гидраты или клатраты — кристаллические соединения, образующиеся при определённых термобарических условиях из воды и газа.).

Природный газ занял огромную нишу в нашей жизни, он широко распространён в мире, главным образом как попутный нефтяной газ. Ведущими странами-производителями газа являются США, Россия и Канада, но большие перспективы открытия потенциально значительных месторождений дают поисково-разведочные работы в море, особенно у побережья Африки, Азии, Южной Америки, в Северном и Каспийском морях. Главное использование природного газа — в качестве топлива в промышленности и быту. В промышленности он применяется как топливо на электростанциях, цементной и стекольной промышленности, при производстве стройматериалов и для коммунально-бытовых нужд, в цветной и чёрной металлургии, при выплавке металлов, при выплавке стекла, так же как сырьё для получения органических соединений при синтезе, производстве извести и цемента, приготовлении хлеба и другой пищи да и во многих других случаях. Он используется также в производстве бензина, сажи и некоторых важных химических продуктов, таких, как метиловый спирт, формальдегид, синтетический аммиак. В домашнем хозяйстве газ служит горючим в печах, нагревательных приборах, газовых плитах и т.п.

### **История развития газовой промышленности Республики Беларусь.**

С начала газификации Республики Беларусь в 1958 году Правительством БССР был создан центральный орган государственного управления развития

газификации республики – Главное управление по газификации при Совете Министров БССР (Главгаз БССР), куда на правах юридических лиц вошли областные и г. Минска газовые хозяйства.

В 1978 году Главгаз БССР был преобразован в Государственный комитет по газификации при Совете Министров БССР (Госкомгаз БССР) с теми же административными и имущественными функциями.

В 1988 году Госкомгаз БССР и Министерство топливной промышленности БССР решением Правительства БССР были объединены и преобразованы в Государственный комитет по топливу и газификации (Госкомтопгаз БССР) с вхождением в его состав находящихся в ведении указанных органов государственного управления организаций, обладающих правом юридического лица.

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 13 апреля 1992 года №204, а также решением трудовых коллективов организаций Госкомтопгаза БССР был организован Белорусский концерн по топливу и газификации (концерн «Белтопгаз»), который осуществлял свою деятельность на основании учредительных документов по административному, имущественному и хозяйственному управлению всех входящих в его состав государственных организаций. Согласно Указу Президента Республики Беларусь от 24 сентября 2001 года №516 концерн «Белтопгаз» подчинён Министерству энергетики Республики Беларусь, которое утвердило его устав в новой редакции. В настоящее время концерн «Белтопгаз» преобразован в Государственное производственное объединение по топливу и газификации «Белтопгаз».

Успешное функционирование и развитие производственных сил, а также повышение жизненного уровня населения Беларуси в значительной степени зависит от состояния топливно-энергетического комплекса. Именно поэтому особую актуальность и значимость приобретает надежное и эффективное энергоснабжение всех отраслей экономики, обеспечивающих производство конкурентоспособной продукции и достижение высоких стандартов уровня и качества жизни населения при сохранении экологически безопасной среды.

На сегодняшний день самым эффективным, экологически чистым и наиболее дешевым видом топлива является природный газ, за счет которого возможно удовлетворение существующих потребностей республики, а также прирост потребления или замещение выбывающих видов топлива. Поэтому он занимает особое место в структуре топливно-энергетического баланса Беларуси – практически все отрасли экономики используют его в своей деятельности.

Бесперебойное газоснабжение в Беларуси, а также транзит природного газа через территорию страны обеспечивает ОАО «Белтрансгаз».

«Белтрансгаз» занимает присущую только ему нишу в социально-экономическом развитии республики. Созданное еще в рамках единой газотранспортной системы СССР, предприятие стало основой для становления газовой отрасли независимой Беларуси, газификации ее населенных пунктов, дало мощный импульс развитию энергетики и многих других отраслей экономики республики.

## 5. История развития вентиляции

Вентиляция в современном мире – это удаление воздуха из пространства помещения и замена его новым, свежим воздухом. Именно такие системы создают благоприятные условия воздушной среды. В правильно вентилируемом помещении поднимается настроение, человек хорошо себя чувствует и редко болеет. **История вентиляции** развивалась постепенно вместе с историей человечества. Взглянем на нее вместе.

### **Вентилирование гробниц и храмов**

Первые известные человечеству системы вентилирования можно встретить еще в Древнем Египте. Там их применяли, чтобы вентилировать дворцы и гробница, храмы, театры. Древней Египет имел развитую культуру и необходимые навыки, чтобы создавать надежные вентиляционные системы для правильного движения воздуха.

*История развития вентиляции* связана с таким ярким и большим примером, как пирамида Хеопса. В ней есть воздухопроводы, спроектированные много веков назад. Еще недавно эта система сама справлялась с обменом воздуха. Но сегодня из-за огромного наплыва туристов требуются дополнительные вентиляционные системы, чтобы сохранить культурный памятник от избыточной влажности.

Что касается жилых помещений, то на протяжении многих лет люди искали способы создания комфортного микроклимата. Но такие привилегии были доступны только очень богатым людям, которые жили во дворцах. История развития вентиляции прошла долгий путь: от простого проветривания до применения сложных автоматизированных устройств.

### **Естественная вентиляция помещения**

В течение долгого времени эта сфера развивалась медленно, потому что не совершенствовалась наука и техника. В большинстве случаев вентиляционная система представляла собой обычное проветривание, также использовались приточно-вытяжные системы простого типа.

**Естественное проветривание помещения** в течение длительного исторического периода оставалось самым популярным способом вентиляции. Благодаря разнице между наружной атмосферой и атмосферой в помещении, можно было немного регулировать микроклимат. Внутри помещения воздух всегда теплее и имеет меньшую плотность, поэтому наружный воздух вытесняет теплый воздух.

В древности и в средние века дома отапливали с помощью открытого огня. Поэтому вентиляция была нужна для удаления дыма. В 1600 году в Англии издали указ, что высота окна должна превышать его ширину, чтобы дым из дома выходил быстрее.

Более подробно систему естественного движения воздуха в каналах и трубах описал **Михаил Ломоносов**. Он создал отдельный научный труд на эту тему, который называется «О вольном движении воздуха в рудниках примеченном». Также Ломоносов создал первую конструкцию прибора, который регистрировал скорость и направление движения воздушного потока.

Естественная вентиляция напрямую зависит от погодных условий, ей

невозможно управлять. В этом ее основной недостаток. Он и подтолкнул ученых искать новые пути для создания вентиляционных систем. Так история развития вентиляции приблизилась к открытию механического типа проветривания помещений – искусственным вентиляционным системам.

### **Первый тип вентилятора — осевой**

Осевой — это первый в мире искусственный вентилятор. Практически три столетия назад он был установлен в английском парламенте. Для его привода использовалась паровая машина. Прогрессивная конструкция была инновационной для своего времени и отличалась надежностью: без поломок это устройство могло работать в течение восьми десятков лет. Именно осевой вентилятор дал сильный толчок к активному развитию систем вентиляции.

В 1754 году немецко-российский математик **Леонард Эйлер публикует основы работы вентилятора**, которые в итоге станут базой современных методик расчета систем принудительной вентиляции. Первый центробежный вентилятор был изобретен в 1832 году лейтенантом А. Саблуковым. В 1892 году миру представлен диаметральный вентилятор.

### **Искусственное создание оптимального микроклимата**

С тех пор, как первый вентилятор был установлен в парламенте Англии, вентиляционные системы начали применять для создания подходящего микроклимата помещения. *История развития вентиляции* помогла усовершенствовать условия труда и быта. Можно сказать, что она стала изобретением социального значения. Ведь, с ее помощью можно было создать необходимые санитарно-гигиенические условия на рабочих местах тяжелых предприятий и легкой промышленности. Руководители предприятий теперь могли заботиться о здоровье работников и обеспечивать им достойные условия труда.

Вскоре создали техническую и санитарную службу, которая контролировала правильную вентиляцию на промышленных предприятиях. Согласно новым законам, на каждом предприятии должна была в обязательном порядке быть оборудована вентиляционная система. Первый такой закон был издан в 1918 году.

### **Вентиляция у наших предков**

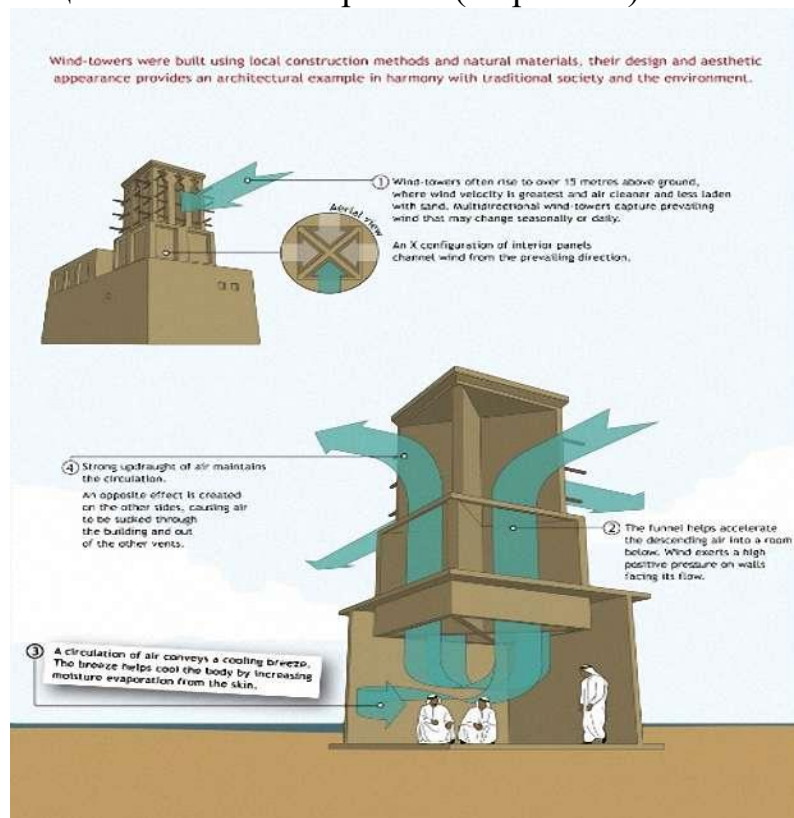
История вентиляции началась с древности. При строительстве древних храмов, усыпальниц, дворцов и терм создавались первые системы вентиляции.

Далеко не каждая цивилизация могла обеспечить технологически эффективную систему, которая выполняла бы все свои функции. Но инженерная мысль, исследовательский азарт, житейский опыт и наблюдения позволили изобретать весьма интересные способы смены воздуха и делать важные открытия о воздухе, которым мы дышим в наших домах.

Мировая история вентиляции – это многочисленные научные труды, гениальные изобретения ученых, опыты и труды тысяч людей, в разные времена. Давайте проследим историю вентиляции от древности до современных образцов.

Первые известные человечеству системы вентилирования можно встретить в **Древнем Египте**. Там их применяли, чтобы вентилировать дворцы, гробницы, храмы и театры. В известной пирамиде Хеопса учёные насчитали более 300 каналов и небольших туннелей через которые проходил воздух. Древние египтяне

уже знали, что застоявшийся воздух негативно сказывается на самочувствии и энергетике. Да и вообще знали толк в хорошей (загробной) жизни.



На территории современного Ирана более 2000 лет строят особые башни-ветрозаборники – **бадгир** («то, что берет (захватывает) ветер»). Внутри башни – изолированные друг от друга вертикальные каналы, доходящие до первого этажа. Характерными являются торчащие палки, на них вешаются полотна ткани, с помощью которых можно управлять движением ветра в каналах.

Эти каналы могут работать по-разному.

Первый метод достаточно примитивен — открывается тот канал, в который задувает ветер. Получается естественная приточная вентиляция. Чтобы лучше использовать такое решение, строят большие купола, которые создают приятное дуновение, а не сквозняк



Второй метод. Открывается противоположный движению ветра канал. За ним оказывается область низкого давления и воздух вытягивается из здания. А поступает воздух через колодец или подземный канал с водой (qanat). Вода охлаждает воздух, получается своеобразный кондиционер. Конечно, при таком методе важно наличие воды, хотя бы в колодцах. И вода желательна проточная. Однако, если Нил недалеко и грунтовые воды не настолько глубоко, то почему бы и нет?

Третий метод используется, когда ветра нет. Ветровая башня все равно работает. В этом случае открывают ту сторону башни, которая нагревается солнцем. В пустой трубе воздух накаляется, становится легче и выходит вверх, получается тяга.

Если совместить второй и третий методы, когда солнце нагревает вытяжную трубу и усиливает вытяжку, то получится большой приток воздуха с автоматическим охлаждением.

**I век до н. э.** В древнем Риме отработанный дым использовали для обогрева в богатых домах и римских банях. Фундамент поднимали на небольших колоннах так, чтобы создавалась пустота между землей и полом, где и проходил горячий дым и пар. Это позволяло получить прогретый и свежий воздух в помещении, теплый пол и подогрев бассейнов.



**В средневековой Европе** дома обогревались с помощью открытого огня, который поглощал кислород и выделял угарный газ. Английский монарх Карл I в начале XVII века выпустил указы: расстояние от пола до потолка в жилом помещении не могло быть меньше 3х метров, чтобы уменьшить концентрацию ядовитого дыма, а высота окон должна превышать ширину для более эффективного дымоудаления.

Хозяевам частных домов с каминами принудительная механическая вентиляция прописана обязательно.

**В 17 веке** ученые проводили эксперименты: помещали под стеклянный колпак с горящей свечей зверька. Свечу гасили до того, как наступало удушье, однако каждое второе животное гибло. Из чего последовал вывод, что под колпаком появляется особый газ, который и оказывает смертельное отравляющее

действие на живой организм.

**18 век.** Французский химик Антуан-Лоран Лавуазье назвал тот газ углекислым, доказал, что он выделяется при выдохе и написал его формулу. Он утверждал, что самочувствие человека ухудшается не от того, что в воздухе падает процент содержания кислорода, а от того, что в помещении случается переизбыток углекислого газа. Это открытие повлияло на бурное развитие вентиляции.

Идея была столь революционна, что уже прошло более 200 лет с того времени, а специалисты так и не пришли к единому мнению о соотношении компонентов воздуха, при котором человек себя чувствует «в своей тарелке».

*Во время Крымской войны (1853-1855) санитары заметили, что раненые солдаты страдают от несвязанных с их ранениями болезней, если их палаты недостаточно просторны. Тогда появился стандарт — 50 м<sup>3</sup> на каждого бойца. В конце 1980-х годов стандарт был пересчитан и принят новый - ASHRAE / ANSI 621989- минимально 27 м<sup>3</sup> на человека. Как понимаете, чем больше пространство, тем больше в нем воздуха. Который, тем не менее, необходимо периодически освежать.*

**Михаил Ломоносов** серьезно изучал процессы движения воздуха и **изобрел прибор для измерения направления перемещения воздуха и его скорости – анемометр.** Достижения Ломоносова в области естественной вентиляции были передовыми для его времени. Сегодня мы знаем, что естественная вентиляция не способна полностью обеспечить потребность человека в свежем воздухе – она маломощная и зависит от погоды. Понимание этого заставляло ученых активно развивать сферу механической вентиляции.

Тягой ко всему инновационному отличился Английский Парламент. **В 1734 году** там установили первую в мире механическую вентиляцию - т.е. вентилятор, который благодаря паровой машине принудительно удалял грязный воздух из помещений. Оборудование оказалось на зависть надежным и долговечным, проработало почти век.

**На свежую голову концентрация внимания лучше, мысли собраннее и решения государственных проблем приходят быстрее!**

**В 1832-м году** русский военный инженер А.А. Саблуков изобрел центробежный вентилятор. Он представлял собой кожух в форме цилиндра, внутри было колесо с четырьмя прямыми лопастями. В движение агрегат приводился с помощью ручного привода и двух человек, и обеспечивал подачу до 2000 м<sup>3</sup> воздуха. Вентилятор высоко оценили промышленники - устанавливали его в рудниках, трюмах кораблей, на сахарных и кожевенных производствах.

**1861-й год** ознаменовался началом развития направления воздухоподготовки. Русский инженер И.И. Флавицкий создал приточно-вытяжную вентиляцию, в которой поступающий снаружи воздух централизованно подогревался (**технология рекуперации**). Спустя 23 года после проведения исследований, он издал свои труды, где изложил свое видение изменения ощущения комфорта у людей в зависимости от давления, влажности, температуры и интенсивности перемещения воздушных масс в помещении.

**В 1882-м году,** немецко-американский инженер и изобретатель Филипп

Диель придумал потолочный вентилятор, приводимый в движение электрическим двигателем. «Люстра Диеля» пользовалась массовым спросом и стала прорывом в вентиляторостроении.

**В 1902-м году**, был изобретен первый настоящий кондиционер. Его отцом стал американский инженер Уиллис Карриер, назвавший свое изобретение «холодильной машиной»

**Финальной точкой развития вентиляционных систем в правовом аспекте, многие специалисты считают 1918 год.** Именно тогда вышел закон «Об обязательном оборудовании всех помещений и предприятий вентиляционными системами», так же это коснулось и вентиляции в загородных домах.

**В 1983 году, инженер Пьер Жардинье** совместно с двумя партнерами разработал первую вытяжную решетку с гигрорегуляцией (влажносточувствительностью) на основе полиамидной ленты. Это изобретение определило развитие AERECO от небольшой мастерской до международной компании, реализующей миллионы единиц продукции в год.

В XIX веке попытки все механизировать (эпоха промышленной революции) не обошли стороной и индивидуальную вентиляцию. Американцу Джеймсу Барону удалось в 1830 году получить патент на опахало, которое приводил в движение замысловатый механизм. Над головой отдыхающего была расположена пластина, которая совершала возвратно-поступательные движения. Они продолжались, пока предварительно поднятая гиря не опускалась вниз (до пола).

На Руси, вплоть до XX века, вентиляционные системы в домах обустраивали печники одновременно с кладкой печи. И это логично. Ведь от дымоотводящего канала зависел микроклимат в помещении. Даже когда печь не работала, через задвижки несвежий воздух вытягивался из комнат.

К сознанию необходимости вентилирования своих жилищ и общественных зданий человечество пришло значительно позднее, чем это было в отношении их отопления.

После римских хюпокаустов и подпольно-канальных систем, которые совмещали в себе как системы отопления, так и системы для ввода в помещения подогретого наружного воздуха, - дело вентилирования совершенно заглохло. Только уже в 1792 г., хотя и неудачными попытками упоминавшегося германского профессора Молитор и почти одновременно в Англии в 1793 г. Джоном Гойль, с их воздушными системами отопления, работавшими подачей наружного подогретого воздуха и осуществившими таким образом и вентилирование, было положено вновь начало организованного вентилирования помещений. Позднее (1821 г.) Мейснер (Германия) своей усиленной пропагандой и распространением воздушной системы отопления, тоже с притоком наружного воздуха, упрочил положение вентиляционных устройств.

Уже в 1845-1847 гг. здание английского парламента в Лондоне (еще в 1790 г. отапливавшееся угольными жаровнями) получило организованную напорную (приточную) систему вентиляции, работавшую с помощью нагнетающих вентиляторов и построенную по схеме подачи и удаления (подпором) воздуха

«снизу вверх». Но вскоре эта система неприятного ощущения дутья была заменена одной вытяжной системой. В начале XX века в зале английского парламента функционировала одна из наиболее совершенных систем вентиляции, работающая опять по схеме «снизу вверх».

Во Франции в 1843 г. была организована правительственная комиссия по сооружению и последующему испытанию вентиляционной системы в намеченном постройкой здании Мазасской тюрьмы в Париже. В эту комиссию входил и знаменитый французский физик Пекле. Эта комиссия уже тогда постановила исчислять объемы вентиляционного воздуха для камер заключения по количеству выделяемой человеком углекислоты. По окончании сооружения этой вентиляционной системы в 1849 г. та же комиссия испытывала ее уже с помощью анемометров.

В вышедшем в 1860 г. 3-м томе (уже третьим изданием) своего труда «Traite de la chaleur» («Трактат о теплоте») Пекле описывает и приводит результаты обследования большого числа вентиляционных и отопительных систем, выполненных в залах собраний, дворцах, театрах, церквях, тюрьмах, больницах, школах, казармах и в других зданиях. В этих описаниях Пекле отмечает уже и экономические достижения, состоящие в том, что отработавший пар паровых машин, приводивших в движение вентиляторы вентиляционных систем, использовался для отопления тех же зданий.

В 1856 г. француз Грасси публикует свою исследовательскую работу, посвященную сравнению двух систем отопления и вентиляции, выполненных в больнице Ларибуазье. Далее французский артиллерийский генерал Морен, много работавший на пользу развития техники вентилирования, издал в 1861 г. книгу «Etudes sur la ventilation» («Исследования в области вентиляции»). В дальнейшем инициатива и импульс к совершенствованию техники вентилирования на научной основе переходит к Германии, где знаменитый гигиенист профессор Петтенкоффер кладет прочное начало научной и экспериментальной гигиены. Благодаря трудам Петтенкоффера, многие положения и результаты исследований которого и сейчас являются руководящими и авторитетными, дело развития и совершенствования санитарной техники вообще, а отопительно-вентиляционного в частности, идет быстрыми шагами вперед.

## 6. История кондиционирования воздуха

О том, что с изнуряющим зноем можно и нужно бороться, наши далекие предки догадались еще тысячи лет тому назад. Наверное, первым холодильщиком можно считать неандертальца, обнаружившего, что в пещере даже в самые жаркие дни царит приятная прохлада. Для того, чтобы хоть как-то спастись от жары, правители древности окружали свои дворцы тенистыми садами и водоемами, наполняли подвалы льдом, а вооруженные опахалами слуги создавали освежающее движение воздуха. И вплоть до середины XVIII века ничего лучше мальчика "арапа" так и не придумали

Впервые слово "кондиционер" было произнесено французом Жанном Шабаннесом еще в 1815 году.

Однако начавшаяся в позапрошлом столетии техническая революция очень быстро перевернула представление людей о климате. Интересно, что впервые слово кондиционер было произнесено вслух еще в 1815 году. Именно тогда француз Жанн Шабаннес получил британский патент на метод "кондиционирования воздуха и регулирования температуры в жилищах и других зданиях". Но практического воплощения идеи пришлось ждать достаточно долго. Только в 1902 году американский инженер-изобретатель Уиллис Карриер собрал промышленную холодильную машину для типографии Бруклина в Нью-Йорке. Самое любопытное, что первый кондиционер предназначался не для создания приятной прохлады работникам, а для борьбы с влажностью, здорово ухудшавшей качество печати...

Правда уже через год аристократия Европы, приезжая в Кельн, считала своим долгом посетить местный театр. Причем живой интерес публики вызывала не только (и не столько) игра труппы, а приятный холодок, царивший в зрительном зале даже в самые знойные месяцы. А когда в 1924 году система кондиционирования была установлена в одном из универмагов Детройта, наплыв зевак был просто умопомрачительным. Впору было ввести плату за вход, впрочем, предприимчивый хозяин внакладе не остался. Эти первые аппараты и стали предками современных систем центрального кондиционирования воздуха.

"Ископаемым" предком всех современных сплит-систем и оконников может считаться первый комнатный кондиционер, выпущенный компанией General Electric еще в 1929 году. Поскольку в качестве хладагента в этом устройстве использовался аммиак, пары которого небезопасны для здоровья человека, компрессор и конденсатор кондиционера были вынесены на улицу. То есть по своей сути это устройство было самой настоящей сплит-системой! Однако, начиная с 1931 года, когда был синтезирован безопасный для человеческого организма фреон, конструкторы сочли за благо собрать все узлы и агрегаты кондиционера в одном корпусе. Так появились первые оконные кондиционеры, далекие потомки которых успешно работают и в наши дни. Более того, в США, Латинской Америке, на Ближнем Востоке, а также на Тайване, в Гонконге, в Индии и большинстве Африканских стран оконники до сих пор являются наиболее популярным типом кондиционеров. Причины их успеха очевидны: они

примерно вдвое дешевле аналогичных по мощности сплит-систем, а их монтаж не требует наличия специальных навыков и дорогостоящего инструмента. Последнее особенно важно вдали от очагов цивилизации, где легче отловить снежного человека, нежели найти гражданина, знакомого с монтажом холодильной техники.

Долгое время лидерство в области новейших разработок по вентиляции и кондиционированию воздуха принадлежало американским компаниям, однако в конце 50-х, начале 60-х годов инициатива прочно перешла к японцам. В дальнейшем именно они определили лицо современной индустрии климата.

Так в 1958 году японская компания Daikin предложила первый тепловой насос, тем самым научив кондиционеры работать на тепло.

А еще через три года произошло событие, в значительной мере предопределившее дальнейшее развитие бытовых и полупромышленных систем кондиционирования воздуха. Это начало массового выпуска сплит-систем. Начиная с 1961 года, когда японская компания Toshiba впервые запустила в серийное производство кондиционер, разделенный на два блока, популярность этого типа климатического оборудования постоянно росла. Благодаря тому, что наиболее шумная часть кондиционера - компрессор - теперь вынесена на улицу, в помещениях, оборудованных сплит-системами, намного тише, чем в комнатах, где работают оконники. Интенсивность звука уменьшена на порядок! Второй огромный плюс - это возможность разместить внутренний блок сплит-системы в любом удобном месте.

Сегодня выпускается немало различных типов внутренних устройств: **настенные, подпотолочные, напольные и встраиваемые в подвесной потолок - кассетные и каналные.** Это важно не только с точки зрения дизайна - различные типы внутренних блоков позволяют создавать наиболее оптимальное распределение охлажденного воздуха в помещениях определенной формы и назначения. А в 1968 году на рынке появился кондиционер, в котором с одним внешним блоком работало сразу несколько внутренних. Так появились мультисплит-системы. Сегодня они могут включать в себя от двух до шести внутренних блоков различных типов.

Существенным нововведением стало появление кондиционера инверторного типа. В 1981 году компания Toshiba предложила первую сплит-систему, способную плавно регулировать свою мощность, а уже в 1998 году инверторы заняли 95% японского рынка. Ну и, наконец, последний из наиболее популярных в мире типов кондиционеров - VRF-системы - были предложены в 1982 году компанией Daikin.

**1734 год.** В здании английского парламента установлен первый из известных истории

осевых вентиляторов. Он приводился в действие при помощи парового двигателя и проработал без ремонта более 80 лет.

**1754 год.** Леонард Эйлер разработал теорию вентилятора, которая легла в основу расчета современных систем механической вентиляции.

**1763 год.** Михаил Ломоносов публикует свой труд "О вольном движении

воздуха в рудниках примеченном". Идеи, изложенные в этой работе, легли в основу расчета систем естественной вентиляции.

**1810 год.** В больнице пригорода Лондона - Дерби установлена первая рассчитанная система естественной вентиляции.

**1815 год.** Француз Жан Шабаннес получил британский патент на "метод кондиционирования воздуха и регулирования температуры в жилищах и других зданиях..."

**1852 год.** Лорд Кельвин разработал основы использования холодильной машины для обогрева помещений (тепловой насос). Спустя четыре года идея была практически реализована австрийцем Риттенгером.

**1902 год.** Американским инженером Уиллисом Карриером разработана первая промышленная установка для кондиционирования воздуха.

**1929 год.** В США компанией General Electric разработан первый комнатный кондиционер.

**1931 год.** Изобретение безопасного для здоровья человека хладагента - фреона - произвело настоящую революцию в развитии климатической техники.

**1958 год.** Компания Daikin предложила кондиционер, способный работать не только на холод, но и на тепло по принципу "теплового насоса".

**1961 год.** Toshiba первой в мире начала промышленный выпуск кондиционеров, разделенных на два блока, получивших название сплит-системы.

**1966 год.** Компания Hitachi первой в мире предложила оконный кондиционер с функцией осушения. Через четыре года она же первой внедрила эту функцию в сплит-системах.

**1968 год.** Компания Daikin предложила кондиционер с одним наружным и двумя внутренними блоками. Так появились мультисплит-системы.

**1977 год.** Toshiba впервые в мире выпускает кондиционер с микропроцессорным управлением.

**1981 год.** Toshiba разработала компрессор с регулируемой частотой вращения. В том же году на рынке появились оснащенные ими кондиционеры, получившие название инверторных.

**1982 год.** Компания Daikin разработала и внедрила в производство новый тип центральных систем кондиционирования воздуха VRF, позволяющих в комплексе решить вопросы кондиционирования и вентиляции.

**1995 год.** Принято решение об отказе от использования хладагентов, представляющих опасность для озонового слоя. В Европе их производство должно быть полностью остановлено к 2014 году.

**1998 год.** Компания Sanyo предложила VRF-систему с безинверторным регулированием мощности.

**2002 год.** Компания Haier впервые в мире предложила бытовой кондиционер, способный повышать концентрацию кислорода в помещении.

### **История кондиционирования в СССР**

В Советском Союзе кондиционер долгое время считался непозволительной роскошью, отвлекающей пролетариат от классовой борьбы. Так в 1940 году за

публикацию ряда материалов о кондиционировании воздуха был разгромлен журнал "Отопление и вентиляция". Эти статьи были восприняты как "пропаганда буржуазных взглядов в технике", и вплоть до 1955 года (когда выяснилось, что советские корабли абсолютно не приспособлены к плаванию в тропиках) эта тема оставалась под негласным запретом.

Несколько позже в 1963-1965 годах в подмосковном городе Домодедово был налажен выпуск кондиционеров для узлов связи и пунктов управления ракетным оружием. Завод "Экватор" в городе Николаеве стал выпускать судовые кондиционеры, и, наконец, несколько предприятий приступило к выпуску климатического оборудования для авиации. Производство кондиционеров для промышленных нужд было освоено в Харькове, а в меньших масштабах и на ряде отраслевых предприятий.

Выпуск бытовых кондиционеров на территории Советского Союза начался только в 70-х годах, после того, как построенный в Баку завод освоил производство продукции по лицензии японской фирмы Hitachi. В свои лучшие годы, которые пришлись на середину 80-х, Бакинский завод выдавал 400-500 тысяч кондиционеров в год. Мало кто знает что в Баку был освоен выпуск первых советских сплит-систем с внутренним блоком напольного типа, но объем выпуска был очень мал. Интересно, что порядка 120-150 тысяч кондиционеров БК ежегодно шло на экспорт. Больше всего советских оконников было продано на Кубу - порядка 700 тысяч штук. Крупными импортерами были Китай, Иран, Египет и Австралия. Причем в иные годы на зеленый континент отправлялось более 10 тысяч аппаратов.

Сейчас модно ругать БК за большие габариты и высокий уровень шума, но нельзя не признать, что они оказались на редкость неприхотливыми и долговечными. В той же Австралии некоторые аппараты работают до сих пор! К тому же советские цены так приятно радовали местных фермеров, что на родине кенгуру эту продукцию до сих пор вспоминают добрым словом.

Ни один кондиционер японского, американского, израильского или корейского производства не отличался такой долговечностью. Возможно, дело в том, что во всем мире концепция долговечности выпускаемой техники претерпела существенные изменения уже на рубеже 70-80 годов. Если ранее старались сделать на века, то теперь срок службы не превышает времени морального старения. При нынешних темпах развития техники - это не более 10 лет.

Кстати о качестве БК, выпущенных в 70-80 годах, говорит хотя бы такой факт. Завод по производству компрессоров (рассчитанный на миллион штук в год) половину продукции отправлял на экспорт, выполняя заказ компании Toshiba.

После распада СССР и отъезда лучших специалистов производство кондиционеров в Баку пошло на убыль, и к 1997-1998 году окончательно развалилось. Из былых шести тысяч рабочих на предприятии осталось не более 500 человек, занятых ремонтом и обслуживанием техники. Эра БК закончилась.

Еще одним советским проектом, в настоящее время практически забытым, были кондиционеры "Нева", небольшая партия которых была сделана в Ленинграде.



Первыми кондиционерами, сделанными в России, стали оконники Fedders, которые в начале 90-х годов собирали в городе Железногорске (Курская обл.). Однако из-за невысокого качества продукции производство долго не продержалось, и к 1996 году было полностью свернуто. Эстафету подхватили в подмосковной Электростали. В 1997 году на заводе Элемаш был освоен выпуск сплит-систем из сборочных комплектов Samsung, а затем налажено производство продукции под собственной торговой маркой.

И, наконец, в 2000-2002 годах производство сплит-систем начато в подмосковном Фрязино (Rolsen), Хабаровске (ЕВГО), Москве (МВ), Ижевске (Купол), Ростове-на-Дону (Artel).

## 2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Обучение в современных учебных лабораториях

Одной из первоочередных задач кафедры теплогазоснабжения и вентиляции (ТГВ) является создание для обучения студентов действующих экспериментальных лабораторных стендов с использованием самого современного, высокоэффективного и энергосберегающего оборудования, применяемого в системах отопления, теплоснабжения, газоснабжения и вентиляции. Такие лабораторные стенды помогают студентам значительно повысить эффективность изучения лекционного материала по профильным дисциплинам, дают возможность “пощупать” оборудование, наглядно изучить работу систем генерации, переноса и передачи теплоты и холода, увидеть воочию функционирование тех или иных устройств, автоматизацию современных систем.

На кафедре теплогазоснабжения и вентиляции существуют четыре современные специализированные лаборатории: отопления и теплоснабжения; вентиляции; кондиционирования воздуха и холодоснабжения; газоснабжения, теплогенерирующих установок и энергосбережения. В них представлено самое современное оборудование из Беларуси, Германии, Швеции, России, Франции, Польши и др. Дооснащение лабораторий проводится постоянно.

Значительный вклад в развитие лабораторий кафедры ТГВ внесли различные организации, предприятия и фирмы, осуществляющие свою деятельность в сфере отопления, вентиляции, тепло- и газоснабжения, кондиционирования. Среди них УП «Брестоблгаз» (Беларусь), WILLO (Германия), ООО «Альтернатива» (Беларусь), Buderus (Германия), ИСТА МИТЕРИНГ СЕРВИС (Германия), NEIMEIER (Германия), TA (Швеция), ebm-papst (Германия), Бугэнерго (Беларусь), Изотерм (Россия) и другие.

В учебном процессе используются передовые достижения науки и техники в области профиля специальности: компьютерные программы подбора оборудования и расчета систем теплогазоснабжения и вентиляции, современные контрольно-измерительные приборы. Большое участие в обучении студентов принимают профильные организации-заказчики кадров, сотрудничающие с кафедрой ТГВ. Среди них: ПРУП «Брестоблгаз», «Брестское областное управление ЖКХ», крупные проектные институты города Бреста, частные организации и др. В ПРУП «Брестоблгаз» функционирует филиал кафедры ТГВ, на базе которого проводятся занятия.

Лаборатория отопления и теплоснабжения включает следующие экспериментальные стенды:

1. стенд для изучения гидравлических режимов работы различных схем водяного отопления, с терморегуляторами, ручной и автоматической балансировочной арматурой, циркуляционными насосами и др. Также на этом стенде выполняются работы по определению гидравлических сопротивлений в системах отопления;

2. стенд для изучения работы насосных систем водяного отопления, характеристик современных типов отопительных приборов. Стенд позволяет также

проводить моделирование работы энергосберегающего насосного оборудования класса энергоэффективности А в современной системе отопления и решать ряд других задач;

3. стенд для изучения работы парокомпрессионного теплового насоса типа «вода-вода», позволяющий студентам на основании реальных данных эксперимента подсчитать экономию от использования этого устройства;

4. стенд для изучения эффективности работы теплообменных аппаратов систем теплоснабжения, позволяющий проводить эксперименты при различных направлениях течения теплоносителя в теплообменниках.

5. стенд для изучения эффективности различных типов теплоизоляции трубопроводов систем отопления и теплоснабжения.

6. стенд для изучения гидравлических режимов работы различных схем водяного отопления, с терморегуляторами, ручной и автоматической балансировочной арматурой, циркуляционными насосами и др. Также на этом стенде выполняются работы по определению гидравлических сопротивлений в системах отопления.

Лаборатория вентиляции, кондиционирования воздуха и холодоснабжения включает следующие экспериментальные стенды:

1. теплоутилизационный агрегат на базе тепловых труб, который позволяет на реальных данных эксперимента оценить эффективность этого устройства при любых температурах воздуха на улице и в помещении;

2. стенд с приточной вентиляционной установкой и различными типами воздухопроводов, на котором проводятся исследования работы современных приточных агрегатов при различных режимах их работы и определение сопротивления в воздухопроводах из различных материалов;

3. стенд для аэродинамического испытания осевого вентилятора;

4. стенд для испытания фильтров воздушных;

5. стенд для исследования работы системы естественной вентиляции.

Лаборатория газоснабжения включает следующие экспериментальные стенды:

1. газораспределительная установка, позволяющая решать целый ряд задач, и работающая на воздухе, подаваемом от компрессора;

2. стенд для исследования работы бытовых газовых приборов (газовой плиты).

3. газораспределительная установка, позволяющая решать целый ряд задач, и работающая на воздухе, подаваемом от компрессора;

4. стенд для исследования работы бытовых газовых приборов (газовой плиты).

Лаборатория теплогенерирующих установок и энергосбережения включает следующие экспериментальные стенды:

1. стенд для изучения современных настенных газовых и твердотопливных котлов малой мощности различных типов с различными способами дымоудаления. Стенд иллюстрирует также схемы обвязки источников теплоснабжения индивидуальных жилых домов;

2. стенд для изучения работы электродного котла;

3. стенд для изучения естественной циркуляции в котлах.

Большое внимание в лаборатории теплогенерирующих установок и энергосбережения уделено нетрадиционной энергетике. В лаборатории представлены солнечные и ветровые энергетические установки, как

существующие, так и разработанные в лаборатории «Пульсар» д.т.н., профессором В.С.Северяниным. Разработки В.С.Северянина, например «колесо Северянина», «Луч» и другие оригинальны, интересны и имеют ряд преимуществ по сравнению с известными аналогами. Помимо этих установок в лаборатории представлены макеты других конструкций аппаратов и огневых устройств, разработок лаборатории «Пульсар».

Фотографии некоторых стендов учебных лабораторий кафедры ТГВ показаны на рисунках 4-10.



*Рисунок 4 – Часть стендов лаборатории вентиляции, кондиционирования воздуха и холодоснабжения*



*Рисунок 5 – Стенд лаборатории теплогенерирующих установок и энергосбережения с газовыми котлами*



*Рисунок 6 – Стенд “Система отопления” с различными отопительными приборами*



*Рисунок 7 – Стенд “Балансировка современных систем отопления”*



*Рисунок 8 – Стенд “Газорегуляторная установка” лаборатории газоснабжение*



*Рисунок 9 – Стенд “Центральный промышленный кондиционер”*



*Рисунок 10 – Стенд «Тепловой насос»*

В учебном процессе кафедры ТГВ используются передовые достижения науки и техники в области профиля специальности: компьютерные программы подбора оборудования и расчета систем теплогазоснабжения и вентиляции, современные контрольно-измерительные приборы (рисунок 11).



*Рисунок 11 – Современные контрольно-измерительные приборы кафедры  
ТГВ*

Большое внимание кафедра ТГВ уделяет практической подготовке. Находясь в тесном контакте с ведущими профильными организациями города Бреста, кафедра ежегодно организует большое количество экскурсий на действующие и строящиеся объекты (например, экскурсия, показанная на рисунке 12). Этот вид обучения исключительно высоко оценивается студентами.





*Рисунок 12 – Студенты на экскурсии на строящемся объекте*

## **2.2 Обучение в филиале кафедры на производстве**

Большое участие в обучении студентов принимают профильные организации-заказчики кадров, сотрудничающие с кафедрой ТГВ. Среди них: ПРУП «Брестоблгаз», «Брестское областное управление ЖКХ», крупные проектные институты города Бреста, частные организации и др.

Наибольший вклад в развитие специальности 1-70 04 02 теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна внесло производственное республиканское унитарное предприятие ПРУП «Брестоблгаз» - одно из крупнейших профильных для специальности ТГВ предприятий Брестской области.

Показатели развития производственного республиканского унитарного предприятия «Брестоблгаз»:

В эксплуатации предприятие ПРУП «Брестоблгаз» находится 11 015,9 км газопроводов, 550 газорегуляторных пунктов (ГРП), 500 шкафных регуляторных пунктов (ШРП), 872 станций катодной защиты (СКЗ), 101 групповая емкостная установка. Постоянно ведется работа по телемеханизации производственных процессов. На 01.01.2019 550 ГРП, 35 ШРП и 143 СКЗ оснащены телеметрией.

На выполнение планов технического перевооружения и повышения качества обслуживания систем газоснабжения предприятием в 2010 – 2015 году затрачено более 60,5 млрд. руб, в том числе за 12 месяцев 2015 года затрачено 19,1 млрд. руб.

За 2010 – 2019 годы произведена замена 89 485 единиц морально-устаревшего бытового газового оборудования за счет средств собственников оборудования, в том числе за 12 месяцев 2019 года – 16 376 ед., 823 единиц оборудования ГРП, ГРУ, ГЕУ, находящегося в эксплуатации свыше 20 лет, в том числе за 12 месяцев 2019 года – 100 ед.

Бесперебойное и безаварийное функционирование энергетической и газотранспортной системы обеспечивается постоянной, кропотливой работой по эксплуатации и ремонту газовых сетей, взаимодействием со смежниками и потребителями. Разработаны планы взаимодействия со сторонними организациями по локализации и ликвидации аварийных ситуаций, утвержденными председателями райисполкомов, а также планы взаимодействия между подразделениями предприятия и управлениями магистральных газопроводов ОАО «Газпромтрансгаз Беларусь» в случае аварийных ситуаций на магистральных газопроводах и распределительных сетях. Регулярно проводятся практические занятия с персоналом аварийно – диспетчерских служб (АДС) предприятия. Бригады АДС обеспечены современным оборудованием и приборами, используемыми при ликвидации аварийных ситуаций. Разработаны мероприятия по предупреждению аварийности на системах и объектах газоснабжения. Газораспределительные пункты оборудуются системами телеметрии, что повышает уровень безопасности при поставках газа.

Проектирование сетей газоснабжения по улицам районов индивидуальной застройки осуществляется ПРУП «Брестоблгаз» на основании схем газоснабжения населённых пунктов, а при их отсутствии – на основании гидравлического расчёта проектируемого газопровода с учётом перспективы застройки.

При разработке новых районов индивидуальной застройки городов и сельских населённых пунктов ПРУП «Брестоблгаз» включает в технические условия обязательную разработку схемы газоснабжения данного района застройки.

Разработка схем газоснабжения малых населённых пунктов, районов индивидуальной застройки производится на основании справочных данных рай(сель)исполкомов о количестве населения, жилых домов, длине улиц населённого пункта, наличии промышленных и социально-бытовых потребителей природного газа, информации главного архитектора района о перспективе застройки района. Так за период 2010-2019 годы газифицированы природным газом 159 сельских населённых пункт (в т.ч. 42 агрогородка), на которые в составе проекта газификации были разработаны схемы газоснабжения, которые используются производственными управлениями ПРУП «Брестоблгаз» при выдаче технических условий и газификации населённых пунктов.

На предприятии сертифицирована (в 2006 году) система менеджмента качества (СМК) проектирования, строительства и эксплуатации систем газоснабжения, строительства систем отопления, водоснабжения и канализации и повторно сертифицирована (в 2009, 2012 году) в соответствии с требованиями СТБ ISO 9001-2009. В 2015 году повторно сертифицирована система менеджмента качества применительно к выполнению функций заказчика, застройщика, оказанию инженерных услуг в области строительства, строительству и эксплуатации систем газоснабжения в соответствии с требованиями СТБ ISO 9001-2009.

На предприятии постоянно проводится работа по внедрению новой техники и прогрессивных энергосберегающих технологий, направленная на ускорение

технического переоснащения и модернизацию производства. Предприятие старается в силу своих возможностей обновлять основные фонды, внедряя новые технологии в производство, выпускать новые виды продукции, обновлять перечень предоставляемых услуг, повышая их качество.

2015 год:

- расширение сферы строительства полиэтиленовых газопроводов;
- установка автоматизированной системы отпуска газа «Берлио» на АГЗС;
- установка на газонаполнительных станциях вместо уровнемерных трубок систем учета газа на базе микроимпульсных уровнемеров фирм Level Flex и Aplisens (Германия);
- введение в действие химической лаборатории по определению качественных показателей сжиженного газа на базе хроматографа Кристалл-Хроматэк 5000.2;
- применение котлов с максимально возможным КПД, в т.ч. конденсационных;
- применение на предприятии системы мониторинга GPS;

2016 год:

- внедрены пеллетные установки в РПУ «Ивановорайгаз» и ТПУ «Березовское»;
- организован выпуск привязочных знаков, столбиков, переходов ПЭ-сталь в РПУ «Ивановорайгаз»;
- освоена установка счетчиков на гибкую подводку труб;

2017 год:

- начат выпуск тротуарной плитки в ТПУ «Березовском»;
- организован выпуск пеллетных котлов с горелками PetroJet;
- организован выпуск прессованных цилиндрических брикетов из древесных опилок марки «нестро», наполнителя для кошачих туалетов «Чистые лапки», питательных грунтов марки «Дачный» на основе фрезерного торфа;
- на ТПУ «Березовском» внедрены новые прогрессивные формы упаковки торфобрикета для реализации на экспорт в вакуумной упаковке; обвернутых полипропиленовой лентой для транспортировки на поддонах;

2018 год:

- внедрен новый метод обслуживания наружных газопроводов с помощью высокочувствительного детектора метана RMLD;
- внедрение программного продукта «Панорама», переход на электронные формы хранения и использования геоинформационных систем при эксплуатации систем газоснабжения;

2019 год:

- внедрен сравнительно новый метод проведения работ по реконструкции и ремонту сетей газоснабжения с использованием инновационного технологического оборудования «СТОП-СИСТЕМА».

Наиболее перспективными направлениями развития ПРУП «Брестоблгаз» является:

- применение полиэтиленовых труб для строительства межпоселковых газопроводов высокого давления (до 1,2 МПа);
- внедрение новых материалов (медь, нержавеющая сталь и другие, разрешенные к применению) для строительства внутридомовых систем

- газоснабжения с целью снижения производственных затрат на их монтаж;
- телемеханизация ШРП, СКЗ с целью снижения производственных затрат на их обслуживание;
- переход на электронные формы хранения и использования геоинформационных систем при эксплуатации систем газоснабжения;
- внедрение принципиально нового метода технического обслуживания газопроводов и сооружений на них с помощью высокочувствительных приборов во всех районах Брестской области;
- применение технологического оборудования «СТОП-СИСТЕМА» на стальных газопроводах диаметром до 300 мм и полиэтиленовых газопроводах;
- внедрение подсистемы коррозионного мониторинга газопроводов.

Начало сотрудничества ПРУП «Брестоблгаз» с кафедрой ТГВ положено договором, заключенным Е.А.Шолоником в 2013 году (генеральным директором ПРУП «Брестоблгаз» до 2014 года). В соответствии с этим договором ПРУП «Брестоблгаз» стало базовой организацией для подготовки студентов специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна.

Большой вклад в развитие сотрудничества вносит главный инженер ПРУП «Брестоблгаз» В.В.Боровенко. Совместно с ним была разработана концепция лаборатории «Газоснабжение» кафедры ТГВ. Под его руководством на производственной базе ПРУП «Брестоблгаз» изготовлены элементы стенда «Газорегуляторная установка», специалистами ПУ «Брестгаз», входящей в состав ПРУП «Брестоблгаз», произведен монтаж стенда в лаборатории кафедры ТГВ. Большое количество различного оборудования и контрольно-измерительных приборов ПРУП «Брестоблгаз» передано кафедре ТГВ безвозмездно. В цикле лабораторных работ по дисциплине «Газоснабжение» с использованием вышеуказанного стенда и оборудования, переданного ПРУП «Брестоблгаз», выполняется более 80% лабораторных работ.

Соответствующим договором на базе ПРУП «Брестоблгаз» открыт филиал кафедры ТГВ. На филиале проводится обучение по дисциплинам специализации преподавателями кафедры ТГВ и специалистами ПРУП «Брестоблгаз», осуществляются все виды практик, дипломное проектирование.

Генеральный директор ПРУП «Брестоблгаз» Е.А.Казимирчик оказывает всемерную поддержку развитию сотрудничества и занимает активную позицию по вопросу всестороннего обучения студентов в производственных условиях. По его инициативе с 2016 года проводится обучение на базе «Брестгаз» по дисциплине «Эксплуатация теплогенерирующего и газоиспользующего оборудования». В рамках этой дисциплины предполагается активное использование производственной базы ПУ «Брестгаз».

Обучение на филиале кафедры ТГВ в ПРУП «Брестоблгаз» высоко оценивается студентами, что показывают данные ежегодного анкетирования студентов, проводимого кафедрой ТГВ.

В развитие этих отношений весной 2019 года состоялось торжественное открытие учебного центра кафедры теплогазоснабжения и вентиляции на филиале в ПУ «Брестгаз», полностью оборудованного за счет ПРУП «Брестоблгаз» (рисунки 13-15). В состав учебного центра входят учебные павильоны с размещенными в них действующим теплогенерирующим и газоиспользующим оборудованием,

контрольно-измерительными приборами. В учебном центре созданы современные газораспределительные пункты, на площадке центра смонтированы устройства по защите стальных газопроводов от коррозии и др.



*Рисунок 13 – Открытие учебного центра в ПУ «Брестгаз»*



*Рисунок 14 – Открытие учебного центра в ПУ «Брестгаз»*



*Рисунок 15 – Часть учебного центра в ПУ «Брестгаз»*

В учебном центре с 2019 года проводится целый ряд практических и лабораторных работ для студентов специальности «теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» по дисциплинам «Газоснабжение», «Отопление», «Теплоснабжение».

С открытием центра появилась традиция торжественного вручения зачётных книжек студентам первого курса специальности «теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» в первом семестре в октябре учебного года на территории ПУ «Брестгаз». Зачетные книжки и памятные подарки вручают генеральный директор УП «Брестоблгаз» Евгений Александрович Казимирчик и проректор БрГТУ по воспитательной работе Наталья Петровна Яловая.

После вручения проводится экскурсия по современному учебному полигону ПУ «Брестгаз». После экскурсии для студентов показывают отработку поиска утечек газа в подземных газопроводах аварийной бригадой.

### 3. РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

#### Вопросы к итоговому контролю знаний по дисциплине «История развития систем ТГВ»

1. Угольная жаровня. Хюпокаусты.
2. Подпольно-канальное отопление.
3. Камне-печное отопление.
4. Дымо-трубная система отопления.
5. Воздушная система отопления XVII-XVIII вв.
6. Развитие вентиляции в XVII-XVIII вв.
7. Развитие районированного теплоснабжения.
8. Исторический обзор систем отопления.
9. Системы централизованного отопления в Римской Империи.
10. Развитие систем централизованного отопления в XVIII-XIX вв.
11. Развитие систем централизованного отопления в XX в.
12. Техника отопления в Древней Руси до XI в.
13. Техника отопления на Руси до XII-XVII вв.
14. Возникновение промышленного производства материалов для печного отопления XVIII в.
15. Конструкции отопительно-вентиляционных устройств XVIII в.
16. Развитие техники огневоздушного и печного отопления в XIX в.
17. Развитие отопительной техники с использованием теплоносителей в XIX и начале XX в.
18. Этапы развития газоснабжения.
19. Развитие техники парового отопления в XX в.
20. Развитие систем кондиционирования воздуха.
21. Виды учебных занятий. Методики слушания лекций и ведения конспектов. Самостоятельная работа студентов.
22. Правила подбора и изучения научно-технической литературы. Подготовка к экзаменам. Научно-исследовательская работа.
23. Состав и структура факультета инженерных систем и экологии, основные направления деятельности кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция».
24. Современное состояние и основные проблемы строительства и эксплуатации систем ТГВ промышленных и гражданских объектов.
25. Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов.

### **Нормативная литература**

1. СТАНДАРТ УНИВЕРСИТЕТА. Оформление материалов курсовых, дипломных проектов и работ, отчетов по практике. Общие требования и правила оформления. СТ БГТУ 01 – 2002. Брест 2002.
2. СН 4.02.03-2019 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Минск, 2020.

### **Основная литература**

1. Хрусталёв Б. М. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / Под ред. Проф. Б. М. Хрусталёва – М.: Издательство АСВ, 2007. – 784 с.
2. «100 лет теплофикации и централизованному теплоснабжению в России». Сборник статей под редакцией В.Г.Семенова. Издательство «Новости теплоснабжения», Москва, 2013.
3. Раяк М.Б. «Развитие зарубежных и отечественных систем отопления и вентиляции гражданских и производственных зданий». Справочно-информационное пособие – М.: Издательство «Новости теплоснабжения», 2007. – 183 с.
4. Правила внутреннего распорядка Брестского государственного технического университета, 2020.
5. Положение об организации и проведении курсовых экзаменов и зачетов в БрГТУ, 2021.

### **Дополнительная литература**

1. Ливчак И.Ф. «Развитие теплоснабжения, климатизации и вентиляции в России за 100 последних лет». Учебное издание – М.: Издательство Ассоциации строительных ВУЗов, 2004. – 96 с.
2. Дячек П.И. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение: Учеб. пособие. – М.: изд-во АСВ, 2017, 676 с.
3. [www.bstu.by](http://www.bstu.by)



## 4. ВСПОМАГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

Учреждение образования  
«Брестский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор БрГТУ  
\_\_\_\_\_ М.В.Нерода  
«    » \_\_\_\_\_ 2022 г.  
Регистрационный № УД- \_\_\_\_\_ /уч.

### История развития систем ТГВ

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной  
дисциплине для специальности:  
1-70 04 02 Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна

2022 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта (образовательных стандартов) ОСРБ 1- 70 04 02-2013, утв. постановлением Министерства образования Республики Беларусь № 88 от 30.08.2013, и учебных планов специальностей, направлений специальностей, специализаций.

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

Янчилин П.Ф., старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции, магистр технических наук.

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Шостак Д.Ю., главный специалист теплоснабжения и вентиляции ОАО «Брестпроект».

Волкова Г.А., доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов УО БрГТУ, к.т.н., доцент

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции

Заведующий кафедрой

В.Г.Новосельцев

(протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_);

Методической комиссией факультета инженерных систем и экологии

Председатель методической комиссии

О.П.Мешик

(протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_);

Научно-методическим советом БрГТУ (протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Место учебной дисциплины.

Дисциплина «История развития систем ТГВ» является дисциплиной специализации при подготовке специалистов по специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна».

Цель преподавания учебной дисциплины:

Приобретение обучающимися знаний об истории зарождения и развития систем теплогазоснабжения и вентиляции, а также о современных проблемах, перспективах и путях повышения эффективности их работы. Знакомство студентов со структурой факультета инженерных систем и экологии и кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», размещением и оборудованием лабораторий кафедры, с местом и ролью будущей профессии в общей структуре народного хозяйства, с общей характеристикой дисциплин, которые предстоит изучать в процессе обучения, сведения о будущей практической деятельности, организацией строительства систем теплогазоснабжения и вентиляции различных объектов, структурой промышленных и проектных предприятий данного направления.

Задачи учебной дисциплины:

Формирование у студентов знаний: истории развития систем теплогазоснабжения, вентиляции, кондиционирования; топливных ресурсов, методах и способах производства тепловой энергии, путях экономии топлива и тепловой энергии; структуры факультета инженерных систем и экологии и профильной кафедры.

В результате изучения учебной дисциплины формируются следующие компетенции:

- УК-6. Проявлять инициативу и адаптироваться к изменениям в профессиональной деятельности.
- УК-9. Выявлять факторы и механизмы исторического развития, определять общественное значение исторических событий.

В результате изучения дисциплины студент должен:  
знать

- основные нормативные материалы;
- терминологию по профильным объектам;
- иметь представление о специальности и об инженерных системах и сетях;
- основные положения организации строительства систем теплогазоснабжения и вентиляции;

уметь:

- ориентироваться в вопросах обоснования принципиальных и конструктивных решений систем теплогазоснабжения и вентиляции и их проектирования;
- совершенствовать свои знания и навыки в процессе профессиональной деятельности на основе самостоятельного изучения научно-технических достижений.



## 1. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### 1.1. ЛЕКЦИОННЫЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

**История развития систем теплогазоснабжения и вентиляции.** Исторический обзор развития техники отопления. Техника отопления в Древней Руси до XI в. Техника отопления на Руси до XII-XVII вв. Конструкции отопительно-вентиляционных устройств XVIII в. Развитие отопительной техники с использованием теплоносителей в XIX и начале XX в. Основные этапы развития систем теплоснабжения, вентиляции. Развитие вентиляции в XVII-XVIII вв. Развитие районированного теплоснабжения. История развития систем кондиционирования воздуха. Этапы развития газоснабжения.

**Общая характеристика объектов специальности.** Современное состояние и основные проблемы строительства и эксплуатации систем теплоснабжения, газоснабжения, вентиляции и кондиционирования промышленных и гражданских объектов. Энергосбережение. Принципиальные и конструктивные решения систем теплогазоснабжения и вентиляции при их проектировании. Влияние энергетики на качество природной среды. Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов.

**Учебная работа студентов в ВУЗе.** Виды учебных занятий. Методики слушания лекций и ведения конспектов. Самостоятельная работа студентов. Правила подбора и изучения научно-технической литературы. Подготовка к экзаменам. Научно-исследовательская работа. Получение второго высшего образования. Ознакомление с оборудованием, мерами безопасности и организацией занятий в учебно-исследовательских лабораториях кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция».

**Структура БрГТУ.** Нормативные документы по организации учебной и научно-исследовательской работы студентов в ВУЗе. Образование и становление БрГТУ. Структура высшего инженерного образования. Общие сведения о специальности. Учебный план специальности. Состав и структура факультета инженерных систем и экологии, основные направления деятельности кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция». Правила внутреннего распорядка БрГТУ. Положение о порядке организации и проведении курсовых экзаменов и зачетов.

### 1.2. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

Исторический обзор развития техники отопления. Основные этапы развития систем теплоснабжения, вентиляции. Современное состояние и основные проблемы строительства и эксплуатации систем теплоснабжения, газоснабжения, вентиляции и кондиционирования промышленных и гражданских объектов. Учебный план специальности. Состав и структура факультета инженерных систем и экологии. Правила внутреннего распорядка БрГТУ. Положение о порядке организации и проведении курсовых экзаменов и зачетов. Основные этапы развития систем теплоснабжения, вентиляции. Принципиальные и конструктивные решения систем теплогазоснабжения и вентиляции при их проектировании.

Правила подбора и изучения научно-технической литературы. Подготовка к экзаменам. Научно-исследовательская работа. Получение второго высшего образования. Ознакомление с оборудованием, мерами безопасности и организацией занятий в учебно-исследовательских лабораториях кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

для дневной формы получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самостоятельной работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Семинарские занятия		
	2		4	4	6	8	
	История развития систем теплогазоснабжения и вентиляции		6			зачет	
	Общая характеристика объектов специальности		2			зачет	
	Учебная работа студентов в ВУЗе		4			зачет	
	Структура БрГТУ		4			зачет	
	ИТОГО	6	6				

**2.2 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**для заочной формы получения образования**

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самостоятельной работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Семинарские занятия		
	2		4	4	6	8	
	История развития систем теплогазоснабжения и вентиляции.		2			зачет	
	Общая характеристика объектов специальности. Учебная работа студентов в ВУЗе. Структура БрГТУ		2			зачет	
	<b>ИТОГО</b>		4				

**2.3 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**для заочной формы получения образования, интегрированного со средним специальным образованием**

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самостоятельной работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Семинарские занятия		
	2		4	4	6	8	
	История развития систем теплогазоснабжения и вентиляции.		2			зачет	
	Общая характеристика объектов специальности. Учебная работа студентов в ВУЗе. Структура БрГТУ		2			зачет	
	<b>ИТОГО</b>		4				

### 3. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1. ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. СН 4.02.03-2019 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Минск, 2020.
2. «100 лет теплофикации и централизованному теплоснабжению в России». Сборник статей под редакцией В.Г.Семенова. Издательство «Новости теплоснабжения», Москва, 2013.
3. Раяк М.Б. «Развитие зарубежных и отечественных систем отопления и вентиляции гражданских и производственных зданий». Справочно-информационное пособие – М.: Издательство «Новости теплоснабжения», 2007. – 183 с.
4. Правила внутреннего распорядка Брестского государственного технического университета, 2020.
5. Положение об организации и проведении курсовых экзаменов и зачетов в БрГТУ, 2021.

Дополнительная:

4. Ливчак И.Ф. «Развитие теплоснабжения, климатизации и вентиляции в России за 100 последних лет». Учебное издание – М.: Издательство Ассоциации строительных ВУЗов, 2004. – 96 с.
5. Дячек П.И. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение: Учеб. пособие. – М.: изд-во АСВ, 2017, 676 с.
6. [www.bstu.by](http://www.bstu.by)

#### 3.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Для поведения самостоятельной работы студентами используются литературные источники, приведенные в п.3.1.

п/п	Название раздела, темы	Номер литературы из списка
	История развития систем теплогазоснабжения и вентиляции	Основная: 2, 3 Дополнительная: 1, 2
	Общая характеристика объектов специальности	Основная: 1, 2, 3 Дополнительная: 2
	Учебная работа студентов в ВУЗе	Основная: 2, 3, 4, 5 Дополнительная: 1, 2, 3
	Структура БрГТУ	Основная: 4, 5 Дополнительная: 3