



R H R Balances Venture Capital Investments, SA

Federal Identification Number: CH-660.6.636.008-4
Address: Switzerland, 1207 Genève, Place Des Eaux-Vives 6
Tel. +41 76 336 00 13
+41 79 416 14 86

Черные небеса. Здоровье, экология и отопление домовладений.

«Отопление жилых помещений с использованием древесины и угля является значимым источником загрязнения наружного (атмосферного) воздуха; оно также может быть причиной загрязнения воздуха внутри помещений либо путем прямого воздействия, либо при проникновении загрязнителей извне (инфильтрация). Медленно, в течение столетий, приходило осознание опасности сжигания угля и дров для отопления жилищ в городах развитых стран, но важный политический резонанс был связан с “Великим смогом” 1952 г. в Лондоне, ставшим причиной нескольких тысяч случаев преждевременной смерти за короткий период времени. Смерти были вызваны воздействием дыма из домов, отапливавшихся углем и дровами». Из отчетов ЕС и ВОЗ.

Из истории отопления в России.

Русская отопительная техника берет свое начало от культуры тех древнейших племен, которые заселяли значительную часть южных районов Евразия. Печи эти топились "по-черному", т.е. с отводом дыма непосредственно в землянку и затем наружу через проем, служивший одновременно входом. Именно такая глинобитная печь была в течение многих столетий отопительным и пищеварным прибором древнерусского жилища. В России в XV-XVI вв. печи в жилых помещениях были дополнены трубами и стали называться "белыми" или "русскими". Появилось воздушное отопление. В XV в. такое отопление было устроено в Грановитой палате Московского Кремля, а затем под названием "русская система" применялось в Германии и Австрии для отопления крупных зданий. Значительное развитие печное дело получило при правлении Петра I, который своими именными указами 1698-1725 гг. впервые ввел в России основные нормы печестроения, строжайше запретившие постройку черных изб с курными печами в Петербурге, Москве и других крупных городах. Петр I ввел обязательную во всех городах России очистку дымовых труб от сажи для предохранения от возгорания сажи и пожаров. Около Москвы, Петербурга и других городов строятся крупные заводы по выработке кирпича, изразцов и печных приборов, открывается торговля всеми материалами для печестроения. Крупнейший в России Тульский завод становится основным поставщиком железных и чугунных комнатных печей и металлических печных приборов. К 20 веку печей для отопления домов было изобретено огромное количество и один изобретатель, Грум-Гржимайло, считающий свои конструкции печей «поистине уникальными» с высокими КПД которые поражают, говорил: **«Я не знаю ни одного случая, чтобы печь, логично построенная, отказалась работать. Напротив того, малейшее отступление от начал гидравлической теории никогда не проходило мне безнаказанно. Особенное удовольствие я испытываю при рассматривании новых патентов печей, из которых очень многие давно уже мною разработаны, как простое следствие гидравлической теории. Следствий этих так много, что если патентовать их, то придется считать патенты десятками, пока, наконец, *патентное Бюро не догадается, что закон природы не может быть объектом патента*».**

В 21 веке изобретатели и производители печей продолжают «плодить» конструкции представляя в рекламах, как самых экономичных, длительно горящих. Манипулируя понятиями, показывают КПД 75-98%, а при использовании эффекта выделения тепла при конденсации паров воды аж до 110% - тепловой КПД котла 99% плюс 11% тепла от на

испарение влаги. Конденсация дымовых газов переводит конденсированную часть газов в обводненную пиролизную жидкость, которая является опасным продуктом для здоровья человека, окружающей среды, разрушает оборудование и требует специальной утилизации. Котлы «Длительного горения», «Пиролизные» печи, использующиеся с недостатком кислорода в зоне горения и последующим дожиганием пиролизных газов, это генераторы опасных выбросов с низким КПД. В старинные печники без знаний теории физико-химических процессов горения, понимали опасность сжигания с ограниченной подачей воздуха (не зная химического состава), организации необходимой тяги и температуры дымовых газов по дымоходу, опасность возгорания сажи в дымоходах, микровзрывов и создавали печи, обеспечивающие максимально полное сгорание топлива и их безопасную эксплуатацию.

Разберемся, как в России отапливать домостроения и не вредить здоровью семьи и природе. Если хочешь, построшь Дом своей Мечты, думай, помни историю, что в Российские зимы даже богатые помещики из основной усадьбы переезжали жить в отдельные избы или в зимний флигель разумная достаточность, баланс практичности.

Что надо понимать домовладельцу, чтобы было тепло и здоровья семьи сохранить.

Первое. Отопление жилища во все времена было дорогостоящей, трудозатратой деятельностью. Были рождены специальности дровосеков и углекопов, истопников и кочегаров, печников и ТРУБОЧИСТОВ. То есть, планируя отопление домовладения человек должен понимать, сколько специальностей ему придется освоить и какое личное время, трудозатраты, и денежные средства придется тратить. Посчитаем.

Для **обогрева** каждого кубического метра объема жилища по рекомендациям СНИП необходим 41 Вт/час **тепла** для комнаты с потолками высотой 3 м. или 123 Вт/час на 1 м² площади пола от теплоносителя (печи, водяных радиаторов, воздушного отопления, теплых полов, камина, электронагревателей и т.д.) хорошо утепленного дома по СНИП.

Пример: На отопление дома общей площадью 100 м² с потолками 3 м. потребуется 12,3 кВт/час тепловой энергии. Отопление природным газом, электроэнергией, дизельным топливом, тепловым насосом позволяет автоматизировать сжигание и не требует больших затрат личного времени, а для получения такого же количества тепловой энергии от твердого топлива надо сжигать в час дров – 3,075 кг. (содержание золы после сгорания 1-3%) или угля – 2,46 кг. (содержание золы и шлака после сгорания 10-40%). Климат: в Подмоскovie для отопления 100 кв. м площади требуется в среднем 12-15 кВт/час, в северных районах — 15-20 кВт/час, в южных — 7-8 кВт/час тепловой мощности. То есть за отопительный сезон (210 дней) хозяину дома 100 м² придется закупить на отопительный сезон не менее 10-11 м³ дров, наколоть, положить на хранения в сухом месте и переносить ежедневно до 50-73,8 кг поленьев до печи. Одна закладка сухих (20% влажности) дров от 4 до 10 кг. при подаче воздуха с избытком 1,1-1,3 и прогорает за 60-120 минут. Закладка угля прогорает за 4-5 часов. То есть для поддержания температуры в доме необходимо делать 7-10 закладок дров за сутки или иметь накопитель тепла. В остальных случаях температура в помещениях будет сильно колебаться в течении суток. Физические нагрузки на организм человека полезны, а вот постоянные загрузки дров или угля гарантированно выбрасывают в помещения топочные газы, которые опасны для здоровья. Кроме этого требуется еженедельная очистка котла и дымохода для поддержания КПД, и уборка зольных остатков 100-110 кг/год золы от топки дровами или опасных шлаков от сгорания угля 1000-4000 кг/год, которые содержат опасные металлы и коксовые смолы.

Итог: хозяину дома придется освоить и выполнять работу истопника и трубочиста в отопительный сезон, и дровокола в летний, заготовительный сезон.

Второе. Жилище должно защищать человека от непогоды и создавать среду, способствующую сохранению его здоровья и работоспособности. В жилых помещениях человек должен дышать чистым, богатым кислородом воздухом необходимой влажности, а комнаты легко и без сквозняков проветривались, были теплыми и хорошо освещенными. *Все это требует энергии.*

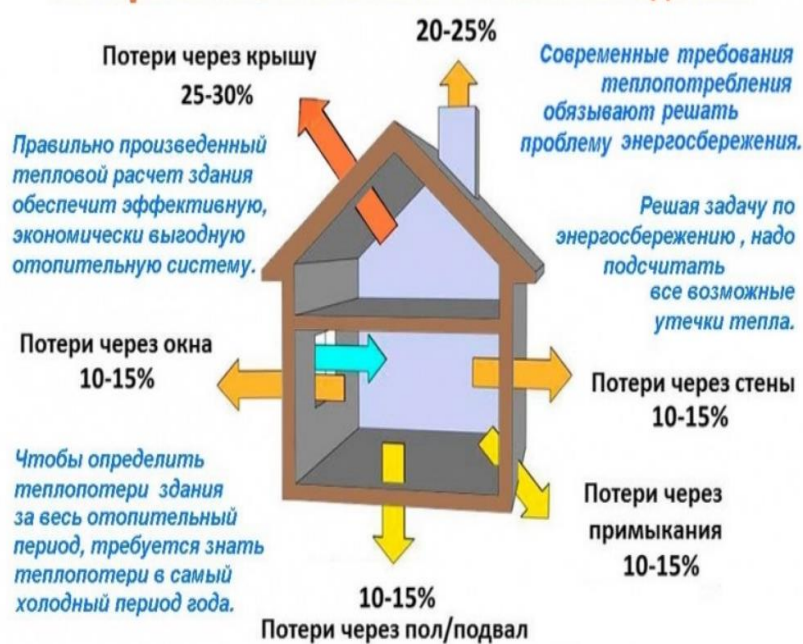
Комфортные условия проживания для домов постоянного проживания.

Воздух в помещении. Человек вдыхает с воздухом кислород и выдыхает 0,02 м³ углекислый газ и 40 г. в 1 час. Присутствие 0,1 — 0,3% углекислоты в воздухе вызывает раздражение дыхательных путей (более глубокое дыхание). При однократном обмене воздуха в 1 час необходимо, чтобы объем помещения был не менее 32 м³ на взрослого человека и 15 м³ на ребенка.

Температура помещений. Наиболее благоприятна для человека, температура 18 — 24°C. Человеческий организм выделяет за 1 час около 1,5 ккал на каждый килограмм собственной массы. Человек массой 70 кг выделяет за сутки до 2000 - 2520 ккал.

Влажность воздуха в помещении. Наиболее благоприятна относительная влажность воздуха в помещении 50 — 60%; она может колебаться в пределах 40 — 70%. Более высокая влажность способствует развитию болезнетворных бактерий, плесени, повышает теплопередачу и образование конденсата.

Потери тепла в системе отопления здания



- Коэффициент потери тепла через окна: 1,27 (обычное окно), 1,0 (окно с двойным стеклопакетом), 0,85 (окно с тройным стеклопакетом)
- Теплоизоляция стен: плохая теплоизоляция 1,27, хорошая теплоизоляция 0,85.
- Верхнее помещение: холодный чердак — 1, теплый чердак — 0,9, отапливаемая мансарда — 0,8.
- Высота потолков: 3 метра — 1,05; 3,5 метра — 1,1; 4 метра — 1,15; 4,5 метра — 1,2.

Источниками опасными для здоровья в доме могут быть материалы стеновых компонентов, уплотнители для герметизации, облицовочные и отделочные материалы, материалы полов, материалы мебели, ковры, одежда, еда, вода, выбросы отопительной системы, системы кондиционирования воздуха. Все это влияет на организм человека, его здоровье и здоровье потомства. Это хорошо поняли в развитых странах и приняли и продолжают совершенствовать Законы для здоровой среды обитания населения в жилищах по критериям строительства жилищ и установкам отопления.

Выбор конструкций и материала стен, пола, потолка, фундамента.

Реклама двигатель торговли и в тоже время целенаправленный обманщик потребителя. Избавится от «легенд» о теплоте в бревенчатых домах, клееного бруса, кирпичного, газобетонного, каркасного строения без дополнительного утепления **достаточно посмотреть на**



таблицы тепловых потерь каждым материалом. Это не только деньги на топливо, но и снижение загрязнений окружающей среды обитания жителей, забота о собственном здоровье. Для понимания, например строители в Финляндии, Канады строят каркасные дома с утеплением по крыше и полу до 500 миллиметров и до 300-350 миллиметров по стенам, для отопления домов, применяют тепловые насосы, рекуператоры, обеспечивая экологическую безопасность и комфорт проживания. В России вам предложат 150-200 миллиметров, а это определяющие параметры финансовых затрат на отопление и здоровое проживание.

Придется выучить владельца и что такое «Точка росы», влагопроницаемость для того, чтобы не покрылся плесенью и грибками, не сгнил и не разрушился дом, а при отоплении печами трубы и котлы не «мироточили» креозотом и смолами и не загрязняли воздух в доме ПАУ с микрочастицами PM2,5 и не попадали в организм проживающего, не создавали опасную бактериальную, вирусную среду.

Выбор безопасной для здоровья системы отопления.

Выбор системы отопления зависит от площади и этажности строения, и доступности топлива.

- Котлы с отоплением электроэнергией экологически безопасны, но требуют резервного отопления и ограничены мощностями сетей. К ним относятся и системы тепловых насосов работающие на принципе отбора низкотемпературного тепла (5-8°C) из земли, водоемов, скважин дающие ощутимую экономию затратах на отопление.
 - Газовые котлы на природном газе минимизируют вредные выбросы и позволяют отапливать большие жилые площади и поддерживать комфортные условия. Резервом для сетевого газа могут служить емкости со сжиженным газом, в том числе для основной подачи.
 - Как резервное и основное топливо можно применять дизельное топливо, которое сравнимо по затратам со сжиженным газом, но имеет опасные выбросы от сгорания в котле.
 - Основой системы отопления с учетом доступности топлива служат твердотопливные котлы, в которых топливом может быть дрова, торф, сланцы, уголь, но несущие целый комплект проблем с обслуживанием и выбросами опасными для здоровья хозяина и его семьи.
- Санитарно-гигиеническое требование к котлам - ограничение температуры наружной поверхности отопительных приборов вызвано разложением и сухой возгонки органической пыли на нагретой поверхности, сопровождающимся выделением вредных веществ, в частности окиси углерода. Разложение пыли начинается при температуре 65-70°C и интенсивно протекает на поверхности, имеющей температуру более 80°C. Твердотопливные котлы требуют специального помещения, потому что сопутствующим эксплуатации будет запах креозота особенно от котлов «длительного горения» и «пиролизных» котлов. Для сглаживания перепадов температуры в доме и снижения частоты закладки дров или угля желателен применения в системах отопления аккумуляторов тепла. Печи-камины чугунные, стальные, кирпичные имеют КПД не более 30-45% и по максимуму загрязняют помещения вредными выбросами и требуют постоянного контроля по безопасности и необходимости регулярно добавлять топливо. Использование котлов для пилет из древесины, брикет из торфа или угля с автоматической подачей позволяет иметь загрузку на 2-6 суток. Проблему автоматизации при отключении электроэнергии можно решить автономным дизель-генератором с автоматическим запуском и дистанционным контроле, что не везде возможно.
- Отопление печами по типу «Русской печи» и другими конструкциями кирпичных печей как аккумулятора тепла на определенное время, не дает равномерной температуры в доме в течении суток. Нет комфорта при неравномерности температуры в объеме помещения (холодный пол). Большие затраты времени на обслуживание печей и контроль горения. Применяется для небольших домов или помещений, где нет других возможностей.



Выбор системы вентиляции.

Качественная вентиляция обеспечивает безопасность применения печей отопления от отравления CO, CO₂, CH₄, NO_x и уменьшает микрочастицы PM_{2,5-5,0-10,0} в помещении. Все виды вентиляции приводят к потере тепла в помещениях и требуют затрат энергии.

Третье. Любое горение органического топлива и неорганических соединений создает для здоровья человека опасные вещества. Дым горящей древесины (и других видов биомассы), каменного угля, дизельного топлива, мазута, газа содержит (конденсируемые и неконденсируемые) газообразные загрязнители воздуха, которые несут неблагоприятные последствия для здоровья: частицы: PM_{2,5}, PM_{5,0}, PM₁₀ с СУ (Сажистый Углерод), ОУ (Органический Углерод), газы CO, NO_x, ЛОС (акролеин, формальдегид, бензол), диоксины, газообразные и взвешенные ПАУ и в первую очередь бензпирен, а также другие органические соединения, смолы, фураны, включая карбоновые кислоты, многочисленные насыщенные и ненасыщенные углеводороды, ароматические соединения и кислородсодержащие органические соединения (альдегиды, хиноны, фенолы, органические кислоты и спирты). При неполном сгорании топлива конденсируемые продукты пиролизной жидкости, не окислившие в печи, выделяются на поверхностях топок и дымоходов (сажа, смолы). В зонах неравномерного горения происходят микровзрывы - хлопки, вспыхивает и горит сажа в дымоходах. Это происходит из-за неправильной организации процесса горения, из-за конструкций топок или нарушения правил эксплуатации. Выбросы этих веществ в помещения изменяют микробиоту в жилище, опасно воздействуя на здоровье проживающих и их будущее потомство.

Все это связано с происхождением топлива и заложенными в них природой химическим составом, химической энергией и физическими свойствами, которые определяют границы применения.

Понимание Законов Природы химических и физических превращений при сжигании топлива, важнейший момент для практического применения в проектировании печей, топок, котлов, газификаторов для получения тепловой и электрической энергии с максимально возможным КПД и минимальными вредными выбросами.

О топливе.

Фотосинтезирующие организмы содержат пигменты, способные поглощать энергию видимого света, запуская тем самым химические реакции фотосинтеза. Фитомасса на Земле образована за счет протекания процессов фотосинтеза — основополагающих в образовании лигноуглеводного комплекса, из которого сформирована основная часть тканей растений. Химический состав и их химическая энергия созданных фотосинтезом при низких температурах и давлении из CO₂, воды и энергии солнца «безвредных» растительных полимеров дерева, а с последующем образовавшихся в земле из растительных остатков торфа, каменного угля, нефти (биогенной теории) при окислении (горении), температуры горения, количество окислителя и химические реакции процессов определяют состав веществ в дымовых газах.

Основной горючей составляющей топлива является углерод, горение которого обуславливает выделение основного количества тепла.

Полное горение углерода: $C + O_2 = CO_2 + 7980 \text{ ккал/кг}$;

Неполное горение углерода: $2C + O_2 = 2CO + 2340 \text{ ккал/кг}$.

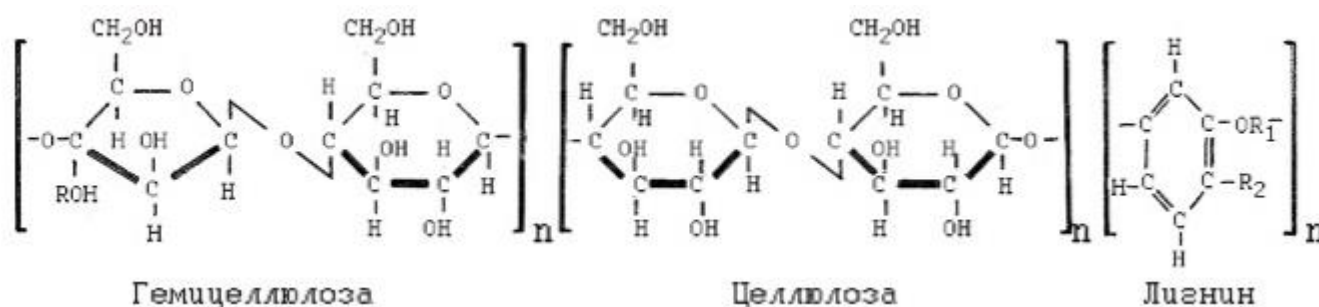
Содержание золы после полного сгорания дров- 0,8 -1,5%, сгорания каменного угля - 15-40%.

Выбросы с дымовыми газами от дров и угля представляет собой сложную дисперсную систему аэрозолей и суспензий, формируемую газами, мелкодисперсными твердыми и жидкими частицами продуктов сгорания (размером не более PM_{2,5}), которые, постоянно находясь во взвешенном состоянии в газообразной фазе, не оседают под действием силы тяжести.

Компоненты, входящие в состав дымовых газов, образующихся при сжигании древесины, биомассы и угля в жилищах частицы: PM_{2,5}, СУ (сажистый углерод), ОУ (органические углеводороды) PM_{2,5}, газообразные загрязнители воздуха СО, NO_x, ЛОС (акролеин, формальдегид, бензол, бензапирены), газообразные и взвешенные ПАУ, органические соединения, включая карбоновые кислоты, многочисленные насыщенные и ненасыщенные углеводороды, ароматические соединения и кислородсодержащие органические соединения (альдегиды, хиноны, фенолы, органические кислоты и спирты) с которыми может быть связан ряд неблагоприятных последствий для здоровья. Тонкодисперсные частицы, источником которых является сжигание древесины, торфа, угля считаются индикатором воздействия на здоровье.

Древесина.

Древесное вещество, состоящее из целлюлозы, гемицеллюлоз и лигнина, связанных между собой химическими связями и межмолекулярными взаимодействиями, образует единый лигноуглеводный комплекс, представляющий собой подобие твердого раствора, формирующего физическую структуру древесины. Сухая древесина в среднем содержит 49% углерода, 44% кислорода, 6% водорода, 0,1-0,3% азота. При сжигании древесины остаётся её неорганическая часть 0,2-1,7% - зола. В состав золы входят кальций, калий, натрий, магний и другие элементы.

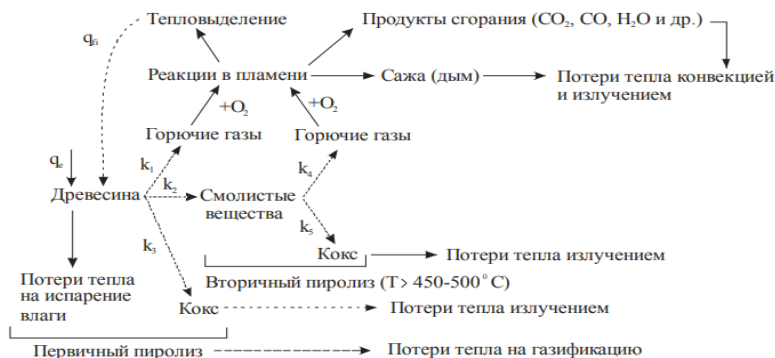


Все компоненты лигноуглеводного комплекса древесины являются высокомолекулярными соединениями. Целлюлоза является стереорегулярным биополимером. Гемицеллюлозы относятся к биополимерам нерегулярного строения, которое связано с видовой принадлежностью древесинного вещества. Лигнины высокомолекулярные соединения, в которых нет закономерного чередования структурных единиц в макромолекуле древесины. Древесина является возобновляемым источником энергии и сырья. Термической и химической обработкой из древесины получают бумагу, искусственный шелк, древесный кормовой сахар, метиловый и этиловый спирт, уксус, лаки, камфару, деготь, креозот, бензин, уголь и др.

Свойства древесины.

При нагревании составные части древесины — целлюлозы, лигнины, гемицеллюлозы и вода превращается в смеси газообразных первоначально образующихся продуктов пиролиза (неароматические газы — CO₂ и CO, метан CH₄, ацетилен C₂H₂, этилен C₂H₄, H₂, смолы) и возникших при взаимодействии друг с другом и кислородом, вторичных продуктов пиролиза. Гемицеллюлозы превращаются в фенолы, спирты, карбонильные соединения и карболовую кислоту. Углеводная часть древесины (целлюлоза и гемицеллюлоза), температура начала термического распада 240-280°C. Происходит гидролиз полисахаридов, в дальнейшем под влиянием более высокой температуры и органических кислот. Из промежуточных продуктов термического разложения целлюлозы основным является левоглюкозан. В результате окислительных реакций из левоглюкозана образуются вода, углекислый газ, метан, этилен, ацетон, уксусная кислота, смола и другие органические вещества. Аналогично распадается гемицеллюлоза, состоящая из остатков пентозанов и гексозанов. Из пентозанов образуются пентозы, из пентоз образуется фурфурол, фураны, муравьиная кислота и гуминовые вещества. Из

лигнина, температура его термического, химического распада которого около 350°C, образуется паро-газовая смесь состоящая из углеводородов, CO₂ и CO, а так же паров метилового спирта, ацетона и уксусной кислоты, смолы и других органических соединений. Смола, образуемая из лигнина, состоит из фенольных соединений типа простых метиловых эфиров (моно- и диметиловых эфиров пирогаллола и его гомологов, эфиров двухатомных фенолов и д.п.). В лигниновой смоле так же содержатся эвгенол, пирокатехин, фенол, орто-крезол, гваякол, креозол, бензол, бензоапирен, винилгваякол, анисовая кислота. В процессе образования пиролизного газа непрерывно проходят химические реакции процессы циклизации, полимеризации и дегидратации с образованием, разложением и последующим окислением входящих в состав химических соединений.



Состав пиролизной жидкости изопреноидные углеводороды, ароматические углеводороды (более 60% от общего количества), изомерные непредельные углеводороды (около 20%) и асфальтены (менее 10%). В пиролизной жидкости с температурами кипения выше 250 °С в состав входят в основном смолы (более 70%) - продукты неполной деструкции (изопреноидные углеводороды с молекулярной массой 600-1200) и асфальтены – продукты частичного окисления, процессов полимеризации и конденсации сложных ароматических углеводородов. В отопительных печах парогазовая смесь продуктов должна быстро попадать в активную зону горения температур 850-1100°C для разложения органических соединения пиролизной жидкости на более простые вещества оксида углерода, водорода и лёгких углеводородов и их максимального окисления до CO₂ и H₂O.

Топливные брикеты из отходов древесины и торфа.

Для более безопасного применения для отопления домов брикетами из торфа еще во время Великой Отечественной Войны ученым Равичевым Б.М. были созданы брикеты из торфа. После пиролиза образовавшийся из торфа уголь с добавлением 5-6% зольных остатков как катализаторов беспламенного горения при коэффициенте избытка воздуха 1,0-1,1, что позволяло их использовать в землянках с минимальной пожароопасностью.

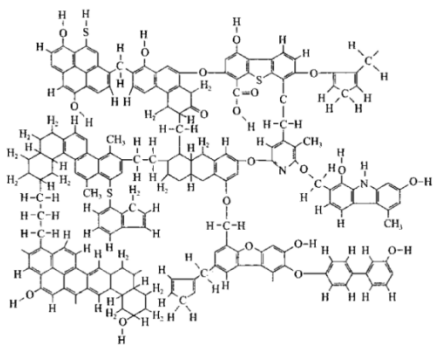
Уголь

За миллионы лет мертвая растительность под высоким давлением и температурой постепенно преобразовалась в уголь, процесс карбонизации с возрастанием углерода до 95%. По химическому составу каменный уголь представляет смесь высокомолекулярных полициклических ароматических соединений с высокой массовой долей углерода, а также воды и летучих веществ с небольшими количествами минеральных примесей, при сжигании угля образующих золу. Ископаемые угли отличаются друг от друга соотношением слагающих их компонентов, что определяет их теплоту сгорания.

Ряд органических соединений, входящих в состав каменного угля, обладает канцерогенными свойствами. Содержание углерода в каменном угле, в

зависимости от его сорта, составляет от 75 % до 95 %. Содержат до 12 % влаги (3-4 % внутренней), поэтому имеют более высокую теплоту сгорания по сравнению с бурными углями. При горении каменного угля богатыми летучими компонентами вначале происходит термическое разложение (коксование) с выделением горючих газов (углеводородов и водорода), сгорающих в объеме. При сжигании чистого углерода, кроме углекислого газа CO₂ на поверхности может образовываться окись углерода CO, догорающая в объеме. Горение угля с учетом объемных побочных реакций это сложный химико-физический процесс двойного рода. При достаточном избытке воздуха и высокой температуре поверхности объемные реакции протекают настолько быстро, что заканчиваются в непосредственной близости от поверхности. Допустимо в расчетах принимать горение угля важным техническим процессом гетерогенного горения.

При сжигании топлива в окружающую среду поступают микрочастицы твердых продуктов сгорания, которые представляют собой смесь летучей золы топлива и коксового остатка. Летучая зола, часть золы топлива, уносимая из котла дымовыми газами. При сжигании топлива доля уноса золы составляет до 10-20%. В составе летучей золы, кроме основных компонентов содержатся токсичные микропримеси, в основном это оксиды тяжелых металлов V.Cr. Мп. Co, Ni, Си, Zn. Sr. Pb. Hg, U. Содержание этих элементов в летучей золе углей достигает сотен г/т золы, и что токсичные микропримеси золы твердого топлива сконцентрированы в основном во фракциях с размером частиц от 1 до 15 мкм трудно фильтруемыми. Это воздушный загрязнитель, в состав которого входят как твердые микрочастицы, так и мельчайшие капельки жидкостей. И те, и другие размером примерно от 10 нм до 2,5 мкм. Обозначения и названия частиц PM_{2.5}: мелкодисперсные взвешенные частицы, тонкодисперсная пыль. Сжигание ведет к образованию и выбросу в атмосферный воздух сажи и токсичных органических соединений, таких как фенол и его производные, бензапирен и диоксины, фураны, ПХБ, ПАУ.

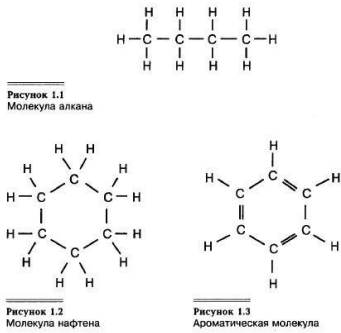


Углерод (C)	75 — 95%	Водород (H)	2,5 — 5,7%
Кислород (O)	1,5 — 15%	Азот (N)	до 2,7%
Сера (S)	0 — 4%		
Выбросы с дымовыми газами сжигания угля.			
Оксиды азота NO _x (на NO ₂)	350 ÷ 1500		
Сернистый ангидрид SO ₂	1000 ÷ 5000		
Серный ангидрид SO ₃	2 ÷ 100		
Угарный газ CO	15 ÷ 150		
ПАУ по Бенз(а)пирен C ₂₀ H ₁₂	(0,3 ÷ 14) · 10 ⁻³		
Твердые частицы PM ₁₀ , PM _{2,5}	до 35-50 кг/тонны		
Диоксины, фураны, ПХБ			

Уголь необходимое топливо, но опасное для экологии и здоровья человека которое при сжигании в бытовых печах и каминах, не имеющих очистных сооружений для улавливания летучей золы, NO_x, кислот, ПАУ, сероводородов, смол. Вдыхание дымовых выбросов в течение 5-10 мин. смертельно при следующих концентрациях в воздухе: диоксид углерода - 9,0 %; оксид углерода - 0,5 %; сернистый газ - 0,3 %; хлористый водород - 0,3 % цианистый водород - 0,02 %. Для снижения вредных выбросов необходимо на основе угля выпускать промышленные брикеты с удалением газифицируемой летучей составляющей, карбонизацией аналог кокса для домашних котлов. Твердый остаток (полукокс) это высококарбонизованное вещество с высоким содержанием углерода (85-95 %), низким содержанием водорода (2,5-4,5 % масс.) и воды не способное к выделению большого количества летучих веществ и будет гореть в гетерогенном режиме, позволяющим значительно снизить выбросы. Для угольных брикетов возможно применение хлористого железа, солей и оксидов ряда металлов, калия, кальция,

которые вдвое повышают реакционную способность каталитической активации процессов горения твёрдого топлива.

Дизельное топливо и мазут.



Нефть — сложная коллоидная химическая система, состоящая из множества компонентов (абиогенное или биогенное происхождение) Жидкая фаза нефти представляет собой жидкие углеводороды (порядка пяти сотен различных веществ). Также содержит полу-твердые элементы — «тяжелые» углеводороды (смолы), которые взвешены в жидкости, включает в себя серу, азот, минеральные соли, воду, растворы углеводородных газов.

Отопление жидким топливом и природным газом.

Жидкое топливо. При сжигании жидкого топлива в каплях, находящихся в потоке аэросмеси, протекают процессы, связанные с испарением жидкости и расщеплением углеводородов. При температурах выше 650°C, молекулы углеводородов распадаются с образованием высокомолекулярных углеводородов и твердого остатка в виде сажистого углерода. Особенно неблагоприятно для полного горения неравномерное распределение кислорода в аэросмеси, которое наблюдается при подаче струи по оси факела, при больших потерях скоростного напора воздуха в выходном отверстии горелки и плохом смешении аэросмеси топлива в процессе горения за горелкой. Высокомолекулярные углеводороды и сажистый углерод, дают коптящее пламя при сгорании. При движении потока горючей смеси капли жидкости сразу попадут в зону высоких температур факела и будут быстро нагреваться, и при расщеплении выделять трудносгораемые продукты, которые, не догорая, будут удаляться вместе с дымовыми газами. В дымовых газах канцерогенными веществами являются химические вещества, воздействие которых на человека вызывает рак и другие опухоли: мелкодисперсные взвешенные частицы, тонкодисперсная пыль, сажи и токсичных органических соединений, такие как фенол и его производные, бензапирен.

Газообразное топливо.

При сжигании газообразного топлива в атмосферу выбрасывается более 99 % от общего объема продуктов сгорания, — летучие и газообразные вещества, для угля составляет не более 65 - 85%, для жидких нефтяных топлив более 80–95 %. Остальная часть дымовых газов в виде нагара, копоти, золы, сажи и других отложений, остается на поверхностях нагрева котлов и ее газового тракта и очистных сооружений. В дымовых газах газообразного топлива основные загрязнители сажистый углерод PM_{2,5}, NO_x, CO, ПАУ, CH₄.

Механизм образования токсичных веществ, при сжигании органического топлива.

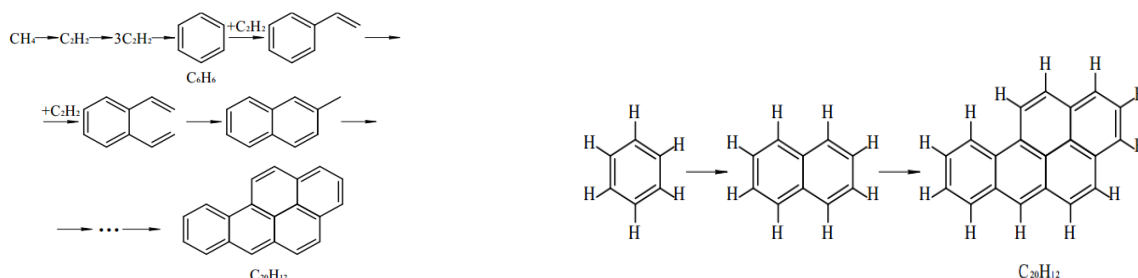
Образование оксидов углерода.

Если воздуха недостаточно при сгорании топлива химическая реакция будет неполной, например для метана: $CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + CO + H + CH_4 + C$. В этом химическом уравнении знак равенства не ставится, так как не определяется какое количество кислорода участвует в реакции и потери от несгоревшего метана, потери КПД. При неполном сгорании образуется крайне опасное соединение - монооксид углерода (CO). CO в легких способен соединяться с гемоглобином, замещая кислород, что приводит к удушью, которое заканчивается смертельным исходом. Монооксид углерода не имеет цвета и запаха, и «захватывается» эритроцитами в

легких, процесс отравления происходит незаметно для сознания человека. Всего лишь 0,1% концентрации CO в воздухе достаточно для того, чтобы в течение часа произошло смертельное удушье, а при 1% это происходит за 2-3 вдоха.

Образование бенз(а)пирена и смол.

По температурным параметрам можно выделить низкотемпературный и высокотемпературный механизмы образования бенз(а)пирена (C₂₀H₁₂).



Низкотемпературный механизм заключается в испарении высокомолекулярных углеводородных фракций, т.е. проходит при температурах лишь несколько больших, чем температура парообразования бенз(а)пирена. процесс имеет место и в топочных камерах на уровне деструкции высокомолекулярных соединений органического топлива, т.е. в начальной фазе факела. Основное же количество бенз(а)пирена (БП) образуется по высокотемпературному механизму. Высокотемпературный механизм образования БП – это синтез БП из углеводородных фракций топлива в высокотемпературной части камеры сгорания при отсутствии кислорода в зоне синтеза. Этот процесс сопряжен с явлениями конденсации циклической части и образованием все более и более конденсированных систем. Процесс синтеза БП из легких углеводородов основан на образовании ацетилена C₂H₂, который проходит процесс удлинения цепи с синтезом высокомолекулярных соединений по процессам циклизации, полимеризации и дегидратации.

Наиболее экологически опасными для живых организмов компонентами дыма, вызывающими раковые заболевания, являются полициклические ароматические углеводороды (ПАУ). Обладающие большой канцерогенной активностью 3,4 – бенз(о)пирен (C₂₀H₁₂), максимальный выброс которого наблюдается на нестационарных режимах работы топливо сжигающих установок, особенно при наборе мощности и накапливается в организме человека, Накапливается в продуктах питания при жарке шашлыков, копчении рыбы в дыму от горения.

Образования смол.

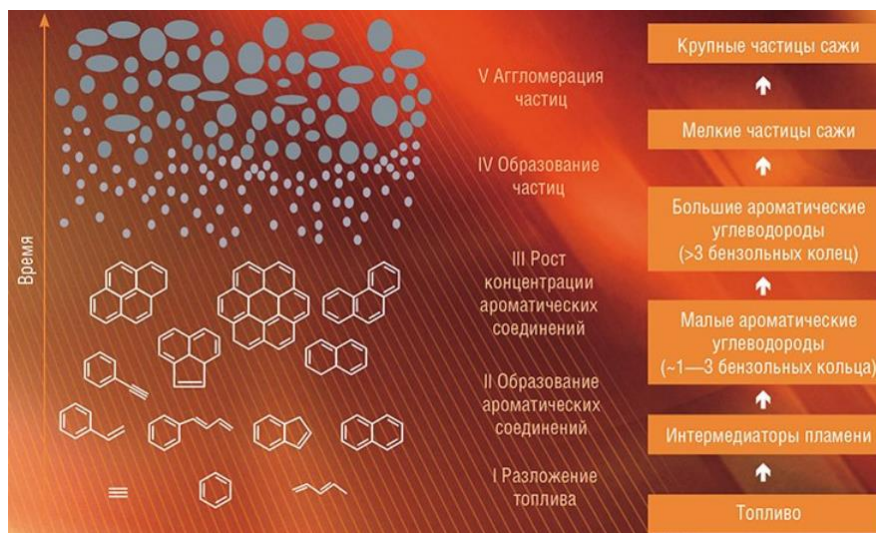
Смолы образуются при горении топлива в процессе циклизации из бензольных колец и радикалов. При горении угля образуются обводненные каменноугольные смолы, которые конденсируются и эмульгируются с водой из коксового газа. В воде растворены соли аммония [NH₄Cl, NH₄SCN, (NH₄)₂S, углеродистые вещества - фусы, представляющие собой **высокоопасные** отходы. Фусы представляют собой смесь угольно-коксовых частиц и каменноугольной смолы, представляющие собой основную часть зольного остатка. Воды и растворенные соли требуют нейтрализации. В зоне горения часть канцерогенных углеводородов не сгорает и уходит с дымовыми газами вместе с частицами сажи. В окружающую среду поступают микрочастицы твердых продуктов сгорания, которые представляют собой смесь летучей золы топлива и коксового остатка. Летучая зола, часть золы топлива, уносимая из котла дымовыми газами, доля уноса золы составляет до 10-20%. В составе летучей золы, кроме основных компонентов содержатся токсичные микропримеси, диоксины,

оксиды тяжелых металлов V, Cr, Mn, Co, Ni, Si, Zn, Sr, Pb, Hg, U. Содержание этих элементов в летучей золе углей достигает сотен г/т золы, и токсичные микропримеси золы твердого топлива сконцентрированы в основном во фракциях с размером частиц от 1 до 5 мкм не фильтруемыми рукавными фильтрами. Для дожигания каменноугольных смол требует температур от 900 поддержания их в парообразном состоянии и окисления в факеле с температурами от 1300 до 1700 с выделением сажи, что возможно только в промышленных печах.

Образование сажи.

Определяющим фактором сажеобразования, является относительная легкость отщепления атомов водорода от молекулы углеводорода относительно с расщеплением углеродных связей. Термическая гидрогенизация происходит, как только топливо попадает в высокотемпературную часть факела и продолжается в тех участках топочной камеры, где отсутствует кислород. Склонность топлив к сажеобразованию зависит от соотношения углерода к водороду в молекуле углеводорода (C/H). Чем выше это соотношение, тем больше выделяется сажи при сжигании. При сжигании угля, мазута состоящих из высокомолекулярных углеводородов, сажи образуется на 1-2 порядка больше, чем при сжигании природного газа, на 92-99% состоящего из легкого углеводорода – метана CH₄.

Процесс образования сажи в пламенах состоит из нескольких стадий. Образованию частиц сажи предшествует рост концентрации ароматических соединений. По: (Bockhorn, 1994)



Полициклические ароматические углеводороды являются ключевыми промежуточными соединениями в сажеобразовании. Образование (Нуклеация) частиц ПАУ больших размеров в основном формируются путём последовательных химических реакций радикалов малых ПАУ с ацетиленом, ПАУ и радикалов ПАУ.

Слипание (Коагуляция) частиц, рост размеров частиц увеличиваются посредством столкновения растущих частиц сажи. Вначале, сталкивающиеся частицы полностью сливаются (коалесцируют) за счет молекулярного притяжения с выходом новых сферических структур, позднее они объединяются (агломерируют) во фрактальные кластеры, т.е. цепочноподобные структуры. Реакции ПАУ радикалов с ПАУ и между радикалами ПАУ были основным путем к зародышу сажи. Коагуляция частиц, включающая радикалы, способствует образованию частиц все большего размера, в то время как окисление радикалами ОН играет незначительную роль в их уменьшении. Газофазные и коллоидно-химические системы связаны непосредственно

образованием частиц с молекулярной массой ≈ 2000 а.е.м. и диаметром ≈ 1.5 нм как зарождающихся частиц сажи и с определением сажи как не экстрагирующихся частиц. ПАУ и сажа, образующиеся при неполном сгорании топлива, обладают канцерогенной активностью, и вдыхание их в больших концентрациях способно вызвать внутренние генетические дефекты у живых организмов.

Образование термических оксидов азота.

Оксиды азота образуются как конечный продукт любого процесса сгорания топлива + воздуха. Оксид азота (NO) является главным компонентом NOx; однако, образуются, хотя и в меньших количествах, двуокись азота (NO₂) и закись азота (N₂O). В процессе горения отходов происходит окисление азота и образование оксидов азота, окисления атмосферного азота. Процесс химического превращения азота в отходах протекает при сравнительно низких температурах (менее 1090°C), в то время как процесс окисления атмосферного азота протекает при более высоких температурах. Из-за сравнительно низких температур эксплуатации отопительных печей 70-80 процентов образовавшегося, в них NOx, связано с присутствием в сжигаемой массе отходов азота. Термические оксиды азота NOx образуются путём окисления азота, содержащегося в воздухе атомарным кислородом, подаваемом на горение в высокотемпературной части топки. Выход термических NO определяется не только максимальной температурой в факеле в зоне синтеза, но и характером распределения температур в топке, степенью отвода теплоты от факела и повышенным тепловым напряжением. Оказывает вредное воздействие на здоровье человека и способствует образованию парникового эффекта и разрушению озонового слоя, что также отрицательно влияет на здоровье человека. Оксид азота вызывает «вымирание лесов», «кислотные дожди»

Образование сернистых соединений.

При сжигании жидких и твёрдых топлив, содержащих серу в рабочей массе, проходят реакции высокотемпературного окисления серы. Сера в угле в зависимости от месторождения составляет 0,3— 6,0 %. Сернистость горючих сланцев достигает 1,4—1,7 %, торфа—0,1 %. Соединения серы в результате горения превращаются в оксиды серы, причем около 99 % составляет сернистый ангидрид. Окислы серы образуются в результате полного окисления содержащегося в топливе азота. При этом образуется, в основном, SO₂ (>95%). Однако при более низких температурах также возможно образование некоторого количества SO₃ (<5%). Содержащаяся в топливе сера не полностью преобразуется в SOx; значительная ее часть остается в золе, и некоторая часть при более низких температурах выделяется в форме соли (K₂SO₄) или в форме H₂S. Оказывает влияние на процессы окисления, разрушает материалы и вредно воздействует на здоровье человека (раздражает слизистую оболочку дыхательных путей)

Образование паров серной кислоты.

В продуктах сгорания всех топлив содержатся водяные пары H₂O, и происходят реакции образования серной кислоты: $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$
Газовый тракт котла не должен допустить конденсации паров серной кислоты внутри котельного тракта и дымовой трубы. С этой целью температура уходящих продуктов сгорания серосодержащих топлив поддерживается выше точки росы серной кислоты (во избежание коррозии металлических поверхностей нагрева). Таким образом, содержащиеся в дымовых газах пары серной кислоты выбрасываются в воздушный бассейн, обуславливая кислотные дожди. Кислотные осадки. Повреждение растений. Образование смога. Коррозионное повреждение, повреждение материалов.

Образование твёрдых частиц.

При сжигании топлива твёрдые частицы образуются в двух видах: частицы летучей золы и частицы несгоревшего топлива. Количество образующейся в топке золы определяется

зольностью топлива. . В составе золы твердых видов топлива могут присутствовать сажа, несгоревшие материалы, тяжелые металлы и углеводороды. Могут являться источником выбросов в атмосферу радионуклидов, радиоактивные изотопы калия, урана и бария.

Минеральная часть топлива проходит процесс

При сжигании твердого топлива часть золы уходит в золошлаковые отходы, часть оседает на поверхностях нагрева. Часть, летучие золы, выбрасывается в атмосферу через дымовую трубу. Микропримеси перечисленных элементов распределяются в различных по размерам частиц фракциях летучей золы неравномерно, и обычно их содержание увеличивается с уменьшением размеров этих частиц. В составе золы твердых видов топлива могут присутствовать тяжелые металлы и другие несгоревшие материалы. Зольные и шлаковые твердые отходы сжигания каменного угля, из-за экологической опасности для здоровья человека, требуют специальной консервации. Нельзя высыпать на дороги и использовать как утеплитель для домов.

Диоксины, фураны, ПХБ, .

Диоксины, фураны, ПХБ образуются во всех высокотемпературных процессах, включающих углерод, кислород и любые соединения хлора в любом валентном состоянии. Катализаторами в сложных, гетерогенных системах оказываются как металлические поверхности, так и поверхность частичек летучей золы. Происходит превращения ПВХ и других хлорорганических полимеров в смесь ПХДД и ПХДФ. Сжигание отходов ТКО в домашних котлах ведет к образованию и выбросу в атмосферный воздух сажи и токсичных органических соединений фенол и его производные, бензапирен и диоксины, фураны, ПХБ, ПАУ.

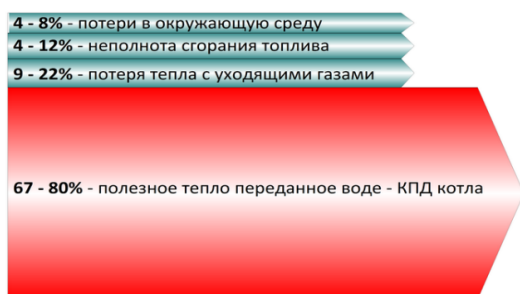
Диоксины это не где-то на другой планете. В 2011 году в немецких фермерских хозяйствах в течении 6 месяцев куры, индейки, свиньи получали корм с содержанием яда диоксин, что привело к диоксиновому отравлению сельскохозяйственных животных и к закрытию более 4500 хозяйств, забой десятков тысяч животных, изъятию продукции в сети.

О твёрдотопливных печах и котлах

Конструкции отопительной печи должны обеспечивать: равномерную температуры воздуха в обогреваемом помещении в течение суток (комфортное отклонение ± 3 °С); экономичное сжигание топлива (с возможно более высоким коэффициентом полезного действия (КПД)); безопасность при эксплуатации; ограничение температуры поверхности: 60-65°С на радиаторах в жилых помещениях; в других помещениях 110 °С на площади не более 15 % общей площади поверхности печи; в помещении с временным пребыванием людей допустимо применение печи при температуре ее поверхности выше 120 °С.

Потери КПД от неполного сгорания и покрытие теплообменников сажей.

КПД твердотопливного котла



Поправочные коэффициенты, относительно сортового антрацита:

- 0.95 - каменный уголь
- 0.85 – бурый уголь
- 0.80 – торфяные брикеты
- 0.80 – сухие дрова (два года сушки, влажность 15-20%)
- 0.30 – сырые дрова (влажность 70-80%)

Оптимальный режим работы для твердотопливного котла — работа на номинальной мощности.

Теплообмен. Эффективный теплообмен необходим для получения высокого термического КПД. Необходимую интенсивность теплообмена можно получить путем оптимального размещения теплообменных поверхностей. Зависит от организации горения и циркуляции воды в котле.

Номинальная тепловая мощность твердотопливного котла [кВт] — количество тепла, вырабатываемое котлом за один час, при сжигании основного вида топлива, для котлов на твёрдом топливе — сортовой уголь марки "антрацит. При расчёте необходимой мощности котла применять поправочные коэффициенты, относительно сортового антрацита.

Полное время горения складывается из длительности физических и химических процессов. Разброс свойства древесины, угля от влажности, состава не позволяет получать стабильные параметры горения. Время горения разовой загрузки топлива [час] — для твердотопливных котлов в режиме работы на номинальной мощности, составляет не более 4 часов при сжигании угля или кокса и не более 2 часов при сжигании дров. Если загрузка котла с периодичностью в 4-6 часов не подходит, то надо ставить пилетный котёл с автоматической загрузкой или использовать схему подключения с тепловым аккумулятором. Применение системы ступенчатой подачи воздуха обеспечивает одновременное снижение уровня выбросов от неполного сгорания летучих компонентов и сгорания газовой фазы. Это повышает эффективность смешения топливного газа с вторичным воздухом горения, что уменьшает количество требуемого воздуха, снижая локальный и общий коэффициенты избытка воздуха и повышая температуру горения. В домашних печах для сохранения тепла, желательно организовать забор воздуха с улицы с системой подогрева. При запуске до полного прогрева печи, камина, дымоходов возникают проблемы конденсации, для чего предусматриваются полки для улавливания пиролизной жидкости.

Температура уходящих газов [°C] в твердотопливном котле зависит от режима работы и вида топлива, при нормальной тяге температура выхода дымовых газов из трубы от 140°C до 160°C на номинальных нагрузках. Разрежение в дымоходе в месте подключения котла [Па] — тяга в дымовой трубе и соответственно подсос воздуха в топку необходимого для горения, возможны лишь при давлении в месте подключения дымовой трубы к котлу ниже атмосферного давления у горловины дымовой трубы. При нарушениях, нестабильной тяге в зонах котлов с недостатком воздуха и с его избытком, происходит образование локальных взрывоопасных микрозон, возникают микрохлопки, сопровождающимися выбросами пламени и дыма из печи, что задымляет помещение и создаёт пожароопасную ситуацию.

Выбросы. Примерно 97% всей массы взвешенных твердых частиц, выбрасываемой при сжигании твердого топлива в топках котлов, в печах и каминах небольшой мощности состоит из твердых частиц (ТЧ) размером до 10 мкр (по европейской терминологии РС 10) и до 2,5 мкр (РС 2,5), которые наиболее всего угрожают здоровью человека. Подобные частицы при вдыхании попадают в легкие и далее с кровью разносятся по всему организму. В результате провоцируются серьезные легочные и сердечно-сосудистые заболевания, особенно у детей, пожилых людей и у астматиков. Показатели выбросов твердых частиц зависят от качества топлива и способа его сжигания. Полностью исключить образование взвешенных твердых частиц при сжигании твердого топлива невозможно, и если на больших котельных, за счет совершенствования установок пылеулавливания, циклонов, и т. п., концентрацию твердых частиц удастся значительно снизить, то для небольших котлов есть только три решения: использование качественного низкосольного сухого топлива, новых технологий сжигания или установка специальных фильтров.

Сжигая сухие дрова, владелец домохозяйства получает максимальное КПД котла (экономит деньги) и снижает в 2 раза выбросы, в атмосферу сберегая здоровья своей семьи.

Заключение.

На территории России отопление жилья это необходимый, жизнеобеспечивающий процесс, связанный с климатическими условиями. Так как сжигание органического топлива в котлах и печах при отоплении домов выделяет опасные вещества Государством в соответствии, с Конституцией 2020 обязано приниматься необходимые практические меры по созданию высокоэффективных и экологически безопасных котлов на твердом топливе, что позволит сбросить здоровье людей, сохранить природу и рационально использовать топливные ресурсы.

Если поручить оформить решение, как и что, делать, это чиновникам то они «наломают дров» как с реформой обращения с отходами. Для них главное под благовидным предлогом направить бюджетные потоки и поборы с населения в карманы конкретных физических лиц. Создаются мощности на Государственные средства во владение частным лица. Это видно на примере ЖКХ, Платона, платных дорог, МСЗ, газификации территорий и т.п. и т.д.

Снизить выбросы в 2-5 раз и уйти от «Черных небес» можно за 2 – 3 года реальной работы.

1. Основное направление в снижение выбросов в отоплении домовладений это тепловые насосы с отбором низкотемпературного тепла. Для этого должно быть доступные цены на оборудование и электроэнергию.

2. Газификация поселений.

3. Реально помогать населению с переходом отопления на пилеты, без плазменные угольные брикеты из торфа (по технологии Равичева М.Б с катализатором 5-6% золы) и каменного угля (Степанов С.Г., Михалев И.О., Евтушенко Е.М., Логинов Д.А., Деменчук С.В.) прошедших карбонизацию. Для этого организовать серийное производство такого топлива и печей во всех регионах. Теплота сгорания таких брикетов составляет 8100 ккал/кг.

Посмотрим, почему так обеспокоились чиновники ЕС из-за выбросов от домашнего отопления. Ограничения на продажу угля и влажной древесины для сжигания в домашних условиях в Англии вступили в силу в соответствии с новыми правилами, направленными на сокращение загрязнения воздуха частицами PM 2,5, NOx, ПАУ.

«В Великобритании первая неделя без угля за столетие. Дровяные печи, камины и открытый огонь в барбекю и костров не запрещены, но правительство говорит, что людям придется покупать сухую древесину или промышленное твердое топливо, которое производит меньше вредных выбросов с частицами PM 2,5, PM5 в составе дыма. Это первые ограничения на то, что люди могут сжигать в своих домах, после актов чистого воздуха 1950 годов.

Мэр Лондона Садик Хан заявил BBC, что угроза загрязнения воздуха, которая в основном невидима невооруженным глазом, является «чрезвычайной ситуацией в области общественного здравоохранения». Он добавил: «Меня беспокоит то, что мы не можем видеть твердые частицы, диоксид азота, ПАУ, эти яды, поэтому вы не воспринимаете это всерьез».

В Германии в частном секторе эксплуатируется более 15 млн. твердотопливных котлов, печей и каминов, к которым с 1 января 2015 года, с вступлением в силу 2-й части Федерального закона ФРГ о защите окружающей среды от воздействия экологически вредных выбросов BImSchV (сокр. от Bundesimmissionsschutzverordnung) об охране окружающей среды от вредных воздействий, применяются новые, ужесточенные требования к ограничению выбросов CO и взвешенных мелких твердых частиц. Для справки: в Германии за ряд прошедших лет, до вступления в силу 1-й части BImSchV, только эмиссия микроскопических твердых частиц размером до 2,5 мкр, образующихся при эксплуатации малых и средних твердотопливных

котлов, печей и каминов выросла с 22 до 28 кт, что составило в общем годовом балансе идентичных выбросов 27% - больше, чем выбросы всего автомобильного транспорта в ФРГ (24%). Котельное оборудование, которое не соответствует требованиям 2-й части BImSchV должны до оснащаться специальными фильтрами или другим оборудованием, сокращающим выбросы, или выводиться из эксплуатации и утилизироваться, а с 1 января 2019 года у все котлы, установленные в период с 1995-го по 2004 год. Для всех подобных отопительных устройств предусмотрен переходный период для их модернизации или замены новыми, который продлится до 2025 года. Предельно допустимые нормы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу разработаны, исходя из современного уровня технологий сжигания твердого топлива и очистки, и устанавливаются, ограничения по составу и максимальному количеству загрязняющих веществ, которые могут выделяться при сжигании твердого топлива. Эти нормативы обязательны для разработчиков проектной документации и изготовителей оборудования. Таким образом, почти все твердотопливные котлы, печи и камины, эксплуатируемые в Германии, до 2025 года будут в несколько этапов модернизированы или заменены (во многих случаях, по мнению экспертов, пеллетными).

Схожие требования к котлам, печам и каминам предъявляются уже и в других европейских государствах: в Австрии, Швейцарии, Дании, Норвегии. Не вызывает сомнений, что в дальнейшем в этот процесс, включатся и все остальные страны ЕС.

Простая Истина о РМ 2,5. Наконец дошло до понимания чиновниками Англии, Германии, стран ЕС, США, Японии, что они сами и их семьи в опасности.

Технический директор RHR

Жарков И.В.

ivzharkov@gmail.com +7 985 939 0873, +7 985 947 7108.

Использованы данные по отоплению домостроений и все нормативные и исследовательские документы стран ЕС, Японии, США, Канады.

Использованы мнения из научных работ и статей:

Академика Н.Н. Семенова, академика Я.Б.Зельдовича, А. Е. Коненко, Ю. В. Пластинина, А. В. Трушников, А.Ф. Малышевский, М. Харламовой, Кротова Ю.А., Юфит С.С., С.М. Гордышевский, члена-корреспондента РАЕН, доктора технических наук профессора И.М. Мазурина, академик РАН Леонтьев Л.И., академик РАЕН Бикбау М.Я.