

УДК 664.951.3:66.023

**ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ ДЛЯ ХОЛОДНОГО КОПЧЕНИЯ
ПРЕСНОВОДНОЙ РЫБЫ**

**Бубырь Ирина Валерьевна, к.техн.н., доцент
Полесский государственный университет**

**JUSTIFICATION OF DESIGN SOLUTIONS AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF
A COLD SMOKING INSTALLATION FOR FRESHWATER FISH**

**Bubyr Irina, PhD, bubyri@mail.ru
Polessky State University**

Аннотация. В статье представлены результаты обоснования и разработки конструкции коптильной установки для холодного копчения пресноводной рыбы, экспериментально определены оптимальные параметры процесса дымогенерации. Установка защищена свидетельством на полезную модель.

Ключевые слова: холодное копчение, коптильная установка, дымогенератор, рыба, технологические параметры, полезная модель.

Abstract. This article presents the results of the validation and design development of a smoking system for cold smoking freshwater fish, and experimentally determines the optimal smoke generation parameters. The system is protected by a utility model certificate.

Keywords: cold smoking, smoking unit, smoke generator, fish, process parameters, utility model.

Копчение является одним из наиболее древних и эффективных способов консервирования рыбы, позволяющим одновременно формировать специфические органолептические свойства готового продукта – характерный вкус, аромат и золотисто-коричневую окраску поверхности. Среди разновидностей копчения – холодное копчение (температура коптильной среды не выше 40 °С)

обеспечивает длительные сроки хранения при лучшей сохранности нативных белков, полиненасыщенных жирных кислот и жирорастворимых витаминов по сравнению с горячим способом.

В Республике Беларусь производство копчёной пресноводной рыбы (каarp, щука, лещ, судак, линь) на малых перерабатывающих предприятиях, в фермерских хозяйствах и агроусадьбах требует надёжного, экономичного и простого в обслуживании коптильного оборудования, способного обеспечить соблюдение технологических режимов. Вместе с тем большинство промышленных установок ориентированы на крупнотоннажное производство и характеризуются высокой металлоёмкостью и значительной стоимостью [1, 2].

Существующие малогабаритные коптильни, как правило, лишены возможности точного контроля и регулирования параметров коптильной среды. Наиболее критичным недостатком является отсутствие контроля температуры дымовоздушной смеси на выходе из дымогенератора: при холодном копчении её превышение свыше 40 °С влечёт денатурацию белков, нежелательное изменение консистенции и снижение пищевой ценности рыбы [3]. Важное значение имеет и густота дыма: по данным Пражского института пищевой промышленности, её оптимальная величина, выражаемая через экстинкцию, лежит в границах 0,26-0,29.

Целью настоящей работы являлась разработка конструкции и экспериментальное обоснование технологических параметров коптильной установки для холодного копчения пресноводной рыбы, обеспечивающей контролируемые режимы дымогенерации и безопасность в эксплуатации.

Патентный поиск позволил выявить четыре основных аналога разрабатываемой установки [1–4].

Устройство для копчения и сушки пищевых продуктов [1] – цилиндрическая вертикальная ёмкость с электрическим нагревателем, поддоном для опилок и крышкой с кронштейном. Недостатки: неудобное расположение поддона для жидкости, охлаждающей опилки; невозможность регулирования состава коптильного вещества; слабое проникновение дыма в продукт.

Устройство для холодного копчения [2] с дымогенератором, дымовоздуховодом и холодильной машиной. Недостатки: невозможность регулирования состава среды в режиме рециркуляции; выбросы дымовоздушной смеси в атмосферу; высокие энергозатраты.

Устройство для копчения [3] с парогенератором и дымогенератором в строгих объёмных соотношениях. Недостатки: жёсткие ограничения на соотношения объёмов; наличие «мёртвой» зоны при движении коптильной среды; сложность регулирования.

Наиболее близкой является электрокоптильная установка [4] – прототип: дымогенератор с вентилятором, резистивный нагреватель в виде свечи накала, поддон для опилок, коптильная камера с гибким воздуховодом, система электропитания с понижающим трансформатором 220/12 В и двумя реле времени. К недостаткам прототипа относятся: невозможность контроля температурного режима в ходе работы; отсутствие поддона для сбора жира; невозможность копчения мелкоштучных продуктов; наличие «мёртвой» зоны.

Сравнительный анализ аналогов позволил сформулировать технические требования к разрабатываемой установке: термометр на выходном патрубке дымогенератора; герметично закрытый ТЭН; регулируемая заслонка подачи воздуха; пламегасители; поддон для сбора жира и жидкости; возможность копчения продуктов различного размера; теплоизоляция коптильного шкафа.

На основании сформулированных технических требований разработана коптильная установка для холодного и полугорячего копчения. Конструктивная схема установки представлена на рисунке 1.

Дымогенератор (1) изготовлен из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т, размеры корпуса – 200×200×600 мм. Он оснащён съёмной верхней крышкой (10), выходным патрубком с термометром (4) для оперативного контроля температуры дымовоздушной смеси. Внутри корпуса – пламегасители (11), предотвращающие проникновение открытого пламени в коптильный шкаф.

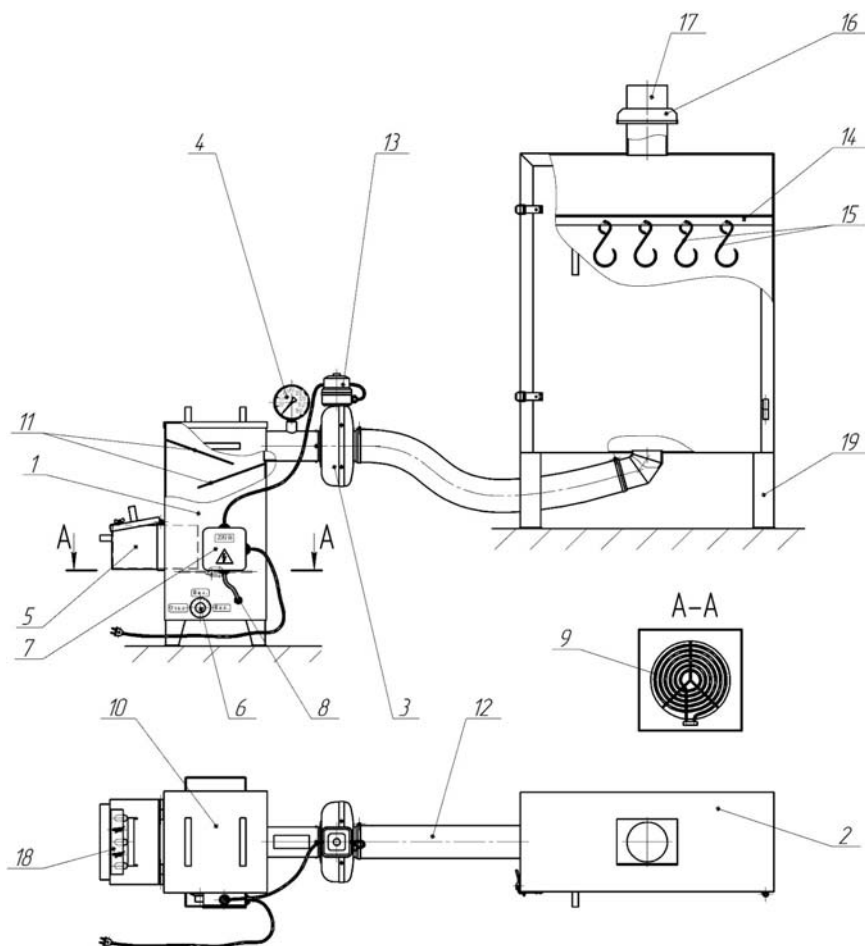


Рисунок 1. – Конструктивная схема коптильной установки:

- 1 – дымогенератор; 2 – коптильная камера; 3 – металлическая гофротруба; 4 – термометр;
 5 – загрузочное окно с ящиком для опилок; 6 – выключатель нагревательного элемента;
 7 – электрический блок распределительный; 8 – токоприёмник; 9 – нагревательный элемент (ТЭН); 10 – съёмная крышка дымогенератора; 11 – пламегасители; 12 – труба подачи дыма; 13 – блок с выключателем вентилятора; 14 – планка подвесная; 15 – крючья; 19 – опоры,
 16 – шиберная заслонка; 17 – выходная труба; 18 – регулируемая заслонка подачи воздуха;

Дым подаётся снизу, что обеспечивает равномерное заполнение рабочего пространства и исключает «мёртвые» зоны. Отработанная дымовоздушная смесь выводится через верхний трубопровод (17) с шиберной заслонкой (16), регулирующей густоту дыма в камере. Изнутри шкаф обшит фольгированным утеплителем. Для размещения продуктов предусмотрены подвесная планка (14) с крючьями (15), выступы для сетчатых корзин, поддон для сбора жидкости и жира. Загрузка и выгрузка продукта – через переднюю правостороннюю дверь. Установка работает от стандартной сети 220 В, 50 Гц и защищена свидетельством на полезную модель Республики Беларусь [5].

В качестве коптильного материала использовали опилки ольхи и яблони (размер частиц 1-3 мм, влажность не более 15 %).

Для изучения закономерностей образования коптильного дыма варьировали: толщину слоя опилок h (5; 10; 20; 30; 40 мм) и степень открытия регулируемой заслонки b (5; 15; 25; 50; 75; 100 %). Регистрировали время начала появления дыма (c), температуру дымовоздушной смеси на выходе ($^{\circ}\text{C}$) и скорость её движения (м/с). Производительность дымогенератора Q ($\text{см}^3/\text{с}$) рассчитывали по формуле:

$$Q = V \cdot S = V \cdot \pi \cdot r^2,$$

где V – скорость движения дыма, м/с; S – площадь открытия регулируемой заслонки, см²; r – радиус регулируемой заслонки, см.

Качественная древесина при достаточном количестве окислителя воспламеняется при 250-350 °С, образуя паро-газовую смесь из CO₂ и паров воды, практически лишённую копильных компонентов. При недостатке кислорода летучие органические вещества окисляются лишь частично, насыщая дым фенолами, органическими кислотами и карбонильными соединениями – веществами, придающими продукту характерный аромат и оказывающими консервирующее действие.

Результаты экспериментальных исследований динамики температуры и времени выхода дыма представлены на рисунке 2.

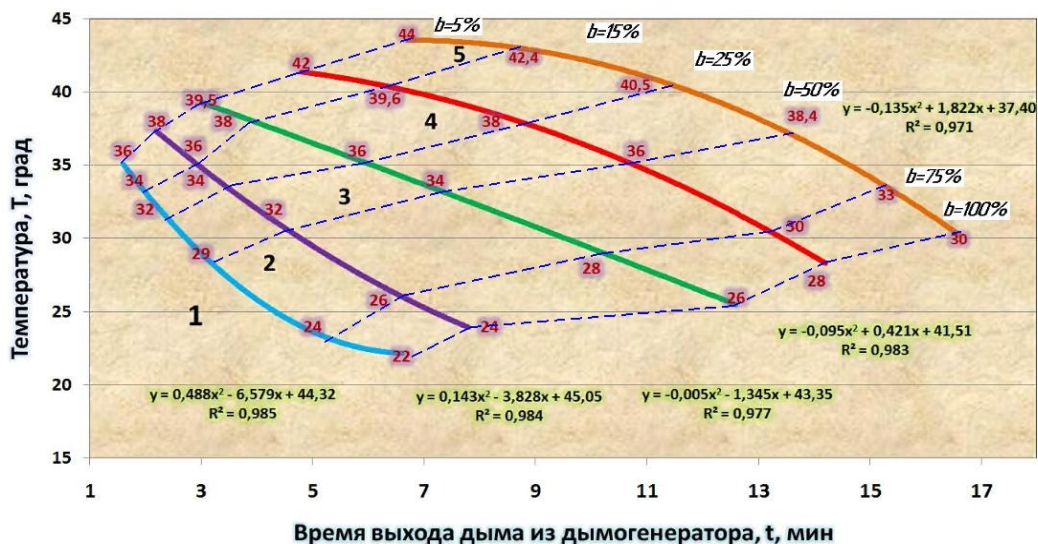


Рисунок 2. – Динамика изменения температуры и времени выхода дыма из дымогенератора:
1 – h = 5 мм; 2 – h = 10 мм; 3 – h = 20 мм; 4 – h = 30 мм; 5 – h = 40 мм;
пунктиром обозначены линии равной степени открытия заслонки b

При наращивании слоя опилок время выхода и температура дыма увеличиваются. При увеличении степени открытия регулируемой заслонки температура копильной среды снижается, тогда, как скорость её появления нарастает. При $h = 5$ мм и $b = 100\%$ температура дыма составляет 22-24 °С; при $h = 40$ мм и $b = 5\%$ – достигает 42-44 °С.

Для оценки относительного вклада каждого фактора проведён двухфакторный дисперсионный анализ. Результаты представлены в таблице.

Таблица – Доля влияния факторов на параметры работы дымогенератора

Показатель	Фактор А Слой опилок, %	Фактор В Заслонка, %	Взаимодействие А×В, %	Остаток, %
Время появления дыма	53,8**	41,7**	4,2*	0,3
Скорость дыма, м/с	7,5**	86,9**	2,5	3,1
Температура дыма, °С	24,8**	72,9**	1,8	0,5
Производительность, см ³ /с	0,47**	98,8**	0,36	0,37

Примечание – ** достоверно при $P < 0,01$; * – при $P < 0,05$.

Установлено высокодостоверное ($P < 0,01$) влияние обоих факторов на все исследуемые показатели. На время появления дыма слой опилок влияет на 53,8 %, степень открытия заслонки – на 41,7 %. На скорость движения копильной среды определяющее влияние оказывает степень открытия заслонки (86,9 %), тогда как слой опилок – лишь 7,5 %. На температуру копильного дыма в большей мере влияет степень открытия заслонки (72,9 %), и на 24,8 % – слой опилок. Произво-

длительность дымогенератора практически полностью (98,8 %) определяется степенью открытия заслонки.

Для холодного копчения рыбы температура коптильной среды в зоне шкафа не должна превышать 40 °С, что соответствует 36-38 °С на выходе из дымогенератора с учётом теплотерь при транспортировании. На основании полученных зависимостей установлены оптимальные технологические режимы.

При слое опилок 20-30 мм и 25-50 % открытии регулируемой заслонки температура коптильной среды устойчиво поддерживается в диапазоне 36-38 °С, что соответствует требованиям холодного копчения. Производительность дымогенератора при оптимальных параметрах составляет 180-320 см³/с, обеспечивая достаточную концентрацию коптильных компонентов в рабочем пространстве шкафа. Регулировка густоты дыма шиберной заслонкой позволяет поддерживать экстинкцию в рекомендуемых пределах 0,26-0,29 [5].

Разработанная установка пригодна для малых перерабатывающих предприятий, фермерских хозяйств и агроусадьб. Её применение обеспечивает стабильное качество копчёной продукции за счёт воспроизводимости и оперативного контроля технологических параметров.

Список использованных источников

1. Устройство для копчения и сушки пищевых продуктов: пат. 1729370 SU A1, МПК А23В 4/044 / Н.С. Фещенко. – Заявка №4705282; заявл. 24.04.1989.
2. Устройство для холодного копчения пищевых продуктов: пат. 2399277 RU C1 / В.А. Ермолаев, С.А. Захаров. – Заявл. 23.03.2009; опубл. 20.09.2010.
3. Устройство для копчения пищевых продуктов: пат. 2203549 RU C2 / В.С. Мигузов [и др.]. – Заявл. 13.07.2001; опубл. 10.05.2003.
4. Электрокопильная установка: пат. 154354 RU U1 / П.Н. Бяков [и др.]; патентообладатель КамчатГТУ. – Заявл. 29.12.2014; опубл. 20.08.2015.
5. Копильная установка: свидетельство на полезную модель / И.В. Бубырь, С.И. Корзан, З.В. Ловкис, В.В. Литвяк. – Республика Беларусь, 2022.