

ХАРАКТЕРИСТИКА И РАСЧЕТ ШАХТНОГО ДЫМОГЕНЕРАТОРА

Канд. техн. наук Г. И. БОНДАРЕВ

(Научно-исследовательский институт механизации рыбной промышленности)

До настоящего времени копчение рыбы на многих предприятиях производится над кострами, расположенными на полу камеры или на специальных подвижных жаровнях. При этом интенсивность горения топлива и дымообразования регулируется насыпанием опилок на горящие дрова.

Горение приглушенного опилками костра можно рассматривать, как результат двух идущих одновременно процессов — полного сгорания древесины и сухой ее перегонки. Первый происходит в местах соприкосновения топлива с воздухом, второй — в местах, где топливо хорошо прогревается, но не имеется достаточного для горения притока кислорода. Такие участки в костре не имеют определенного местоположения и размера, а потому достигнуть однородного течения процесса и получить дым с постоянной температурой, густотой и составом не представляется возможным.

О различии в составе дыма, получаемого при избытке и недостатке воздуха, можно судить по приведенным в табл. 1 данным о выходе различных продуктов при сжигании (при избытке воздуха) и сухой перегонке смеси дубовых опилок и стружек в соотношении 1:4 (влажность топлива равнялась 13—13,5%)¹.

Из данных, приведенных в табл. 1, видно, что такие существенно важные для копчения вещества, как кислоты и фенолы, при недостатке воздуха образуются в значительно большем количестве, чем при избытке воздуха.

Многочисленными исследованиями показано, что главным в копчении является правильность дымообразования. Основные требования к нему заключаются в том, что дым должен иметь постоянную плотность

и температуру и процесс получения его должен быть непрерывным и легко регулируемым. Для обеспечения устойчивого дымообразования необходимо прежде всего соблюдение постоянной высоты и однообразной структуры топливной массы при определенном режиме сжигания.

Таблица 1

Наименование продуктов	В % от веса древесины	
	сжигание при избытке воздуха	сжигание при недо- статке воз- духа
Формальдегид	0,06	0,23
Прочие альдегиды	0,19	0,38
Кетоны	0,31	0,27
Кислоты	2,23	3,42
Метилловый спирт	1,04	0,78
Фенолы	0,12	0,40
Смоля	5,28	3,51

¹ Данные заимствованы из статьи «Исследование состава древесного дыма», помещенной в журнале «Рыбное хозяйство», 1941, № 6.

Вследствие этого все чаще ставится вопрос об оборудовании коптильных камер специальными выносными дымогенераторами.

Обнадеживающие результаты были получены при испытании модели шахтного дымогенератора, изображенного на рис. 1. Дымогенератор представляет собой установленную на колосниковую решетку чугунную трубу 4, снабженную сверху загрузочным бункером 1 и патрубком 2

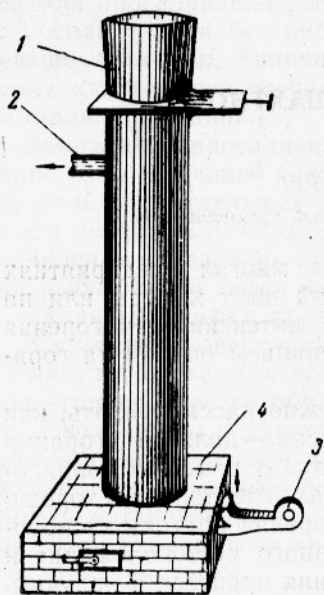


Рис. 1. Шахтный дымогенератор.

для отвода дымовых газов. Вдоль трубы имеется ряд отверстий диаметром 10—12 мм для шуровки топлива. Для подачи воздуха служит вентилятор 3; избыток подаваемого вентилятором воздуха отводится через трубу. Воздух, нагнетаемый в дымогенератор в заданном количестве, поступает через поддувало под колосниковую решетку и, проходя сквозь раскаленную решетку и лежащий на ней слой горячей золы, нагревается. Нагретый воздух проходит через слой горящего топлива, причем отдает кислород и увлекает образующиеся продукты горения в виде летучих и смолистых веществ. Дымовые газы, выходящие из дымогенератора, имеют температуру 60—70°.

Продвигаясь по мере сгорания к низу дымогенератора, топливо сначала теряет гигроскопическую влагу, затем выделяет летучие с парами вещества и, наконец, смолу. Образование дыма происходит непрерывно, причем дымовые газы могут быть получены с различным содержанием смол. Количество смол в дыме зависит от

места его забора по высоте дымогенератора и связано со степенью прогрева топлива и интенсивностью его горения, то есть температурного режима получения дыма. При испытаниях дымогенератора количество смолы в 1 м³ дымовых газов в месте выхода из генератора достигало 70 г, в то время как в дыме, получаемом в обычных камерных печах для горячего копчения рыбы, оно составляет всего 3—4 г.

Весьма ценным является постоянство состава получаемого при помощи дымогенератора газа и возможность разбавления его до требуемых концентраций путем смешивания с чистым воздухом или воздухом в смеси с продуктами горения.

В табл. 2 приведены результаты химического анализа дымовых газов, полученных при помощи дымогенератора и в обычной камерной коптильной печи.

Таблица 2

Название компонентов	Состав дымовых газов в %	
	из дымогенератора	из камерной коптильной печи горячего копчения
Углекислота	11,5—13,0	1,4
Оксид углерода	16,0—22,5	1,3
Углеводороды	0,4	Не найдены
Водород	3,5—4,0	.
Кислород	0,8—1,0	18,6

При испытании дымогенератора было обращено внимание на распределение температуры внутри его. В нормально заполненном топливом дымогенераторе при слабой подаче воздуха и высоте зоны горения в 12—15 см температура газа на расстоянии 30 см от колосниковой решетки не превышала 250°; на расстоянии 50 см от колосниковой решетки температура газа равнялась 150°; на расстоянии 70 см — 100°, а в зоне подсушки топлива находилась в пределах 75—40°. При снижении толщины слоя топлива температура резко повышалась, причем наблюдалось ухудшение состава дымового газа и частичная потеря смолы. Это указывает на необходимость поддерживать высоту слоя топлива в дымогенераторе на определенном постоянном уровне.

При подаче в дымогенератор больших количеств воздуха наблюдалось аналогичное вышеуказанному явление, причем дымовые газы получались настолько густыми и насыщенными, что даже в большом разведении оказались непригодными для копчения рыбы, так как сообщали ей неприятный запах и вкус. Усиленный приток воздуха, расширяя пределы зоны горения, газификации и сухой перегонки топлива, сокращает тем самым относительную высоту уровня топлива, что, в свою очередь, вызывает нарушение процесса в зоне сухой перегонки. Топливо преждевременно попадает в зону газификации; смола и некоторые газообразные продукты не успевают выделиться полностью в зоне сухой перегонки и подвергаются пирогенетическому разложению.

В смоле, в конденсирующихся с парами воды летучих веществах и в копченой рыбе обычно встречается один и тот же комплекс химических веществ, носящих обобщенное название — бромлирующих веществ. Так как этот комплекс может быть количественно определен как в продуктах горения топлива, так и в готовой копченой рыбе, то он может служить и для установления степени использования топлива или дыма при копчении, то есть для определения расхода дыма на придание продукту окраски, аромата и вкуса копчености.

Количество бромлирующих веществ в дыме и в рыбе может быть весьма различным. Так, в 1 м³ дыма, полученного в шахтном дымогенераторе, содержится в среднем 5500 мг бромлирующих веществ, а в 1 м³ дыма, получаемого в производственной камерной копильной печи, — только около 500 мг вследствие значительного разбавления дыма воздухом. Содержание бромлирующих веществ в хорошо приготовленной рыбе горячего копчения колеблется в пределах 60—90 мг на 1 кг, составляя в среднем 75 мг (за вычетом бромлирующих веществ рыбы-сырца). В недокопченой рыбе содержится 25—30 мг бромлирующих веществ, а в перекопченой — 120 мг и более; в так называемой «запаренной» рыбе количество бромлирующих веществ бывает даже свыше 150—200 мг на 1 кг.

Практикой установлено, что для копчения 100 кг салаки (сырца) требуется 0,11 м³ или 44 кг ольховых дров, причем ²/₃ этого топлива расходуется на подсушку и проварку рыбы, а ¹/₃, то есть примерно 15 кг, — на копчение. Эти 15 кг топлива при сгорании выделяют около 90 м³ дыма, который смешивается примерно с десятикратным (как об этом можно судить по наличию бромлирующих веществ) количеством воздуха. Таким образом, общее количество дымовой смеси, получаемой за все время копчения, составит до 1000 м³. Как было сказано выше, в 1 м³ такой смеси содержится 500 мг бромлирующих веществ, а в 1000 м³ их должно содержаться, следовательно, 500 г.

Из 100 кг салаки-сырца получается около 65 кг копченой рыбы с общим содержанием бромлирующих веществ, приобретенных в процессе копчения, около 5 г (считая по 75 мг на 1 кг копченой рыбы). Отсюда следует, что на копчение рыбы в камерных печах используется не более 1% дыма.

Использование дымовых газов, вырабатываемых шахтным дымогенератором, является, вероятно, таким же, как основная масса дыма расходуется на заполнение свободного пространства коптильной камеры, оседает на стенки камеры и дымопроводов и, наконец, уносится в вытяжную трубу.

Емкость коптильных камер и густота навески рыбы имеют определенное значение для расчета потребного количества дыма, что видно из следующего примера. Для нормальной работы камерной печи для горячего копчения салаки принято предусматривать 1 м^3 рабочего пространства на 20 кг рыбы. Так, распространенные коптильные печи Ручьевского пункта треста «Ленрыба» в верхней рабочей части имеют размеры $3 \times 1,35 \times 1,4 \text{ м}$, откуда объем ее равняется $5,7 \text{ м}^3$. В этом объеме размещаются 30 рамок, несущих по 18 прутков, на каждом из которых помещается 10—11 рыбок, что при среднем весе рыбок в 20 г составляет 113,5 кг. Таким образом, на каждые 20 кг рыбы требуется примерно 180 м^3 разбавленного дыма, соответственно чему при 45-минутном копчении должна происходить полная смена дыма в камере до 4 раз в минуту.

При расчете емкости шахтного дымогенератора особое значение имеет размер кусков топлива. Чем они меньше, тем короче будет время пребывания топлива в дымогенераторе. Если пользоваться мелкоколотой чуркой размером $3 \times 3 \times 3 \text{ см}$, то время пребывания топлива в дымогенераторе составляет не более 3 часов, а для чурки размером $5 \times 5 \times 5 \text{ см}$ — до 4 часов. Исходя из нормы расхода топлива при копчении салаки в камерных печах в 15 кг, или $0,04 \text{ м}^3$ на 100 кг рыбы-сырца, и длительности копчения в 45 минут, легко подсчитать суточную потребность топлива в зависимости от проектной мощности коптильной камеры. Тогда частное от деления количества топлива в кубических метрах на число оборотов дымогенератора будет равно его емкости. Допустим, что суточная пропускная способность камеры равна 3 т рыбы-сырца, тогда при 32 оборотах печи (по 45 минут) расход топлива составит $0,04 \times 32 = 1,28 \text{ м}^3$ в сутки. При пользовании чуркой размером $5 \times 5 \times 5 \text{ см}$ число оборотов дымогенератора будет равно 6. Отсюда, разделив 1,28 на 6, находим емкость дымогенератора, равную приблизительно $0,20 \text{ м}^3$. Практика показала, что высота дымогенератора должна равняться 4—5 диаметром его, откуда следует, что для приведенного примера требуется дымогенератор высотой 185 см и диаметром 37 см.

Дымогенератор должен иметь приспособления для непрерывной механической загрузки топлива, осаждения и уплотнения топлива, удаления золы без выключения дымогенератора из работы, а также регулировки подачи воздуха.

Для точной регулировки подачи воздуха в дымогенератор и подачи дыма в коптильную камеру может применяться очень простое распределительное приспособление, изображенное на рис. 2. Перемещение пластинки 1 посредством планки 2 вниз или вверх увеличивает соответственно просвет верхней или нижней части заборного патрубка. В зависимости от перекрытия сечения патрубка воздух, подаваемый вентилятором, пропорционально распределяется между выхлопными отверстиями 3 и 4.

Большим недостатком шахтного дымогенератора является взрывчатость образуемых в нем дымовых газов в смеси с воздухом.

Образовавшиеся горючие газы, не будучи смешанными с воздухом, в дымогенераторе не горят, но при смешивании с определенным количеством воздуха, при достаточной концентрации кислорода, образуют взрывчатую смесь, которая при наличии искры быстро сгорает со взрывом.

Для окиси углерода существует два предела, при которых смесь газа

с кислородом воздуха не дает взрыва. Нижний предел соответствует смеси с наличием менее 12,5% окиси углерода и верхний — наличию в смеси более 75% окиси углерода. Так как в дымогенераторе присутствует большое количество азота воздуха и углекислоты, то о верхнем пределе взрывчатости окиси углерода в смеси с воздухом говорить не приходится. Следовательно, остается поддерживать такой режим работы всей установки, включая дымогенератор, коптильную камеру и дымопроводы, при котором концентрация окиси углерода в смеси была бы ниже нижнего предела взрывчатости.

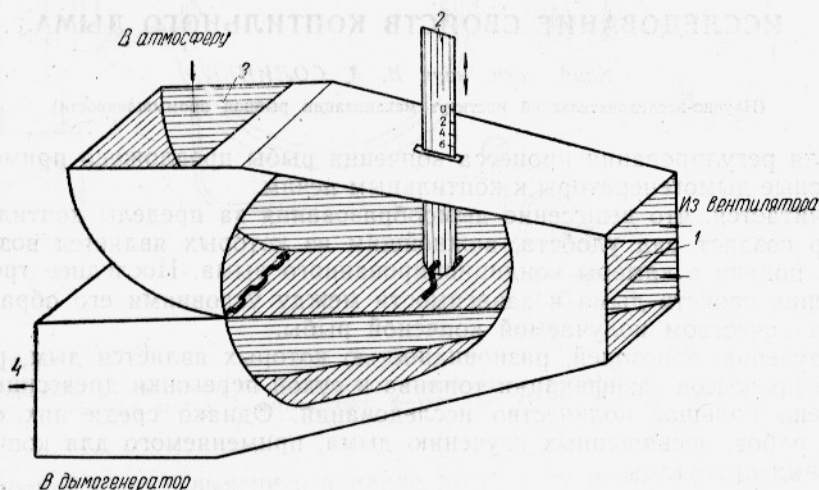
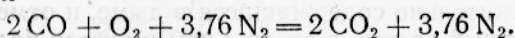


Рис. 2. Приспособление для регулирования подачи воздуха и дыма.

Известно, что при сгорании чистой окиси углерода образуется углекислота, причем кислород воздуха расходуется на горение, а азот остается без изменения



Данная смесь состоит из 2 объемов окиси углерода, 1 объема кислорода и 3,76 объема азота, а всего из 6,76 равных объемов разных веществ. Концентрация окиси углерода в смеси при этом будет равна

$$\frac{2 \cdot 100}{6,76} = 29,5\%.$$

В дымовом газе имеется значительно меньше окиси углерода — максимум 22,5%.

Чтобы получить концентрацию окиси углерода в смеси «окись углерода — воздух» ниже 12,5%, дымовые газы следует разбавить воздухом или отработанными топочными газами. Последнее применено в коптильной печи системы Цукурса—Кронберга на предприятиях Латвии. Указанная печь снабжена дымогенератором описанного нами типа, причем для обогрева дымогенератора, дымовых газов и воздуха коптильной камеры используется горящий газогенераторный газ. В результате смешивания дымовых газов и продуктов горения газа образуется смесь, не горящая в присутствии воздуха, а следовательно, не взрывоопасная.

В результате проведенных к настоящему времени исследований получено достаточно данных, необходимых для обоснования постройки дымогенератора, обеспечивающего требования коптильного производства в отношении непрерывности подачи дыма, постоянства состава дыма и необходимого содержания в нем смол, а также известного постоянства температуры дымовых газов и возможности регулирования их количества.