

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ
ФРИКЦИОННОГО ГЕНЕРАТОРА ДЫМА

IMPROVEMENT OF OPERATING DEVICES OF FRICTIONAL SMOKE GENERATOR

Ключевые слова: генератор коптильного дыма фрикционный, площадка с виброприводом, автоматизация процесса образования дыма.

В работе проведен анализ способов и устройств для образования коптильного дыма по литературным источникам и патентным материалам. Качество копченой продукции зависит от свойств дыма, свойства дыма – от температуры тления древесины, ее вида и влажности. Наиболее распространенный способ естественного тления при своей простоте сложен в управлении и не соответствует требованиям по качеству. Способ тления от дополнительного источника энергии (тепловая, механическая, электрофизическая) позволяет получить дым более высокого качества, но устройства, их реализующие, более сложные, материалоемкие и энергозатратные. Кроме того, имеются вопросы к их надежности и системам автоматического управления. Наиболее интенсивно по вопросам повышения эффективности работы дымогенераторов ведут работы в Мурманском техническом, Саратовском и Алтайском аграрных университетах. Разрабатываются установки для многокомпонентных источников дыма, обеспечивающие заданное качество дыма. Использование электрофизического способа позволяет снизить энергозатраты и материалоемкость установок. В Алтайском ГАУ разработан дымогенератор трения с охлаждением рабочего органа и автоматическим регулированием процесса тления. В стадии проработки находится вибрационный дымогенератор, позволяющий не только снизить материалоемкость конструкции, но и энергозатраты, при этом повышается надежность и качество регулирования процесса.

Keywords: frictional smoke fume generator, vibration driven platform, automation of smoke generation.

Based on literature sources and patent documents, the techniques and devices for smoke fume generation are analyzed. The quality of smoked products depends on smoke fume properties. The smoke fume properties depend on the wood smoldering temperature, wood type and moisture content. The most common natural smoldering technique is simple but difficult to control, and does not meet the quality requirements. The smoldering technique which uses a supplementary source of energy (heat, mechanical and electrophysical energy) enables obtaining the smoke fume of higher quality, but the operating devices are more complex, material-intensive and energy-consuming. In addition, there are concerns of their reliability and automatic control. There are the developments on improving the efficiency of smoke generators at the Murmansk State Technical University, and Saratov and Altai State Agricultural Universities. The devices for multiple sources of smoke which ensure the desired smoke fume quality are developed. The use of electrophysical technique reduces the energy and material consumption of the devices. The engineers of the Altai State Agricultural University have developed a frictional smoke fume generator with operational device cooling and smoldering automatic control. A vibrating smoke fume generator is at the development stage; it enables reducing both material and energy consumption with improved reliability and quality control.

Капустин Николай Игнатьевич, к.т.н., доцент, каф. механизации переработки с.-х. продукции, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: mpsp-asau@mail.ru.

Капустин Виктор Николаевич, к.т.н., прораб, ООО «Аура», г. Барнаул. E-mail: mpsp-asau@mail.ru.

Kapustin Nikolai Ignatyevich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Agricultural Products Processing Mechanization, Altai State Agricultural University. E-mail: mpsp-asau@mail.ru.

Kapustin Viktor Nikolayevich, Cand. Tech. Sci., Foreman, ООО "Aura", Barnaul. E-mail: mpsp-asau@mail.ru.

В производстве копченостей, вне зависимости от способа копчения, особая роль отводится качеству дыма. Качество дыма зависит не только от вида исходного сырья, но и от температуры тления древесины. Температурой тления для получения технологического дыма с ограничением доступа кислорода (условия пиролиза) считают 300–400°C. При более высокой температуре происходит горение с образованием угарного газа и воды [1]. Для предотвращения горения рекомендуемая влажность для дров не более 25%, а

для опилок – около 45%. При повышенной влажности в коптильной среде образуется много пара, а также низкомолекулярных кислот (муравьиной, пропионовой), что нежелательно [2]. Обеспечить образование дыма в столь узком диапазоне температуры и влажности достаточно сложно, что, видимо, и привело к созданию большого разнообразия способов и средств генерации дыма. **Цель работы** – повышение эффективности работы дымогенератора. Объект исследования – процесс образования дыма. Предмет

исследования – процесс образования дыма фрикционным дымогенератором. Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**: анализ способов и средств генерации дыма; разработка конструкции фрикционного дымогенератора.

Анализ способов и средств генерации дыма

Наиболее широко распространенным способом генерации дыма является **естественное тление** – экзотермический процесс тления. Управление процессом осуществляется путем изменения направления движения и расхода воздуха, подаваемого в зону тления, а также влажности и температуры исходного сырья. Традиционный способ движения потока воздуха снизу вверх ведет к нагреву верхних слоев сырья и испарению влаги, что способствует воспламенению опилок. В современных дымогенераторах чаще используют движение потока сверху вниз, и режим работы становится более устойчивым. Средства автоматического регулирования расхода воздуха не используются, видимо, по причине отсутствия их разработок приемлемых для практического применения.

Тление с подводом тепла от дополнительного энергоисточника – эндотермический процесс тления. В качестве источника энергии может быть использован любой из видов топлива, перегретый пар и электрическая энергия. Управление процессами при использовании теплоты передаваемой контактным путем аналогично вышерассмотренному. При использовании пара процесс полностью управляем, но сам парогенератор зачастую дороже и сложнее дымогенератора с использованием топлива, и на малом производстве неэффективен. Электрическая энергия при малом производстве не нашла широкого применения, так как коптильная установка становится зависимой от стабильности поставки электроэнергии. Однако при стабильной поставке электроэнергии дымогенераторы этого типа более эффективны ввиду расширения функциональных возможностей, высокого качества управления процессом и малых трудозатратах. Они подразделяются на тепловые, механические (фрикционные) и электрофизические (лучевые) [3, 4]. Одни из них достаточно широко используются, такие как тепловые и фрикционные, а другие находятся в стадии разработки и исследования [5]. Наиболее интенсивно ведутся разработки генераторов, реализующих электрофизический способ [6]. Такого типа установки проще автоматизировать, но, зачастую, вопросы возникают не к энергоисточнику, а к сырью, образуемому дым, и оборудованию, реализующему тот или иной способ. Идентичная ситуация и с разработкой фрикционных дымогенераторов. Механическая часть изначально должна разрабатываться с возможностью

автоматического управления процессом в целом, причем особое внимание должно быть уделено надежности работы и качеству дыма.

Разработка конструкций фрикционных дымогенераторов

Из проведенного анализа способов следует, что перспективным направлением в разработке фрикционных дымогенераторов является автоматизация режима работы при высокой надежности оборудования, что в конечном итоге способно обеспечить производство дыма высокого качества. В фрикционных генераторах дыма используют роторные рабочие органы – барабанный или дисковый, причем для получения дыма с заданными свойствами в установку вводят одновременно несколько брусков из древесины разных пород, но им присущ общий недостаток – кратковременный режим работы в виду перегрева подшипников вала [7, 8]. Кратковременный режим работы (рабочее время – 20 с и пауза – 1-2 мин.) предопределяет частое включение электродвигателя, а пусковой ток под нагрузкой в 5-7 раз больше, чем в нормальном рабочем режиме, что ведет не только к снижению срока службы электродвигателя, но и пускозащитной аппаратуры. Применение чашеобразной емкости в дисковом генераторе для охлаждения подшипникового узла существенного эффекта не дает ввиду быстрого нагрева и вскипания воды, причем конструкция становится громоздкой и сложной в обслуживании. В барабанном генераторе вал расположен горизонтально, и вопрос охлаждения до сего времени не был решен. Разработаны варианты установок с трением древесины одна о другую, в этой конструкции ликвидирован перегрев подшипников, но установка громоздка, имеет сложный привод и требуется калибровка истираемого материала. Нами разработан генератор дыма с охлаждением вала барабана (рис. 1) [9]. Это позволяет практически решить вопрос надежности для барабанного фрикционного дымогенератора. Но как в дисковом, так и в барабанном генераторах размер истираемого материала ограничен размером истирающей поверхности, т.е. диаметром диска или барабана, а изменение их размеров требует изменения мощности приводов и новой компоновки передач.

С древних времен известно трение не на «роторном», а на «линейном» принципе, при этом возможно использование электромагнитного вибратора более простого, надежного и менее дорогого и энергоемкого, чем электродвигатель. На рисунке 2 представлена функциональная схема устройства для генерации дыма с линейным типом рабочего органа.

Устройство для генерации дыма работает следующим образом. После установки в корпус 1 материала 5 (например, бруска из

древесины лиственных пород) винтами 10 вводят ролики 13 в соприкосновение с материалом, при этом пружины 12 сжимаются и трубки 11 смещаются к стенкам корпуса 1 (принцип работы телескопического элемента). Ролики 13 с ребордами предотвращают как продольное, так и поперечное перемещение нижней части материала в зоне взаимодействия с пластиной 6, подвешенной на упругих тягах 7. Прижимное приспособление 4 своим пазом фиксирует верхнюю часть источника тления 5, создавая своим весом определенное усилие прижатия его к пластине 6. При включении блока управления 19 он через исполнительный механизм 20 включает вибратор 9, который через штангу 8 колеблет в горизонтальной плоскости пластину 6 на тягах 7, доводя частоту до максимально заданной величины. В результате трения источника дыма 5 о подвижную пластину 6 температура его в месте контакта повышается до температуры тления (более 300°C) и происходит генерация дыма. При определенной влажности древесины тепловая энергия расходуется как на тление, так и на испарение влаги, имеющейся в древесине, причем диапазон температур тления составляет от 300 до 400°C. При истирании древесины она за счет собственного веса и веса прижимного приспособления 4 опускается, чему, вращаясь, не препятствуют ролики 13. Термочувствительный тормозной элемент 14 настраивают с зазором на минимальную температуру в диапазоне тления, а при превышении ее тормозной элемент контактирует с роликом 13, препятствуя его вращению, и ввиду наличия рифлей на ролике 13 уменьшает силу прижатия древесины к пластине 6.

При повышении температуры дыма, до величины, достаточной для воспламенения древесины 5, в зоне контакта с пластиной 6 возникает пламя с высокой температурой. Датчик температуры 21 подает сигнал на вход блока управления 19, который в зависимости от величины поступившего сигнала вырабатывает сигналы управляющего воздействия и подает их на исполнительные механизмы 18 и 20 крана 17 подачи воды и вибратора 9. В зависимости от величины и знака сигнала, поступившего на исполнительный механизм 18, последний изменяет частоту колебаний (при повышении температуры дыма частота уменьшается). Исполнительный механизм 20 открывает на малое время кран 17, и вода по трубе 15 поступает под давлением к форсункам 16, распыляется последними как на древесину, так и на пластину 6. Через заданный промежуток времени (в случае повышения температуры или она находится на том же уровне) открытие крана проводится повторно и на более длительное время. В зависимости от программы, введенной в блок управления 19, возможна и полная остановка вибратора 9. При понижении

температуры ниже температуры тления работа происходит в обратном порядке.

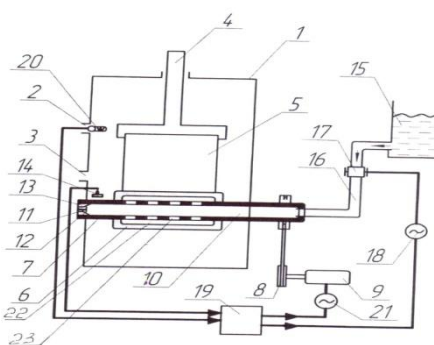


Рис. 1. Функциональная схема устройства для генерации дыма с рабочим органом в виде барабана с охлаждаемым валом: 1 – корпус; 2 – патрубок подачи дыма; 3 – патрубок подачи воздуха; 4 – прижимное приспособление; 5 – материал тления (брусок); 6 – барабан; 7 – вал; 8 – передача ременная; 9 – электродвигатель; 10 – полость вала; 11 – термочувствительный элемент (термостат); 12 – заслонка; 13 – кольцо; 14 – датчик положения; 15 – емкость для воды; 16 – трубопровод подачи воды; 17 – кран; 18-21 – исполнительные механизмы переменного тока; 19 – блок управления; 20 – датчик температуры; 22 – полость барабана; 23 – отверстие

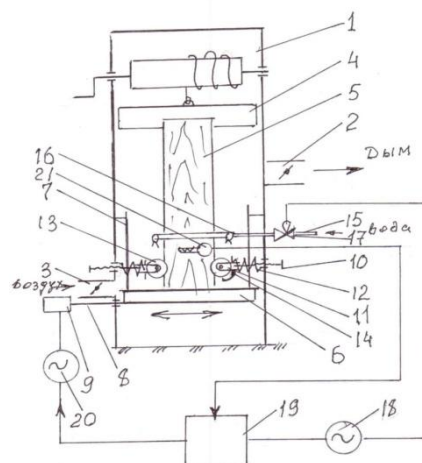


Рис. 2. Функциональная схема устройства для генерации дыма с рабочим органом в виде виброплощадки: 1 – корпус; 2 – патрубок подачи дыма; 3 – патрубок подачи воздуха; 4 – прижимное приспособление; 5 – материал тления (брусок); 6 – пластина; 7 – тяги (подвесы); 8 – штанга – толкатель; 9 – вибратор электромагнитный; 10 – винтовая пара; 11 – трубка телескопической пары; 12 – пружина; 13 – ролик; 14 – тормозной элемент с биметаллической пластиной; 15 – трубопровод подачи воды; 16 – форсунка; 17 – кран; 18-20 – исполнительные механизмы переменного тока; 19 – блок управления; 21 – датчик температуры

Выводы

1. Анализ способов и средств генерации дыма по литературным источникам и патентным материалам России и США за последние 20 лет позволил определить, что наиболее перспективными установками являются фрикционные, но они имеют низкую надежность, высокие энергозатраты и материалоемкость.

2. Разработанный в Алтайском ГАУ дымогенератор с охлаждением рабочего органа роторного типа и автоматическим регулированием процесса позволяет повысить надежность работы коптильных установок при повышении качества продукции.

3. Перспективным направлением разработок можно считать генератор дыма с линейным типом движения рабочего органа в виде виброплощадки, что повысит эффективность работы генератора за счет расширения функциональных возможностей, упрощения конструкции, повышения надежности, снижения материалоемкости и габаритов.

Библиографический список

1. Мезенова О.Я., Ким И.Н., Бредихин С.А. Производство копченых пищевых продуктов. М.: Колос, 2001. – 207 с.

2. Cardinal M. Effects of the smoking process on odour characteristics of smoked herring (*Clupea harengus*) and relationships with phenolic compound content / M. Cardinal, et al. // Food Chemistry. – Vol. 96. – № 1. – 2006. – P. 137-146.

3. Пат. RU 2468587 Российская федерация, МПК⁷ А23В 4/052. Устройство для генерации дыма / С.Ю. Эльман, Ф.Я. Рудик, Е.М. Монсева, В.С. Баструкова. Заявитель и патентообладатель Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова. – Заявка № 2011118048/10; заявл. 04.05.2011; опубл. 10.12.2012 г.

4. Пат. RU 2468588 Российская федерация, МПК⁷ А23В 4/052. Устройство для генерации дыма / С.Ю. Эльман, Ф.Я. Рудик, Е.М. Монсева, В.С. Баструкова. Заявитель и патентообладатель Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова. – Заявка № 2011116596/13; заявл. 26.04.2011; опубл. 10.12.2012 г.

5. Ивашов В.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности: в 2 ч. Ч. 2. Оборудование для переработки мяса. – СПб.: ГИОРД, 2007. – 457 с.

6. Пат. RU 2171033 Российская федерация, МПК⁷ А23В 4/052. Способ получения коптильного дыма с использованием ИК излучения и устройство для его осуществления / А.М. Ершов, Ю.В. Шокина. Заявитель патентообладатель Мурманский ГТУ. – Заявка № 2000100762/13; заявл. 10.01.2000; опубл. 27.07.2001.

7. Kerres S. Smoke generator for smoking food products. – U.S. Patent 4, 270, 464 – Issued June 2. – 1981.

8. Пат. RU 2363163 Российская федерация, МПК⁷ А23В 4/052. Устройство для генерации дыма / Н.И. Капустин, В.А. Демин, В.Н. Капустин и др. Заявитель и патентообладатель Н.И. Капустин. – Заявка № 2008109680; заявл. 11.03.2008; опубл. 10.08.2009 г.; Бюл. № 28.

9. Lever G., Yoshitika Y. Method of smoking food. – U.S. Patent 4,810,510. – Issued March 7, 1989.

References

1. Mezenova O.Ya., Kim I.N., Bredikhin S.A. Proizvodstvo kopchenykh pishchevykh produktov. – M.: – Kolos, 2001. – 207 s.

2. Cardinal M. Effects of the smoking process on odour characteristics of smoked herring (*Clupea harengus*) and relationships with phenolic compound content / M. Cardinal, et al. // Food Chemistry. – Vol. 96. – No. 1. – 2006. – P. 137-146.

3. Pat. RU 2468587 Rossiiskaya Federatsiya, MPK⁷ А23В 4/052. Ustroistvo dlya generatsii dyma / S.Yu. El'man, F.Ya. Rudik. E.M. Monseeva, V.S. Bastrukova. Zayavitel' i patentoobladatel' Saratovskii GAU im. N. I. Vavilova. – Zayavka № 2011118048/10; Zayavl. 04.05.2011; Opubl.10.12.2012 g.

4. Pat. RU 2468588 Rossiiskaya Federatsiya, MPK⁷ А23В 4/052. Ustroistvo dlya generatsii dyma / S.Yu. El'man, F.Ya. Rudik. E.M. Monseeva, V.S. Bastrukova. Zayavitel' i patentoobladatel' Saratovskii GAU im. N.I. Vavilova. – Zayavka № 2011116596/13; Zayavl. 26.04.2011; Opubl.10.12.2012 g.

5. Ivashov V.I. Tekhnologicheskoe oborudovanie predpriyatii myasnoi promyshlennosti / V dvukh chastyakh. Chast' 11. Oborudovanie dlya pererabotki myasa. – SPb.: GIORД, 2007. – 457 s.

6. Pat. RU 2171033 Rossiiskaya Federatsiya, MPK⁷ А23В 4/052. Sposob polucheniya koptil'nogo dyma s ispol'zovaniem IK izlucheniya i ustroistvo dlya ego osushchestvleniya / A.M. Ershov, Yu.V. Shokina. Zayavitel' patentoobladatel' Murmanskii GTU. – Zayavka № 2000100762/13; Zayavl. 10.01.2000; Opubl. 27.07.2001.

7. Kerres S. Smoke generator for smoking food products. – U.S. Patent 4,270,464, – Issued June 2, 1981.

8. Pat. RU 2363163 Rossiiskaya Federatsiya, MPK⁷ А23В 4/052. Ustroistvo dlya generatsii dyma / N.I. Kapustin, V.A. Demin, V.N. Kapustin i dr. Zayavitel' i patentoobladatel' N.I. Kapustin. – Zayavka № 2008109680; Zayavl. 11.03.2008; Opubl.10.08.2009 g. Byul. № 28.

9. Lever G., Yoshitika Y. Method of smoking food. – U.S. Patent 4,810,510. – Issued March 7, 1989.