

УДК 664.951.3.002.5

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ РЫБЫ КОПЧЕНИЕМ

И. М. МАРШАК, М. В. ПОПОВ

В лаборатории механизации и автоматизации ВНИРО проводились исследования с целью разработки и уточнения данных для автоматизации контроля и регулирования основных параметров производственных процессов рыбообрабатывающей промышленности.

В настоящей работе критически обобщены материалы по методам и технике измерения основных параметров процесса копчения рыбы: температуры, влажности воздуха и дыма, концентрации дыма.

Уточнена методика использования табличных и графических данных для определения влажности по психрометрическому методу и по методу «точки росы» при высоких температурах (для горячего копчения).

В работе приводятся технические данные и условия, положенные в основу заданий, и рекомендации для разработки новых приборов контроля и регулирования тепловых процессов копчения, описаны конструкция и результаты производственного испытания разработанного ранее специального автоматического регулятора концентрации дыма в копильной камере.

КОНТРОЛЬ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

Технологические предпосылки

При копчении рыба подвергается не только воздействию дыма, но и тепла. Поэтому отдельные авторы относят технологию копчения к термо-химическим методам консервирования сырья.

Условия и характер теплового воздействия на сырье не одинаковы для применяемых в промышленности двух способов копчения рыбы: горячего и холодного.

При холодном копчении рыбы обычно в начале процесса создается и поддерживается сравнительно низкая температура, а к концу процесса, когда рыба несколько теряет влагу, температуру повышают на несколько градусов.

Диапазон температур при холодном копчении для всех видов рыб лежит в пределах 20—40°.

Создание и регулирование теплового режима в существующих установках для холодного копчения не представляет, как правило, боль-

ших сложностей. Некоторые трудности встречаются летом при повышении наружной температуры атмосферного воздуха до 25—30°.

В этом случае для обеспечения необходимого температурного режима следует вести процесс холодного копчения рыбы с кондиционированием используемого воздуха.

При изготовлении рыбной продукции горячего копчения температурный режим по ходу технологического процесса меняется более резко и в более широких пределах.

На первой стадии (подсушка) обработка рыбного сырья сводится к удалению из него некоторого количества влаги. При этом из рыбы удаляется в первую очередь капельная влага, находящаяся на коже, и частично обезвоживаются поверхностные слои мяса. Эта стадия термического процесса проводится в диапазоне температур от +30 до +80 °С в зависимости от вида обрабатываемого сырья.

На второй стадии (проварка) под воздействием более высоких температур рабочей среды (90—150—180 °С) происходит проваривание мяса рыбы до кулинарной его готовности, что делает рыбу пригодной для употребления в пищу.

По санитарно-гигиеническим нормам температура мяса рыбы после его термической обработки должна быть не менее 85 °С. Для достижения этой температуры мяса рыбы необходимо создавать различные температурные режимы в камере горячего копчения в зависимости от величины рыб: с увеличением размеров рыбы соответственно повышается температура и увеличивается продолжительность ее обработки.

Последняя стадия термической обработки рыбы (собственно копчение) протекает обычно в диапазоне сниженных температур против применяемых в период ее проварки.

Следует, однако, отметить, что ряд коптильных агрегатов новейших конструкций позволяет проводить термический процесс по непрерывно возрастающему графику.

Как видно из вышеизложенного, горячее копчение рыбы — это сложный термический процесс, поэтому регулирование и поддержание температуры в коптильных печах необходимо осуществлять последовательно техническими средствами, обеспечивающими выполнение всех стадий термической обработки сырья в определенных сроки. При этом необходимо учесть, что во время термической обработки рыбы горячим способом изменяется состав рабочей среды (воздух, пар, коптильный дым) и ее параметры (температура, влажность, густота дыма и пр.). При разработке системы регулирования температурного режима для горячего копчения рыбы необходимо также учитывать влияние и других параметров технологического процесса.

Техника регулирования температуры при копчении

Наиболее совершенным во всех отношениях является тот технологический процесс, который совершается непрерывно, поточным методом.

В процессе копчения рыбы при непрерывном поточном методе температура рабочей среды в каждой зоне должна поддерживаться постоянной (в отличие от периодического метода, при котором необходимо осуществлять программное регулирование температуры).

Для поддержания температуры на постоянном уровне применяются различные автоматические регуляторы. Выбор того или иного регулятора зависит как от характеристик самого регулятора, так и в значительной степени от свойств объекта регулирования.

Регулируемая система может обладать различными динамическими свойствами, от которых зависит протекание процесса, и характеризуется изменением регулируемого параметра при нарушении равновесия в регулируемом объекте. Изменение регулируемого параметра при нарушении равновесия системы зависит также от характера и величины возникшего изменения нагрузки. В одном случае нагрузка может изменяться плавно и сравнительно в небольших пределах, в другом случае изменения нагрузки велики и происходят скачкообразно.

Выведем дифференциальное уравнение для нашего объекта регулирования — копильной печи непрерывного действия. К таким известным нам установкам относится печь карусельного типа.

Тепловая энергия, необходимая для поддержания требуемой температуры печи, может быть получена различными путями: с помощью электричества, газа, перегретого пара и т. п.

Примем, что в нашей печи установлены нагревательные батареи, в которые подается насыщенный пар под давлением, зависящим от требуемого количества тепла.

Таким образом, пар, проходящий в нагревательных батареях, за время $d\tau$ подводит к печи энергию, равную $Q\rho_v\Theta_v d\tau$.

Эта энергия расходуется на нагревание печи с продуктом копчения и на наружную теплоотдачу. Следовательно можно написать:

$$Q\rho_v\Theta_v d\tau = G_s\rho_s d\tau + G_f\rho_f d\Theta + \alpha\Theta_s F d\tau, \quad (1)$$

где Q — расход пара, $кг/ч$;

ρ_v — удельная теплоемкость пара, $ккал/(кг \cdot град)$;

ρ_s — удельная теплоемкость печи, $ккал/(кг \cdot град)$;

ρ_f — удельная теплоемкость рыбы, $ккал/(кг \cdot град)$;

Θ_v — температура пара, $град$;

Θ — температура наружной поверхности печи, $град$;

α — коэффициент теплоотдачи, $ккал/м^2 \cdot град$;

F — наружная поверхность печи, $м^2$;

G_s — вес печи, $кг$;

G_f — вес рыбы, находящейся в печи, $кг$.

Температура насыщенного пара Θ_v при неизменном объеме является функцией давления:

$$\Theta_v = f(p) \quad (2)$$

Подставив зависимость (2) в уравнение (1) и преобразуя его, получим:

$$\frac{G_s\rho_s + G_f\rho_f}{\alpha F} \cdot \frac{d\Theta}{d\tau} + \Theta = \frac{Q_{ср}\rho_v}{\alpha F} f(p), \quad (3)$$

где $\Theta = \Theta_s - \Theta_1$ — отклонение температуры от заданного значения.

С целью получения более наглядного анализа уравнения (3) при выводе его нами сделаны некоторые допущения, которые не влияют существенно на характер описываемого процесса.

Так при изменении давления p в нагревательных батареях будет меняться и расход пара Q , который мы приняли постоянным и равным некоторому среднему значению $Q_{ср}$.

Теплоемкости ρ_s , ρ_f и ρ_v в диапазоне рабочих температур печи также можно принять постоянными.

Полагая в уравнении (3)

$$\frac{G_s\rho_s + G_f\rho_f}{\alpha F} = T \quad \text{и} \quad \frac{Q_{ср}\rho_v}{\alpha F} = K,$$

получим уравнение объекта регулирования в каноническом виде:

$$T \frac{d\Theta}{dz} + \Theta = Kf(p), \quad (4)$$

где T — постоянная времени;
 K — коэффициент усиления.

Нетрудно видеть, что уравнение (4) характеризует объект регулирования как инерционное звено.

Емкость нашего объекта регулирования выразится в следующем виде:

$$V = (G_s \rho_s + G_f \rho_f) \Theta_p, \quad (5)$$

где Θ_p — рабочая температура в печи.

Коэффициент тепловой емкости равен произведению веса вещества на его удельную теплоемкость и для нашей печи его можно написать:

$$A = G_s \rho_s + G_f \rho_f. \quad (6)$$

Время разгона будет равно

$$T = \frac{G_s \rho_s + G_f \rho_f}{\alpha F}. \quad (7)$$

Коэффициент усиления выражается следующей формулой:

$$K = \frac{Q_{ср} \rho_v}{\alpha F}. \quad (8)$$

Коэффициент усиления показывает, во сколько раз изменится значение регулируемого параметра по отношению к изменению величины регулирующего агента.

Емкость и коэффициент емкости регулируемого объекта являются основными факторами, характеризующими объект.

Оба эти фактора определяются временем разгона регулируемого объекта. Последнее представляет время, необходимое для достижения в объекте требуемого по данной технологии значения регулируемого параметра, считая от начального значения его при подаче в объект регулирующего агента в количестве, соответствующем полной нагрузке.

Время разгона определяет, кроме того, скорость изменения регулируемого параметра в регулируемом объекте при нарушении равновесия в последнем.

Из анализа выражений (4), (5), (6) и (7) следует, что коэффициент емкости и время разгона существенно зависят от удельной теплоемкости, веса и коэффициента теплоотдачи поверхности печи, который в свою очередь характеризует объем последней.

Коптильные печи обычно имеют значительную массу и теплоемкость, так же как и находящаяся в них рыба. В этом случае коэффициент емкости и время разгона будут иметь такие значения, при которых нашу печь можно отнести к объекту регулирования с емкостным запаздыванием. Наличие большой емкости на стороне потребления сглаживает колебания температуры и поэтому является фактором, облегчающим регулирование.

В нашем случае можно было бы применить простейший по своей конструкции двухпозиционный регулятор, но нужно учесть, что при таком регулировании все же будут получаться непрерывные колебания регулируемого параметра, несмотря на большой коэффициент емкости.

К тому же такие регуляторы не всегда надежны при наличии электрических контактов.

Астатический регулятор при регулировании процессов с большой емкостью позволяет плавно изменять подачу регулирующего агента. Однако при этом скорость перестановки регулирующего органа должна быть весьма мала, поэтому астатический регулятор более пригоден для процессов с малой емкостью.

Пропорциональный регулятор без дополнительных приспособлений в виде обратной связи и т. п. также ненадежен для поддержания постоянного режима.

Изодромный регулятор надежно обеспечивает устойчивость регулируемой системы и поддержание регулируемого параметра на заданном значении при стационарном режиме процесса. Это осуществляется в результате одновременного воздействия пропорционального и астатического компонентов. Изодромный регулятор применяют в тех случаях, когда необходимо обеспечить высокую устойчивость регулируемой системы и в то же время необходимо поддерживать регулируемый параметр на заданном значении. Регулятор такого типа является наиболее гибким по сравнению с предыдущими в смысле приспособления его к различным условиям регулируемого процесса, что соответствует нашим требованиям при регулировании процесса копчения рыбы.

В настоящее время регулирование температуры при помощи автоматических регуляторов широко применяется в ведущих отраслях нашей промышленности. Поэтому наша задача состояла в том, чтобы из существующих регуляторов различных конструкций критически выбрать тот, который наиболее полно удовлетворял бы нашим требованиям.

Автоматический регулятор должен поддерживать без участия человека оптимальную температуру в коптильной камере.

Значение регулируемой температуры будет зависеть от соотношения между поступлением и расходом энергии.

Регулятор контролирует значение регулируемой величины и воздействует на регулирующий орган, управляющий притоком и стоком.

Следовательно, от регулятора, который нам нужен, потребуются поддержание регулируемой температуры на постоянном уровне путем воздействия на один регулирующий орган.

Обычная принципиальная схема такого регулирования приведена на рис. 1.

Задатчик предназначен для коррекции действия регулятора. При его помощи можно произвольно изменять заданное значение регулируемой величины.

Существенным в работе и конструкции регулятора является вид вспомогательной энергии, который используется в усилителе и сервомоторе.

В настоящее время наибольшее распространение получили электрическая энергия, энергия сжатого воздуха и жидкости. Наибольшие удобства представляет электрическая энергия, так как она имеется на любом предприятии. Ее использование упрощает выполнение линий связи между элементами регулятора, делает их надежными. Электрическое дистанционное управление и регулирование наилучшим образом сочетаются между собой, позволяют легко осуществлять необходимые блокировки и сигнализацию.

Преимуществом электрических систем регулирования является также независимость размещения отдельных элементов регулятора, связанных между собой электрическим кабелем. Кроме того, электри-

ческие системы позволяют сосредоточить в одном месте органы настройки, что удобно для обслуживания. Эти качества дополняются возможностью применения электрических (электронных) усилителей с большим коэффициентом усиления и малой постоянной времени.

Высокая чувствительность к электрическим импульсам является тем условием, которое необходимо для создания современной универсальной системы регулирования, пригодной к широкому использованию в промышленности.

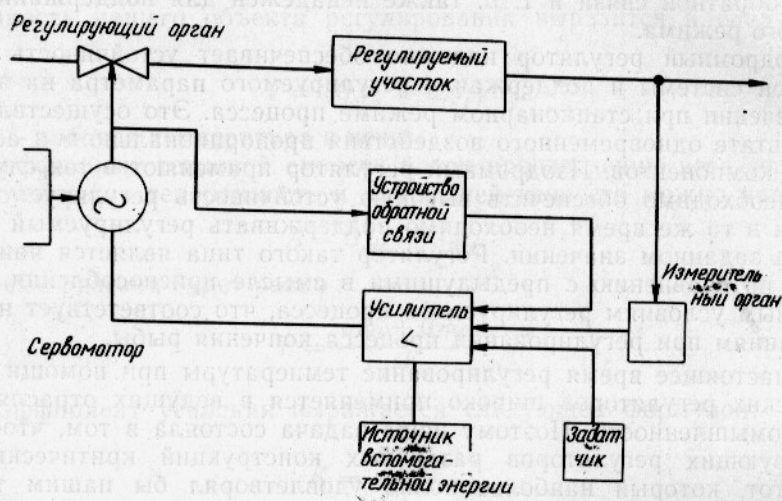


Рис. 1. Общая схема регулирования процесса.

Учитывая все изложенное и изучив регуляторы, выпускаемые промышленностью, решено было остановиться на электрическом изотроном регуляторе типа ЭР-С, который изготавливается Московским заводом «Комега» и применяется в ряде ведущих отраслей промышленности (энергетической, металлургической и др.). За период многолетней эксплуатации этот регулятор показал себя надежным в работе и несложным в уходе.

В своей измерительной части регулятор ЭР-С выполнен бесконтактным, что существенно увеличивает надежность системы. Все элементы его, за исключением первичных приборов, сервомотора и органов дистанционного управления, сосредоточены в одном месте и размещены в общем корпусе регулирующего прибора. Элементы измерительной схемы, усилителя и обратной связи регулятора, включая органы их статической и динамической настройки, расположены в регулирующем приборе.

В процессе наладки характеристики электронного регулятора могут быть изменены в широких пределах при помощи органов настройки. Это позволяет устанавливать стандартные регуляторы на самые различные объекты и производить оптимальную настройку этих регуляторов непосредственно на объекте.

Общая схема электронного регулятора изображена на рис. 2.

В качестве первичного прибора в регуляторе ЭР-С имеется термометр сопротивления. Электронный регулируемый прибор состоит из измерительного блока, задатчика, усилителя и устройства обратной связи. В измерительном блоке выполняется суммирование импульсов, поступающих от первичного прибора. Задатчик включен в схему изме-

рительного блока. Он дает возможность вручную изменять задание регулятору.

Суммарный импульс от измерительного блока подводится к усилительному устройству (электронному блоку). Электронный блок, являющийся основным узлом регулирующего прибора, содержит усилитель и устройство обратной связи регулятора. Питание выходных цепей регулятора осуществляется от силового блока, в котором имеется выпрямитель.

Для наблюдения за работой регулятора и облегчения его настройки предусмотрен индикатор. Реверсивный магнитный пускатель управляется током, поступающим от усилителя электронного регулирующего прибора.

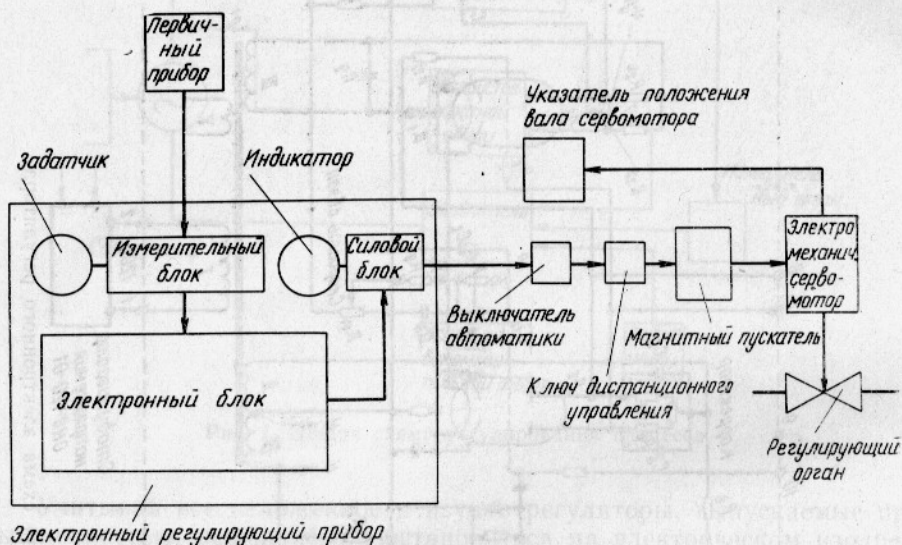


Рис. 3. Принципиальная схема прибора ЭР-С.

Электро-механический сервомотор, включаемый магнитным пускателем, является силовым органом регулятора и служит для перемещения регулирующего органа.

В зависимости от регулируемого параметра в качестве регулирующего органа могут быть использованы различного рода клапаны, задвижки, реостаты и т. п.

Выключатель автоматики и ключ дистанционного управления дают возможность осуществлять дистанционное управление регулирующим органом при повреждении регулятора или в каких-либо других особых случаях, на которые регулятор не рассчитан.

Дистанционный указатель положения вала сервомотора удобен для наблюдения за работой регулятора и существенно полезен при дистанционном управлении.

На рис. 3 изображена принципиальная схема электронного регулирующего прибора ЭР-С, а на рис. 4 — схема силовой части регулятора. Подробное описание этих схем мы считаем излишним, а интересующихся отсылаем к специальной литературе.

Поставляемый заводом в комплекте с прибором ЭР-С медный термометр сопротивления предназначен для измерения температуры до 150°C. При горячем копчении температура в печи может подняться до 200°C. Поэтому медный термометр должен быть заменен платино-

вым, который может работать при температурах до 500 °С. Термометр является стандартным и выпускается промышленностью в массовом количестве.

Присоединение платинового термометра к регулирующему прибору с целью расширения диапазона регулируемых температур до 200 °С не требует каких-либо принципиальных переделок.

Термометр сопротивления подключается в одно из плеч равновесного измерительного моста измерительного блока (см. рис. 3), в котором происходят суммирование и компенсация сигналов, поступающих

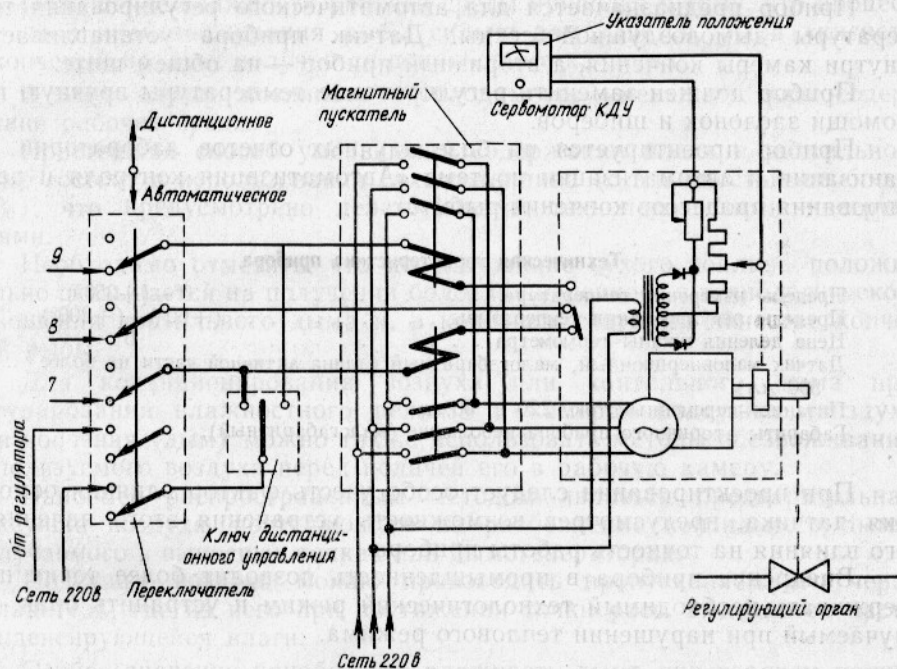


Рис. 4. Схема силовой части прибора ЭР-С.

от датчика. Измерительный блок выполнен таким образом, что при заданных значениях регулируемых величин на его выходе напряжение отсутствует, а при отклонении регулируемых величин появляется пропорциональное этому отклонению напряжение, знак (или фаза) которого определяется направлением отклонения.

В измерительную схему включен задатчик, расположенный на крышке регулирующего прибора, что дает возможность вручную изменять заданное значение регулируемой величины, поддерживаемое регулятором.

Источником питания моста служит селеновый выпрямитель, получающий питание от вспомогательной обмотки трансформатора. Величина выпрямленного напряжения может изменяться потенциометром, который является органом изменения чувствительности измерительной схемы.

Настройка прибора на более высокий параметр регулирования не представляет трудностей.

В процессе эксплуатации в копильных печах наружная поверхность гильзы термометра будет засмаливаться, вследствие чего постоянная времени его будет несколько увеличиваться, а динамические каче-

ства ухудшаться. Поэтому время от времени рекомендуется очищать гильзу термометра.

Место установки датчика в печи должно определяться конкретными условиями. Во всяком случае термометр следует располагать как можно ближе к обрабатываемой продукции и в такой зоне, где температура и плотность среды более стабильны.

Основные технические данные и условия

Прибор предназначен для автоматического регулирования температуры дымовоздушной среды. Датчик прибора устанавливается внутри камеры копчения, а вторичный прибор — на общем щите.

Прибор должен заменить регулирование температуры вручную при помощи заслонок и шиберов.

Прибор проектируется на базе научных отчетов лаборатории механизации и автоматизации по теме «Автоматизация контроля и регулирования процессов копчения рыбы».

Техническая характеристика прибора

| | |
|---|--------------------------------|
| Пределы измерения температуры | $0^{\circ}-(+250^{\circ})$ |
| Пределы регулирования температуры | $(+60^{\circ})-(+200^{\circ})$ |
| Цена деления шкалы термометра | 5 |
| Датчик малоинерционный, малогабаритный (длина активной части не более 300 мм) | |
| Питание—переменный ток, 220 в, 50 гц | |
| Габариты вторичного прибора небольшие (малогабаритный). | |

При проектировании следует особо учесть фактор влияния осмоления датчика, предусмотрев возможность устранения этого явления и его влияния на точность работы прибора.

Внедрение прибора в промышленность позволит более точно поддерживать необходимый технологический режим и устранить брак, получаемый при нарушении теплового режима.

КОНТРОЛЬ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ВЛАЖНОСТИ

Технологические предпосылки

При проведении технологического процесса холодного и особенно горячего копчения рыбы существенную роль играет влажность рабочей среды, в которой обрабатывается рыба.

Установлено определенное влияние влажности воздуха и дыма на технологический процесс и на качество получаемой копченой продукции.

В опытных камерах или печах коптильщики регулируют влажность воздуха или дыма путем открывания дверей, заслонок, что несомненно нарушает технологический процесс и не всегда достаточно эффективно.

Влажностный режим в обычной коптильной камере (печи), не оборудованной никакими специальными кондиционирующими устройствами, складывается за счет поступления влаги из следующих источников:

водяные пары из воздуха, поступающего в топку, для осуществления неполного горения топлива;

водяные пары из воздуха, который расходуется на разбавление коптильного дыма, получаемого при сжигании топлива;

влага, испаряемая из топлива при его сжигании;

влага, образующаяся при термо-химических процессах, протекаю-

щих во время сжигания водородсодержащих соединений древесины; влага, испаряемая из самой рыбы во время копчения.

Кроме перечисленных выше факторов на технологический процесс существенно влияют температура и влажность наружного воздуха.

В весенний и осенний период года теплый наружный воздух с повышенной относительной влажностью, смешиваясь с коптильным дымом в коптильной камере (печи), часто нарушает влажностный режим копчения рыбы (избыточная влага).

Повышение влажности рабочей среды приводит к тому, что процесс копчения и обезвоживания рыбы сильно замедляется, рыба «киснет» и копченый продукт получается пониженного качества.

В этом случае возникает необходимость уменьшать влагосодержание рабочей среды.

Простейший способ уменьшения содержания влаги в коптильном дыме состоит в использовании сухого топлива (с влажностью не более 25%), что предусмотрено действующими технологическими инструкциями.

Необходимо отметить, что использование сухого топлива положительно сказывается на получении более полноценного в технологическом отношении коптильного дыма и, в конечном счете, на качестве копченой рыбы.

Для кондиционирования воздуха или коптильного дыма при регулировании влажностного режима в камерах подсушки (воздух) или копчения (дым) можно также использовать методы обезвоживания используемого воздуха перед подачей его в рабочую камеру.

Наиболее распространенным методом является предварительная подсушка воздуха, поступающего на разбавление коптильного дыма, получаемого в выносных топках или дымогенераторах.

Подсушку воздуха можно производить пропусканьем его через охладитель, где из него при достижении точки росы выделяется часть конденсирующейся влаги.

Особое значение приобретает влажность дыма при горячем копчении и, в частности, при производстве шпротных полуфабрикатов из мелкой рыбы (салака, килька). О. П. Грецкая считает, что от поддержания определенной влажности рабочей среды при провялке зависит сохранение или нарушение кожных покровов рыбы при стерилизации консервов (шпроты). От влажности же дымовой среды в процессе собственно копчения зависит цвет и вкус рыбы.

Так, например, опыт Таллинского рыбокомбината показал, что шпротная копчушка хорошего качества получается применением дополнительного этапа обработки рыбы — пропарки перед собственно ее копчением.

Вместо обычных трех стадий горячего копчения рыбы: подсушки, проварки и собственно копчения — технологический процесс осуществляется по следующей схеме: подсушка, проварка, пропарка и собственно копчение.

Пропарка рыбы осуществляется путем подачи в коптильную камеру острого пара под давлением и последующей выдержки рыбы в этом паре в течение нескольких минут.

Кожица рыбы, подвергнутой такой дополнительной обработке (пропарке), приобретает золотистую окраску, а проваренное мясо — сочную консистенцию и приятный вкус копчености.

Поддержание влажностного режима при копчении рыбы связано также с еще одним явлением.

Гистологический анализ показывает, что появление «лопанца»

салаки в готовых консервах (шпроты) обусловлено нарушением соединительной ткани рыбы и особенно, подкожной клетчатки. Причиной этого явления по предположению О. П. Грецкой является желатинизация коллагена при обработке рыбы в газовой среде с пониженной влажностью.

Коллаген тканей рыбы, подвергнутой кратковременной обработке во влажной атмосфере, набухает, но не разрушается, а «дубится», приобретая прочность.

Таким образом, влажностный режим воздуха и дыма оказывает существенное влияние на качество копченой продукции. В связи с этим при разработке совершенного коптильного оборудования необходимо оснастить его специальными приборами и аппаратурой, позволяющими не только контролировать, но и регулировать в коптильных камерах (печах) влажностный режим рабочей среды.

Регулирование влагосодержания воздуха при горячем копчении рыбы на разных стадиях технологического процесса (подсушка, проварка и особенно собственно копчение) целесообразно осуществлять за счет увлажнения рабочей среды (воздух, дым) непосредственно в самой коптильной печи при помощи острого пара.

При этом необходимо обеспечить равномерное смешивание пара с рабочей средой вне зоны, где находится рыба. Необходимо также сочетать регулирование влажности с регулированием других параметров технологического процесса: температуры, густоты дыма, скорости движения дымовоздушных потоков в камере и др.

Техника измерения и регулирования влажности дымовоздушной среды в коптильных установках

Краткий обзор методов определения влажности газов

В настоящее время автоматический контроль и, тем более, регулирование влажности дымо-воздушной среды в процессе копчения рыбы не осуществляется, хотя этот технический параметр является одним из важнейших для получения доброкачественной продукции.

Причины такого положения заключаются прежде всего в отсутствии простых и надежных средств измерения влажности газов. Задача осложняется еще тем, что при горячем копчении температура дымо-воздушной среды может достигать до 200 °С.

Всякий прибор автоматического контроля или регулирования содержит как главную свою часть датчик, т.е. инструмент, непрерывно или периодически реагирующий на изменения контролируемого или регулируемого параметра.

Сделаем краткий обзор существующих методов измерения влажности газов с точки зрения применимости их в качестве датчиков.

Весовой метод. Количество находящихся в газе водяных паров определяется путем выделения их из газа различными веществами, хорошо поглощающими водяные пары (силикагель, концентрированная серная кислота, хлористый кальций и т. п.).

Этот метод дает достаточно точные результаты. Он пригоден и для измерения влажности газа, имеющего высокую температуру, так как перед поглотительными сосудами всегда можно поставить холодильник и снизить температуру газа до требуемого значения. В производственных условиях определение влажности этим методом связано с выполнением нескольких операций: зарядка и взвешивание поглотительных сосудов до и после пропуска через них анализируемого газа; точное измерение количества прошедшего через сосуды газа; сборка и

разборка установки до анализа и после него; проверка всех соединений на плотность; вычисление влажности по полученным данным.

Все эти операции приходится делать при каждом определении влажности газа.

Очевидно, автоматический прибор с датчиком, сконструированным по такому принципу, был бы весьма сложным, громоздким и ненадежным.

К тому же импульсы, посылаемые им, имели бы весьма большой интервал времени, недопустимый для регулирования влажности.

Конденсационный метод. Этот метод заключается в измерении количества сконденсировавшихся, содержащихся в газе паров при достаточном охлаждении газа. Для определения количества сконденсировавшихся паров необходимо точно измерить количество прошедших через измерительный прибор газов и следовательно следить за плотностью всех соединений.

Этот метод по тем же причинам, как и предыдущий, также не подходит для датчика.

Гигрометрический метод. Существуют различного рода гигроскопы и гигрометры, основанные на изменении формы или размеров некоторых гигроскопических органических тел в зависимости от относительной влажности воздуха.

Такие приборы способны непрерывно давать показания влажности воздуха.

Из датчиков гигрометрического действия наиболее распространены волосные, дающие хорошо выраженную зависимость удлинения чувствительного элемента от влажности воздуха (в узкой зоне положительных температур).

Гигрометрические волосные регуляторы непрямого действия выпускаются для регулирования относительной влажности в пределах от 20 до 80% при температурах от 40° до 80°С (например, в различного рода сушильных установках).

Ясно, что такой диапазон температур для наших целей не подходит.

Психрометрический метод. Этот метод основан на измерении температур газа и влажной поверхности (температура мокрого термометра), находящейся в этом же газе. По этим двум величинам можно определить содержание паров влаги в газе.

Действительно, если температура влажного термометра устанавливается постоянной, то он в единицу времени получает столько тепла от окружающих его тел, сколько он теряет вследствие испарения воды с его поверхности.

Первое количество тепла принимается пропорциональным поверхности S и разности температур $\Theta - \Theta_1$ (окружающей среды и самого термометра), второе количество — пропорциональным скорости испарения v .

Тепловой баланс запишется в следующем виде:

$$KS(\Theta - \Theta_1) = Bv, \quad (9)$$

где K и B — постоянные числа.

Скорость v выражается формулой Дальтона:

$$v = \frac{CS}{H} (p' - p), \quad (10)$$

где C — постоянный множитель;

H — атмосферное давление;

p' — давление насыщенного пара при температуре Θ_1 испаряющейся жидкости;

p — упругость паров, действительно находящихся в воздухе.

Подставляя уравнение (10) в (9), получим:

$$KS(\Theta - \Theta_1) = \frac{BCS}{H} = (p' - p). \quad (11)$$

Обозначим $\frac{K}{BC} = a$. После преобразований уравнение (11) примет вид:

$$p = p' - aH(\Theta - \Theta_1) \quad (12)$$

или, если считать $H = \text{const}$ и положить $aH = A$, то

$$p = p' - A(\Theta - \Theta_1). \quad (13)$$

Таков обычно вывод психрометрической формулы. Оба закона, на основе которых выведена формула, лишь приближенно верны.

Постоянная психрометра A определяется, как правило, опытным путем для определенных условий.

Так как $A = \frac{K \cdot H}{B \cdot C}$, то следует учесть, что все эти величины в большей или меньшей степени зависят от температуры.

Пока влажный термометр находится в среде, температура которой не превышает 100°C , эти коэффициенты можно приближенно считать постоянными, так как это делают при измерении влажности атмосферного воздуха.

Однако, когда температура среды превышает 100°C , термодинамический процесс теплообмена нарушается вследствие большой разности температур воздуха и влажного термометра.

Такие факторы, как лучеиспускание и теплопроводность, начинают существенно влиять на механизм теплообмена.

Обычный подвод влаги по увлажняющей ткани к термометру становится невозможным, а принудительная подача практически неосуществима, так как требует весьма точного распределения влаги по увлажняемой поверхности.

Попытки создать автоматический прибор с психрометрическим датчиком для газа с температурой свыше 100 — 150°C оканчивались до сих пор неудачей из-за ненадежности и сложности его устройства.

Метод точки росы. Если охлаждать атмосферный воздух с температурой Θ , то при некоторой температуре T_p^0 он окажется насыщенным водяными парами.

Эта температура T_p^0 называется точкой росы, так как всякое дальнейшее охлаждение воздуха должно вызвать выделение росы на окружающих телах. Если при температуре Θ количество пара Q , а наибольшее количество пара, соответствующее состоянию насыщения при этой же температуре Q_s , то относительная влажность выражается:

$$\varphi = \frac{Q}{Q_s} \cdot 100\%. \quad (14)$$

Температура насыщения водяных паров, а следовательно, и температура точки росы является функцией их давления. Большему давлению соответствует более высокая температура насыщения и наоборот.

Таким образом можно написать:

$$\Theta_s = f(P_d) = T_p, \quad (15)$$

где Θ_s — температура насыщения водяных паров;

P_d — давление насыщенных паров;

T_p — температура точки росы.

Существует множество формул для функции (15), приводить которые здесь было бы излишним.

Как известно, относительная влажность может быть выражена не только уравнением вида (14), но и следующим образом:

$$\varphi = \frac{p}{p_s} \cdot 100\%, \quad (16)$$

где p — упругость паров при данной температуре;

p_s — наибольшая возможная упругость (при насыщении) при той же температуре.

В данном уравнении делается допущение, что пар до насыщения при не очень высоких температурах подчиняется закону Мариотта, что приблизительно верно.

При нормальном атмосферном давлении и если температура не превышает 100°C уравнение (16) наглядно дает представление о степени влажности воздуха и весьма удобно при различных расчетах.

В диапазоне же температур, превышающих 100°C , понятие «относительная влажность», определяемая по уравнению (16), теряет свой физический смысл и не дает ясного представления о количественном содержании влаги в измеряемой среде.

В самом деле, так как максимально возможная упругость пара при нормальном атмосферном давлении (что имеет место и в копильной печи) равняется 1 атм , а упругость насыщенного пара, например, при 200°C равна $15,2 \text{ атм}$, то максимальная относительная влажность при температуре 200°C и нормальном атмосферном давлении будет равна:

$$\varphi = \frac{p \cdot 100}{p_s} = \frac{1 \text{ атм}}{15,2 \text{ атм}} \cdot 100 = 6,6\%.$$

Поэтому мы считаем наиболее целесообразным пользоваться в таких случаях понятием абсолютной влажности, определяемой как весовое количество водяных паров, содержащихся в единице объема исследуемого воздуха (количество граммов в кубическом метре).

Зависимость абсолютной влажности от упругости водяных паров P при данной температуре Θ выражается формулой:

$$g = 1293 \frac{0,622p}{760(1 + \alpha\Theta)} \text{ г/м}^3, \quad (17)$$

где 1293 — вес в граммах 1 м^3 сухого воздуха при 0° и 760 мм рт. ст. ;

$0,622$ — плотность водяных паров относительно воздуха;

α — коэффициент расширения газов;

p выражено в мм рт. ст.

При анализе формулы (17) можно заметить, что численные значения g и p мало отличаются друг от друга, а поэтому при известных условиях для насыщенного пара их можно принять равными друг другу.

Для того чтобы выявить интересующую нас зависимость абсолютной влажности от температуры точки росы, т. е. $g = f(T_p) \approx p$, мы обратились к психрометрическим таблицам для высоких температур из книги Landolt—Börnstein, Physikalisch—Chemische tabellen, 1931 г.

Эти таблицы составлены до температуры 150°C .

Пользуясь этими таблицами, можно легко определить количество водяных паров (абсолютную влажность) для температуры исследуемой среды, если зафиксирована температура точки росы.

Преимущество этого метода определения абсолютной влажности состоит еще в том, что он применим для температур выше 100°C , что для нас является наиболее важным фактором.

С другой стороны, метод довольно прост, не требует учета количества измеряемой среды; температура точки росы отсчитывается непосредственно по прибору, измеряющему температуру охлаждающейся поверхности.

Существует несколько способов, с помощью которых можно зафиксировать температуру точки росы.

Достоинства и недостатки каждого способа описаны в специальной литературе.

Наиболее современный и точный метод фиксирования температуры точки росы разработан на практике в приборе, датчиком которого является стеклянная поверхность с расположенной на ней парой электродов, отстоящих друг от друга на небольшом расстоянии и соединенных с источником тока.

Стеклянная поверхность со стороны электродов омывается измеряемой средой, другая сторона этой поверхности находится под воздействием чередующихся процессов нагрева и охлаждения при помощи воздуха.

Выпадение росы на охлажденной поверхности приводит к образованию токопроводящей дорожки между электродами и служит импульсом для приведения в действие устройства, подогревающего поверхность до исчезновения росы.

После этого подогреватель выключается и цикл охлаждения — нагрева поверхности повторяется снова. Спай термодары, помещенный между электродами, создает возможность регистрации температуры стеклянной поверхности, т. е. температуры точки росы измеряемой среды.

Как указывается в литературе [7], приборы, изготовленные по такому принципу, были проверены в постоянной эксплуатации в течение трех лет при исследовании условий осаждения росы из домовых газов и оказались пригодными для этой цели как в условиях топочной камеры (температура $1480\text{--}1650^{\circ}\text{C}$), так и на выходе из дымососа (температура до 107°C).

Степень точности работы датчика будет зависеть от рабочей длины электродов, расстояния между ними, величины приложенного напряжения и скорости охлаждения.

Рассмотрев таким образом все известные нам методы определения влажности газов, мы пришли к убеждению, что наиболее подходящим методом для наших условий является метод точки росы.

Основная схема регулятора

Деталь датчика, на которой непосредственно происходит осаждение влаги (росы), представляет собой колпачок 2 (рис. 5), изготовленный из стекла.

На колпачке закреплены платиновые электроды 3 и термосопротивление 4. Закрепление электродов производится с помощью их нагрева и легкого натягивания, в результате чего стекло размягчается и проволоки погружаются в него; проволоки затем покрываются тонким слоем стекла. После охлаждения лишнее стекло стачивается до тех пор, пока проволоки не окажутся вровень с поверхностью.

Колпачок снова нагревается, помещается в нагретую угольную полусферическую матрицу диаметром 24 мм и выдувается для придания ему окончательной формы. Затем колпачок тщательно отжигается. Фланец колпачка шлифуется для плотного прилегания к корпусу 10 датчика. Колпачок 2 крепится к корпусу 10 с помощью гаек 11 и 12. Прокладка 5 из асбеста или другого изоляционного материала создает необходимую герметичность.

Периодическое охлаждение колпачка 2 осуществляется путем подачи охлаждающей среды (вода, воздух) по трубке 9 и далее через головку 1, которая имеет ряд отверстий для равномерного распределения охлаждающей среды на внутренней стороне колпачка 2.

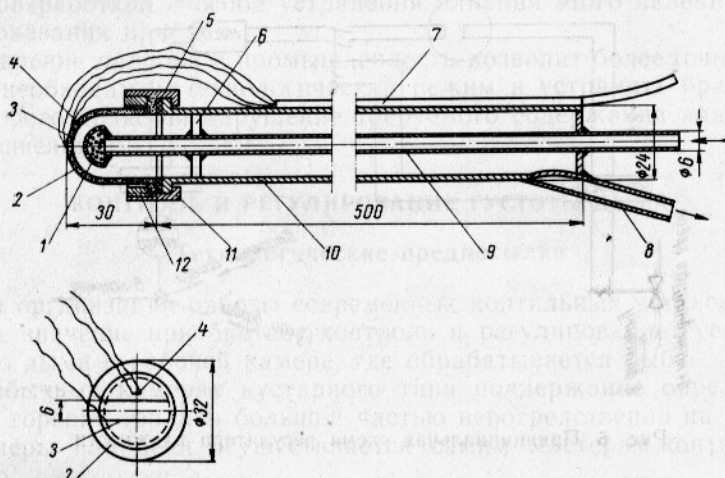


Рис. 5. Датчик прибора для регулирования температуры точки росы.

Трубка 9 центрируется в корпусе 10 с помощью упоров 6. Охлаждающую среду отводят по трубке 8. Провода от электродов 3 и термосопротивления 4 группируются в один кабель с изоляционной оболочкой 7, который прикрепляется к корпусу 10 датчика.

Размеры датчика и его конструкция даны нами ориентировочно, так как количества проведенных экспериментов еще недостаточно для того, чтобы делать окончательные выводы. Кроме того, работа датчика не была проверена в дымо-воздушной среде, т. е. в условиях, максимально приближающихся к производственным.

На рис. 6 представлена разработанная нами общая принципиальная схема регулятора влажности, работающего от вышеописанного датчика.

Показателем того, что требуемая влажность дымо-воздушной среды в камере поддерживается постоянной, является постоянство температуры точки росы. При этом предполагается, что температура среды и давление в камере поддерживаются постоянными.

В этом случае изменение влажности будет происходить только с притоком или оттоком влаги в камере.

Работа регулятора происходит следующим образом.

При охлаждении колпачка датчика наступит момент, когда на его поверхности начнет конденсироваться влага, которая образует электропроводящую дорожку между электродами. Ток проходит в усилитель, откуда он поступает в два соленоида. Один из них закрывает

доступ охлаждающей среде в колпачок датчика, а другой — замыкает цепь с термосопротивлением, включенным в одно из плеч моста.

Если температура точки росы отвечает заданной, мост остается в равновесии и сервомотор не воздействует на регулирующий орган (трехканальный вентиль или подобное устройство).

Если же температура точки росы выше или ниже заданной, равновесие моста нарушается, ток поступает на усилитель и далее на сервомотор, который в зависимости от полярности тока вращается в ту или другую сторону и подает в камеру сухой или влажный воздух.

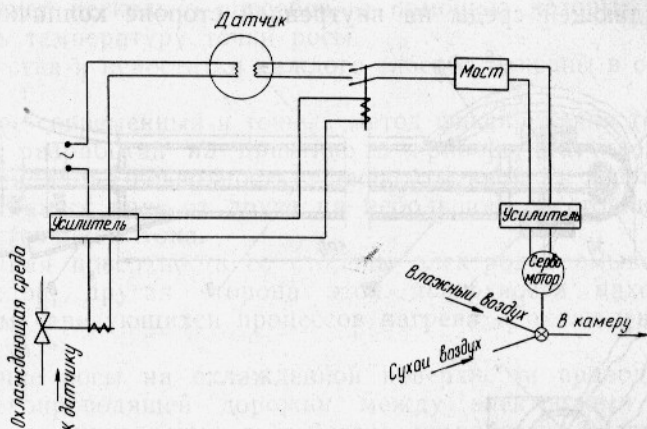


Рис. 6. Принципиальная схема регулятора влажности.

При прекращении подачи охлаждающей среды колпачок датчика нагревается окружающей дымо-воздушной средой, осевшая влага испаряется и электроды размыкаются. Термосопротивление отключается от моста, а вентиль открывает доступ охлаждающей среде к колпачку датчика. Затем процесс повторяется.

Выбор охлаждающей среды и скорости охлаждения зависит от требуемой точности регулирования и динамической устойчивости самого регулятора.

Введение обратной связи может значительно улучшить работу прибора.

Питание электродов должно осуществляться переменным током, так как постоянный ток способствует возникновению поляризации, искажающей показания.

Рекомендуемое напряжение тока равно 15 в.

Основные технические данные и условия

Прибор предназначен для регулирования влажности дымо-воздушной среды при копчении рыбы горячим способом и устанавливается в камеру копчения рыбы в коптильных цехах рыбообрабатывающих комбинатов и на самостоятельных коптильных заводах.

Прибор проектируется на базе научных отчетов лаборатории механизации и автоматизации ВНИРО «Автоматизация контроля и регулирования процесса копчения рыбы».

Техническая характеристика прибора

| | |
|---|--------------|
| Диапазон регулирования, $г/м^3$ в единицах абсолютной влажности | 35 |
| Пределы рабочей температуры, град | 70—200 |
| Максимально допустимая погрешность регулирования, $г/м^3$ | ± 5 |
| В пределах рабочей температуры постоянно температура поддерживается автономным регулятором. | |
| Пределы шкалы показывающего прибора, $г/м^3$ | 0—500 |
| Цена деления шкалы, $г/м^3$ | не более 5 |
| Напряжение | 220 в, 50 гц |
| Датчик малогабаритный, малонерционный. | |

При проектировании следует особо учесть фактор осмоления датчика с разработкой способа устранения влияния этого явления на точность показания прибора.

Внедрение прибора в промышленность позволит более точно поддерживать необходимый технологический режим и устранить брак, причиной которого является нарушение требуемого содержания влаги в процессе копчения.

КОНТРОЛЬ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ГУСТОТЫ ДЫМА

Технологические предпосылки

При организации работы современных копильных установок существенное значение приобретает контроль и регулирование густоты копильного дыма в рабочей камере, где обрабатывается рыба.

В обычных камерах кустарного типа поддержание определенного режима горения топлива большей частью непосредственно на полу (полу) камеры или печи осуществляется самим мастером-копильщиком вручную.

С переходом же к современным механизированным копильным камерам возникает необходимость осуществления процесса дымообразования в специальных выносных топочных устройствах так называемых дымогенераторах.

Такие централизованные источники дымообразования создают условия для кондиционирования копильного дыма.

Одним из параметров, определяющих условия копчения рыбы, является густота копильного дыма в рабочей камере.

Изучение технологических особенностей копильного дыма при копчении рыбы в зависимости от его густоты проводилось в Ленинградском отделении ВНИРО в 1951—1953 гг. В. А. Солинек и др. [14] отмечают прямую зависимость между густотой копильного дыма и его способностью придавать рыбе окраску (коллер). При этих наблюдениях густота дыма характеризовалась его просвечиваемостью путем измерения силы фототока с помощью микроамперметра. Так, при густоте дыма, соответствующей силе фототока от 0 до 3 $мкА$, рыба приобретала нормальную окраску за 25 мин. При меньшей густоте дыма, соответствующей в среднем 40 $мкА$, та же окраска рыбы достигалась в течение 40 мин, а при густоте дыма в пределах 80—100 $мкА$ рыба в течение целого часа копчения не приобретала нормальной окраски.

Эти исследования убедительно говорят о том, что для придания рыбе горячего копчения необходимых товарных качеств требуется создание и поддержание в копильной печи определенной густоты копильного дыма, неодинаковой для рыбы различных пород и величины.

На основании проведенных специальных исследований валового состава копильного дыма для горячего копчения рыбы в зависимости

от его густоты установлено, что наибольшее влияние на изменение густоты дыма оказывает содержание в нем капельно-жидкой фазы — смолы. Находящиеся в копильном дыме сажа и зола оказывают меньшее влияние на густоту дыма. Наибольшее количество смол при одинаковой густоте дыма образуется при сжигании лиственных пород (ольха, береза) и меньше — от хвойных пород древесины (сосна, ель). Также установлено, что основную роль в придании рыбе запаха и вкуса копчености играют вещества, собираемые в конденсате.

Из рассмотрения результатов анализа изменения относительного содержания составных частей дыма в зависимости от его густоты видно, что с увеличением густоты дыма (оцениваемой величиной фототока в мка) увеличивается не только количество капельно-жидкой фракции (смолы), но и конденсата (см. таблицу).

| Порода дерева | Густота дыма, мка | Капельножидкая смола, % | Конденсат, % |
|---------------|-------------------|-------------------------|--------------|
| Ольха | 8,8 | 1,20 | 18,0 |
| Ольха* | 58,8 | 0,75 | 14,2 |
| Сосна | 8,0 | 0,83 | 12,8 |
| Сосна* | 50,1 | 0,36 | 6,2 |

* Данные В. А. Солиник

Таким образом, густота дыма характеризует его также и в технологическом отношении. Поэтому для копильных механизированных установок с автоматизацией технологических процессов совершенно необходимо создавать и поддерживать определенный режим генерации копильного дыма в дымогенераторах.

Как известно, полноценный в технологическом отношении копильный дым получается при неполном горении древесины и недостатке подачи воздуха к очагу горения топлива. Этот принцип пирогенетического процесса дымообразования был предложен нами как основа разработки автоматического регулятора густоты дыма в копильной печи. Конструкция этого прибора была разработана Тбилиским СКБ приборостроения с нашим участием по техническому заданию ВНИРО и описана в настоящей работе.

Техника измерения и регулирования густоты дыма

Густота или плотность коптящего дыма является одним из основных параметров, на которых основывается режим копчения. До настоящего времени контроль густоты копильного дыма осуществляется визуально (на глаз), а регулирование — вручную путем изменения интенсивности дымообразования.

При этом действенность контроля всецело зависит от субъективных качеств мастера-копильщика, а надежность и точность регулирования процесса от его опыта и квалификации.

Вполне понятно, что в современных крупных копильных цехах, особенно при переходе на копчение в механизированных печах с выносными дымогенераторами, существующие примитивные способы контроля и регулирования не могут обеспечить необходимый режим копчения и, следовательно, выпуск копченых продуктов хорошего качества.

Применение для контроля и регулирования густоты дыма специального дистанционного автоматического прибора может обеспечить под-

держание постоянства этого параметра по заданной величине на каждой стадии процесса с целью получения требуемого коллера, запаха и вкуса, свойственных копченой рыбе.

Благодаря использованию такого прибора качество продукции значительно улучшится, а расход топлива снизится за счет поддержания оптимального режима горения и расхода дымовых газов.

В конечном результате при одновременной автоматизации контроля и регулирования и других параметров процесса копчения новый прибор обеспечит повышение производительности и значительно облегчит тяжелый труд копильщиков.

Типы дымомеров

Типы промышленных дымомеров весьма малочисленны, а выпускаемые отечественной приборостроительной промышленностью исчисляются единицами.

Известны несколько типов приборов, выпускаемых зарубежными фирмами и основанных на измерении плотности по весовому методу, или по скорости истечения газа из сопла и др. Однако распространение получают оптические методы измерения плотности дыма, основанные на принципе рассеяния или поглощения света частицами дыма.

Фиксирование результата измерения в приборах может производиться, как и при органолептических определениях, субъективным визуальным способом, когда мастер сравнивает густоту дыма с эталонной шкалой (например, шкала Рингельмана), и объективным методом, когда изменяется количество лучистой энергии, падающей на светоприемник в зависимости от плотности твердых частиц контролируемого дыма.

Понятно, что для целей автоматизации контроля и регулирования могут быть использованы лишь последние (объективные) методы фиксирования результатов измерения. Поэтому в основу разработки прибора были положены известные данные по эксплуатации опытных и производственных образцов дымомеров для различных электронных приборов и автоматических регуляторов.

Известны следующие основные типы приборов для измерения плотности газов и дыма.

Дроссельный плотномер типа Юнкерса. Его работа основана на законе истечения газа из сопла, который выражается уравнением

$$Q = \alpha F_0 \sqrt{\frac{2g}{\gamma_{\text{газа}}} \cdot (p_1 - p_2)},$$

где Q — количество протекающего газа, $\text{м}^3/\text{сек}$;

α — коэффициент истечения струи;

F_0 — диаметр сечения трубы, м^2 ;

g — ускорение силы тяжести, $\text{м}/\text{сек}^2$;

γ — объемный вес газа, $\text{кг}/\text{м}^3$;

p_1 — давление газа до сопла, $\text{кг}/\text{м}^2$;

p_2 — давление газа после сопла, $\text{кг}/\text{м}^2$.

При постоянных значениях Q , α , F_0 и p_2 объемный вес γ газа определяется изменением давления p_1 перед соплом.

Так как плотность газа обычно выражается отношением его объемного веса к объемному весу воздуха, принятому за единицу, то в приборе предусмотрено второе измерительное устройство для определения давления p_1 воздуха перед соплом. Тогда плотность измеряемого газа по отношению к воздуху пропорциональна отношению

$$\frac{\rho_{\text{газа}}}{\rho_{\text{воздуха}}},$$

Плотномер (рис. 7) состоит в основном из двух сопел одинакового диаметра и формы, создающих определенные потоки воздуха и газа; устройства (двух воздуходувок на общем валу) для всасывания и нагнетания воздуха и газа; колокольных весов, измеряющих отношения давлений перед соплами; записывающего механизма для регистрации результатов измерения.

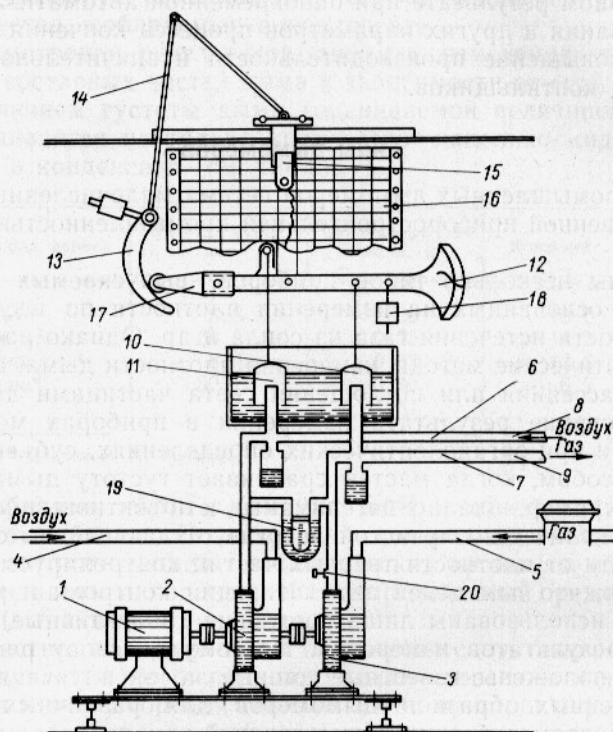


Рис. 7. Дроссельный плотномер газов.

Электродвигатель 1 приводит через общий вал две воздуховодки 2 и 3, которые по трубкам 4 и 5 засасывают одинаковые количества воздуха и газа, а по трубкам 6 и 7 нагнетают их через измерительные сопла 8 и 9. Возникающие перед соплами давления p_1 газа и p_1 воздуха подаются под колокола 10 и 11, которые подвешены на коромысле весов 12.

Коромысло устроено так, что устанавливается пропорционально соотношению $\frac{\gamma_{\text{газа}}}{\gamma_{\text{воздуха}}}$, т. е. плотности измеряемого газа по отношению к воздуху.

Движение коромысла передается через лекало 13 и рычаг 14 на пишущую стрелку 15, наносящую непрерывную кривую на движущуюся диаграммную бумагу 16.

Движение диаграммной бумаги осуществляется или синхронным электродвигателем, или часовым механизмом с ручным заводом.

Установочные грузики 17 и 18 служат для предварительной балансировки весов.

По манометру 19 периодически проверяют работу воздуходувок 2 и 3, которые при отключенном газопроводе 5 должны давать одинаковое давление нагнетания, что видно по уровню жидкости в манометре (на

нулевом делении). Регулировка производится при помощи установочного дросселя 20 до установки уровня жидкости в манометре на нулевое деление.

Этот плотномер не отличается большой точностью.

Весовой плотномер газов. На рис. 8 показан плотномер типа «Полук» для измерения и автоматической записи плотности газов.

Принцип действия плотномера основан на законе Архимеда.

Измерительная часть этого прибора представляет собой газовую камеру 1, в которой помещена система весов; к коромыслу весов 2 прикреплен герметический тонкостенный стеклянный шар 3 объемом около 1000 см³.

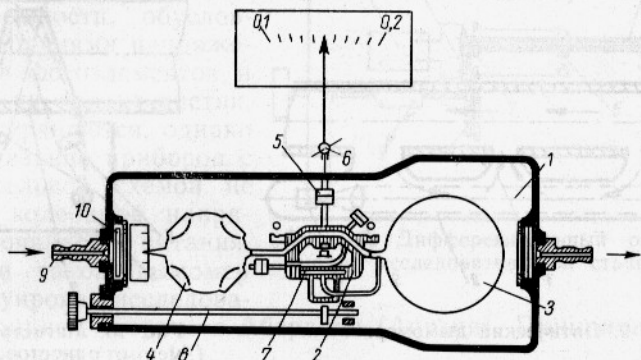


Рис. 8. Весовой плотномер газов.

Шар 3 заполнен азотом и при отключенном подводящем штуцере 9 измеряемый газ уравнивается другим открытым стеклянным шаром 4 с четырьмя отверстиями, закрепленным на противоположной стороне коромысла.

Общая (наружная и внутренняя) поверхность открытого шара равна наружной поверхности закрытого шара. Открытый шар служит для исключения влияния на показания прибора поглощения газа стеклянной поверхностью закрытого шара, а также возможной конденсации влаги на его поверхности.

Первоначальная балансировка и регулировка чувствительности коромысла производятся при помощи винтов 5 с передвижными грузиками.

Измеряемый газ поступает в камеру 1 через штуцер 9 и стеклянный фильтр 10.

Измерение плотности газа сводится к взвешиванию закрытого стеклянного шара 3 на весах в измерительной камере, заполненной измеряемым газом.

Перемещение коромысла весов связано со стрелкой прибора через постоянный магнит 6.

Прибор имеет приспособление для автоматической компенсации влияния температуры и давления газа на его показания. Это приспособление состоит из мембранной коробки 7, вмонтированной в весовую систему и сообщающуюся с внутренним пространством закрытого шара 3 капиллярной трубкой; при изменении температуры и давления газа мембрана перемещается и изменяется положение связанного с ней компенсационного грузика так, что коромысло устанавливается в прежнем положении.

Винт 8 служит для арретирования подвижной системы после окончания работы и при транспортировке прибора.

Показывающая шкала прибора градуирована в $кг/м^3$ с пределами: 0,1—0,2; 0,2—0,5; 0,3—0,8; 0,6—1,6 и 1,0—2,5.

Для автоматической записи показаний используется механизм с падающей дужкой и ленточной диаграммной бумагой, приводимый в движение при помощи часового механизма или синхронного двигателя от сети переменного тока 127 и 220 в, 50 гц.

Погрешность прибора не превышает 3% от верхнего предела шкалы.

Оптический дымомер с отводом дыма
(теоретические принципы даны ниже).

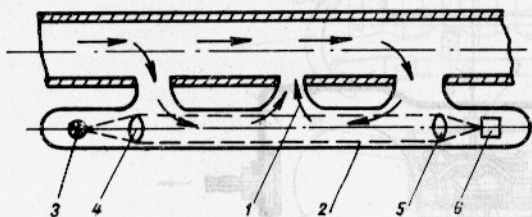


Рис. 9. Оптический дымомер.

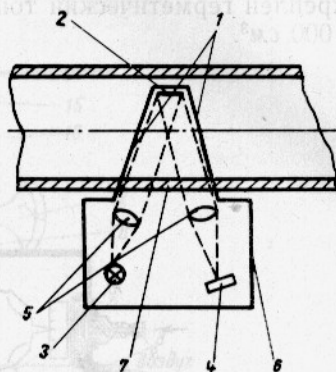


Рис. 10. Магистральный дымомер с односторонним креплением.

Дым при помощи эжектора 1 (рис. 9) засасывается из дымовода в измерительную трубу 2 и возвращается обратно в дымоход. Измерительная труба состоит из измерителя 3 (лампа накаливания) линз 4 и 5 и светоприемника 6.

Магистральные дымомеры:

а) с односторонним креплением (рис. 10). К стойкам 1, приваренным к стенкам дымохода, прикреплено зеркало 2, которое отражает лучи света от излучателя 3 через линзы 5 в светоприемник 4. Излучатель, светоприемник и линзы помещены в камеру 6, прикрепленную к наружной поверхности дымохода и защищенную от попадания в нее сажи и пыли стеклом 7;

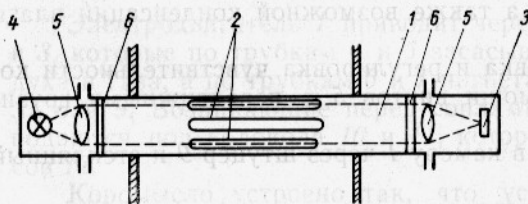


Рис. 11. Магистральный дымомер с двухсторонним креплением.

б) с двухсторонним креплением (рис. 11). Светоприемник 3 и излучатель 4 расположены в разных камерах снаружи дымохода по обе его стороны. В трубе 1 имеются щели 2, через которые проходит исследуемый дым. В трубе помещены линзы 5 и защитные стекла 6.

На этом принципе основаны еще несколько конструкций дымомеров, из которых можно указать на электрический корабельный дымомер ДЭК-50, дымомер 2-й ТЭЦ Ленэнерго, экспериментальный дымомер НИКИМРП и др., отличающиеся друг от друга лишь конструктивными деталями.

Общим в описанных оптических дымомерах является то, что они работают по схеме прямого действия с одним светильником.

Известно, что эта схема обладает существенными недостатками, связанными с погрешностями из-за колебаний напряжения питания фотоэлементов и источника света, а также вследствие изменения их световой характеристики со временем («старение») и пр.

Для устранения вышеуказанных погрешностей в оптических дымомерах в последнее время стали применять дифференциальные схемы, которые при работе фотоэлементов на прямолинейном участке световой характеристики свободны от погрешности, вызываемой колебанием интенсивности светового потока.

Хотя в дифференциальной схеме погрешности, обусловленные колебаниями напряжения питания фотоэлементов и изменением их характеристик, прямо не устраняются, однако нулевое показание приборов с дифференциальной схемой не зависит от колебаний напряжения источников питания.

Впервые такой дымомер был сконструирован исследовательской станцией «Торри» в Абердине (Англия). Принципиальная схема его следующая (рис. 12).

Свет от лампы 1 концентрируется линзой 2 и проходит по двум каналам к двум фотоэлементам 8. Один канал представляет собой цилиндрическую контрольную трубку 4, изолированную от дымового пространства 3. Другой канал представляет столб исследуемого дыма, расположенный между двумя стеклянными окнами 5. Свет, проходящий через дым, поглощается дополнительно кольцевым оптическим поглотителем (клином) 6, который может вращаться перед окошком 7 на горизонтальной оси. Свет, проходящий через контрольную трубку, также поглощается клином (компенсационным), служащим для первоначальной калибровки прибора.

Оптический кольцевой клин имеет по окружности кольца различную светопоглощающую способность. При вращении кольца перед окошком на пути прохождения светового луча устанавливаются участки кольцевого оптического клина с различной поглощающей способностью в зависимости от угла поворота кольца от начального положения.

Прибор отрегулирован таким образом, что начальное положение кольца соответствует оптической плотности, при которой интенсивность света, проходящего через слой дыма и падающего на фотоэлемент, равна интенсивности света, проходящего через контрольную трубку на другой аналогичный фотоэлемент. Так как фотоэлементы включены навстречу друг другу, то при начальном положении оптического клина (кольца) суммарная разность потенциалов фотоэлемента равна нулю.

Если концентрация дыма изменяется, оптическая плотность также изменяется, и на оба фотоэлемента падает свет различной силы; между ними возникает разность потенциалов, создающая электродвижущую силу, которая усиливается специальным усилительным устройством 10. Ток от усилителя приводит в движение сервомотор 9. Сервомотор поворачивает оптический клин в ту или другую сторону (в зависимости от того, увеличилась или уменьшилась концентрация дыма) до тех пор, пока оптическая плотность не станет равной первоначальной, и разность

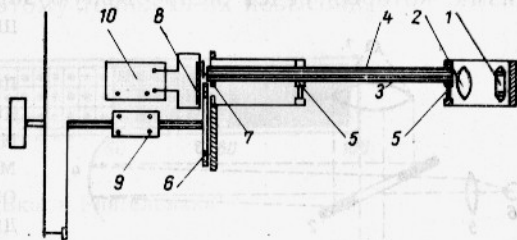


Рис. 12. Дифференциальный оптический дымомер исследовательской станции «Торри».

потенциалов будет приведена к нулю. Плотность дыма отсчитывается непосредственно по градусам угла поворота оптического клина, когда система сбалансирована.

Оптический клин непрерывно и автоматически устанавливается при помощи сервомотора в положение, балансирующее при различных плотностях дыма силу света, падающего на оба фотоэлемента. На один фотоэлемент свет падает через первый канал (цилиндрическую трубку и компенсационный клин), а на второй фотоэлемент — через столб дыма и оптический клин.

Сервомотор связан также с держателем пера самопишущего механизма, который ведет непрерывную запись плотности дыма на движущейся диаграммной бумаге.

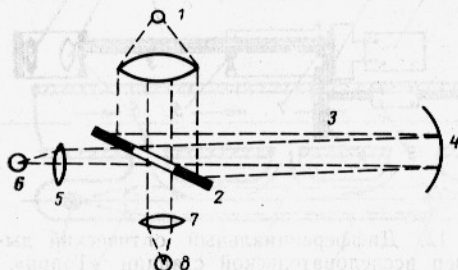


Рис. 13. Дымомер типа «Сименс».

Дымомер калибруется при помощи стандартных нейтральных фильтров, помещаемых в дымовом пространстве между окнами; при этом в пределах точности оптического клина деления на диаграммной бумаге прямо пропорциональны оптической плотности.

В приборе предусмотрено приспособление для устранения осаждения дыма на стекле окошек, находящихся на обоих концах столба испытуемого дыма. Это осуществляется путем нагрева стекла электрическим током, проходящим через прозрачный проводящий слой, нанесенный на поверхность стекла.

Прибор монтируется на стене коптильной камеры или на дымопроводящей трубе.

Измерительная головка пробки вставляется в отверстие диаметром 50 мм.

Прибор работает очень устойчиво. Он свободен от значительного отклонения от нулевой точки; это отклонение не превышает $\pm 3\%$ от верхнего предела шкалы.

Погрешность от колебания питания или «старения» лампы незначительна.

Другой оптический дымомер типа «Сименс» имеет следующую схему (рис. 13).

Лучи от источника света 1 (электрической лампочки) попадают на плоское зеркало 2, которое большую часть лучей отражает под прямым углом и отбрасывает через дымовой канал 3 на вогнутое зеркало 4. От вогнутого зеркала лучи отражаются в обратном направлении и, пройдя через отверстие в центральной части плоского зеркала 2, собираются линзой 5 в фокусе небольшой термопары 6. Некоторая часть лучей от источника света 1 проходит непосредственно через отверстие в плоском зеркале и собирается линзой 7 в фокусе второй термопары 8. Обе термопары включены в цепь стрелочного измерительного прибора навстречу друг другу так, что последний измеряет разность тока обеих термопар, зависящую от разности силы света непосредственно от лампы и силы света, ослабленного дымовым газом. Чем гуще дым, тем меньше лучевой энергии падает на термопару 6 и тем больше разность токов термопар, а следовательно, и отклонение стрелки измерительного прибора.

Измерительным прибором служит профильный стрелочный гальванометр со шкалой Рингельмана (рис. 14). Шкала разделена на несколь-

ко полей. Первое поле совершенно белое, следующие поля затемнены линованными сетками, которые сгущаются от поля к полю.

Дымомер фирмы Otto Meyer (ГДР) с сигнализатором дымности, работающий на термоэлементах по аналогичной дифференциальной схеме, установлен на дизель-электроходе «Россия».

Дымомеры на термоэлементах даже по дифференциальной схеме не лишены многих погрешностей, связанных с трудностями поддержания постоянства температуры «холодных» спаев термодпар, наличием паразитных термоэлектродвижущих сил, изменением сопротивлений термоэлектрической цепи и др. Поэтому точность их невысока.

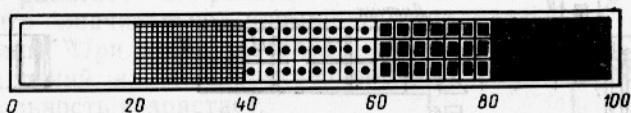


Рис. 14. Шкала Рингельмана.

Кроме того, применение термоэлементов усложняет также способы компенсации воздействия тепла, используемого для защиты оптики от закапчивания.

Сравнительный анализ существующих схем измерения густоты газов и дыма с учетом условий рыбокопильного производства (горячего копчения) дает основание выбрать как наиболее полно отвечающую технологическим требованиям систему, работающую по дифференциальной схеме с фотосопротивлениями и применением тепловой защиты оптики от загрязнения.

Разработка конструкции прибора была поручена самостоятельному конструкторскому Бюро приборов и средств автоматизации (СКБПСА).

Теоретические положения

Оптическая плотность D вещества, поглощающего свет, характеризуется отношением интенсивности I_0 падающего на него света к интенсивности I света, прошедшего через вещество, и выражается:

$$D = \lg \frac{I_0}{I}.$$

Кроме того, по закону Беера оптическая плотность D связана с концентрацией d дымовых частиц в данном объеме:

$$D = ad,$$

где a — постоянный коэффициент, зависящий от типа дыма. Следовательно плотность дыма S можно выразить через оптическую плотность следующим образом:

$$S = \frac{1}{l} \lg \frac{I_0}{I} = \frac{D}{l},$$

где l — длина светового потока в дыме.

Получаем, что плотность дыма S выражается через оптическую плотность на единицу длины и не зависит от толщины слоя измеряемого дыма, т. е. от размеров прибора, которым производится измерение. Это

дает возможность сравнивать результаты измерений, полученные различными методами.

Принципиальная блок-схема прибора, разработанного по этому принципу, показана на рис. 15.

Прибор состоит из двух основных узлов: датчика и вторичного прибора. Оптическая схема датчика представляет собой оптическую автоколлимационную систему, отличающуюся при простоте конструкции высокой чувствительностью.

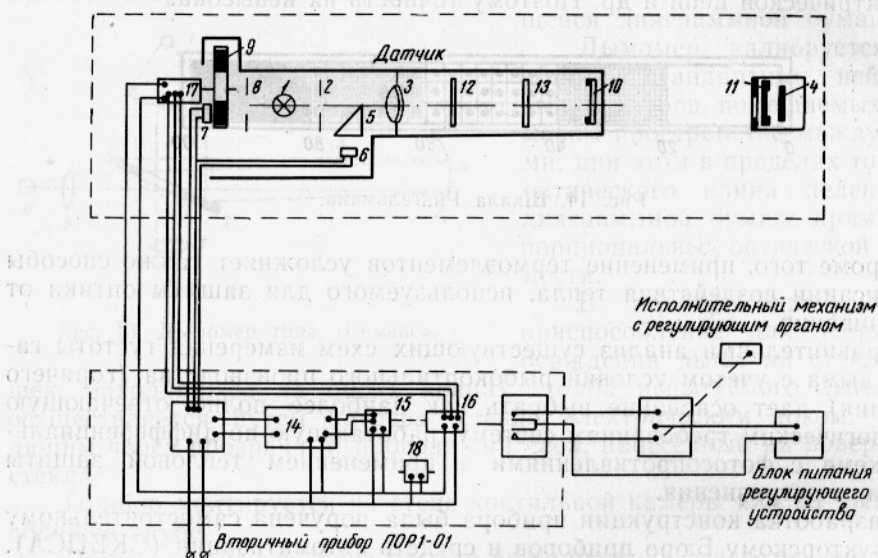


Рис. 15. Блок-схема прибора для измерения густоты дыма.

Свет от источника 1, помещенного в фокусе ахроматического объектива, попадает через диафрагму 2 в объектив 3 и направляется параллельным пучком на зеркало 4. Отраженный от зеркала пучок параллельных лучей возвращается обратно через тот же объектив на прямоугольную призму 5, которая направляет его на рабочий фотоэлемент 6.

Световой поток, падающий на рабочий фотоэлемент, дважды ослабляется по пути дымом, находящимся между объективом и зеркалом.

Второй фотоэлемент 7, компенсационный, освещается прямым светом лампы через диафрагму 8. Между диафрагмой 8 и компенсационным фотоэлементом помещен оптический клин 9. Для того чтобы оптические детали не засмолялись, предусмотрена тепловая защита, которая осуществляется путем нагрева электроотокном прозрачных плоскопараллельных пластин 10 и 11, покрытых полупроводниковым токопроводящим слоем. Нагрев пластины обеспечивает перепад температуры на границе «защитная пластина — измеряемая среда», равный 200° . Стеклоперегородки 12 и 13 служат для предохранения объектива от теплового воздействия температуры окружающей среды. Фотосопротивления 6 и 7 работают по мостовой схеме (рис. 16) с нулевым отсчетом при автоматическом уравнивании системы по световому потоку, что исключает влияние колебаний напряжения питающей сети и старения лампы и создает одинаковые условия для работы фотосопротивлений.

Мост питается от двухполупериодного выпрямителя, собранного по мостовой схеме на четырех полупроводниковых диодах ДГЦ-21 с П-об-

разным RC -фильтром. Диоды подключены к феррорезонансному стабилизатору напряжения.

В качестве светоприемников выбраны фотосопротивления типа ФС-К2, обладающие высокой чувствительностью, большой стабильностью, продолжительным сроком службы и максимумом чувствительности в видимой части спектра. Источником света служит электролампа типа СЦ-61 (8 в, 20 вт), имеющая форму и размеры нити накаливания $2,8 \times 2$ мм, удобные для получения в автоколлимационной системе параллельного пучка света.

Лампа работает в режиме недокала (5, 6 в), что значительно повышает срок службы лампы. При этом благодаря работе фотосопротивлений на малых освещенностях их чувствительность возрастает.

В качестве вторичного прибора для измерения, записи и регулирования густоты дыма использован автоматический электронный потенциометр типа ПСРв-01, несколько модифицированный для согласования его работы с датчиком.

В кожухе потенциометра установлен сельсин, соединенный с осью реохорда жесткой связью. Реохорд отключен от входа усилителя.

В кожух потенциометра также вмонтированы указанные выше двухполупериодные выпрямители, два проволочных сопротивления и переменное (балансирующее) сопротивление моста фотоэлементов. Кроме того, заменена шкала потенциометра. Прибор отградуирован таким образом, что в начальном положении при отсутствии дыма количество света, падающего на рабочее фотосопротивление, равно количеству света, падающего на компенсационное фотосопротивление, и напряжение разбаланса моста равно нулю.

При наличии дыма на фотосопротивление падает свет различной силы, вследствие чего мост выходит из равновесия. Напряжение разбаланса подается на вход усилителя 14 (см. рис. 15), к которому подключена управляющая обмотка двигателя РД-09 15, передвигающего каретку самописца с указателем шкалы. С осью двигателя жестко связана ось сельсина-датчика 16, соединенного с сельсином-приемником 17, установленным на датчике.

На оси сельсина-приемника укреплен оптический клин. Клин имеет по окружности различную светопоглощающую способность, соответствующую линейному изменению оптической плотности D , в зависимости от угла поворота клина.

Таким образом, сельсин-приемник поворачивает клин до положения, балансирующего систему при различных плотностях дыма, т. е. до тех пор, пока количества света, падающего на фотоэлементы, становятся равными и напряжение баланса снова становится равным нулю.

Значения величины плотности дыма отсчитываются по шкале прибора и автоматически записываются в виде непрерывной кривой на диаграммной ленте, приводимой в движение синхронным двигателем СД-54 18. Прибор отградуирован в относительных единицах (процентах) от 0 до 100% с ценой одного деления 2%. Прибор калибруется при помощи стандартных нейтральных фильтров, помещенных перед рабочим фотоэлементом. Кроме того, к прибору прилагается переходная таблица, в

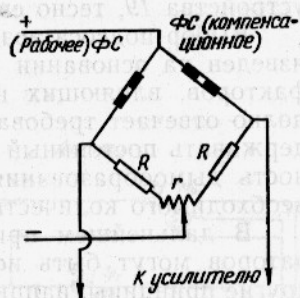


Рис. 16. Мостовая схема фотосопротивлений:

ФС — два смежных плеча фотосопротивлений, R — два одинаковых проволочных сопротивления, r — переменное сопротивление, служащее для электрической балансировки моста.

которой даны соответствующие значения в абсолютных единицах оптической плотности.

Регулирование густоты дыма производится дроссельной заслонкой, помещенной на подсосе воздуха в зоне горения дымогенератора. Заслонка приводится в движение автоматически реверсивным двигателем в зависимости от положения указателя-задатчика. Двухпозиционное регулирование осуществляется с помощью контактного регулирующего устройства 19, тесно связанного с осью двигателя РД-09.

Выбор подсоса воздуха в качестве регулирующего приема был произведен на основании экспериментальных работ по выявлению разных факторов, влияющих на густоту дыма. Выбранный прием наиболее полно отвечает требованиям технологического процесса, позволяет поддерживать постоянный режим горения топлива, необходимую интенсивность дымообразования и обеспечивает подачу в копильную камеру необходимого количества дыма заданной концентрации.

В дальнейшем при появлении различных конструкций дымогенераторов могут быть использованы в качестве регулирующих приемов другие принципы, например дозирование подаваемого топлива (опилки).

Электрическая схема прибора для определения густоты дыма (рис. 17)

Фотосопротивления $\Phi C-K$ (ΦC_1 и ΦC_2) вместе с сопротивлениями R_6 и R_7 образуют равновесный мост с нулевым методом отсчета и автоматическим уравниванием по световому потоку.

Сопротивление служит для электрической балансировки моста. Мост питается от двухполупериодного выпрямителя, собранного на четырех полупроводниковых диодах ДГ-Ц21 с П-образным RC-фильтром ($C_4R_4C_5$), подключенных к феррорезонансному стабилизатору напряжения Tr_2 . C_1 и C_2 — фильтрующие конденсаторы на выходе стабилизатора, R_2 — сопротивление для разряда конденсатора C после выключения прибора.

При отсутствии дыма на рабочее и компенсационное фотосопротивления падает одинаковое количество света, и мост находится в равновесии. При появлении дыма на фотосопротивления падает свет различной силы, и мост выходит из состояния равновесия.

Напряжение разбаланса подается на вход усилителя УЭМ-109, к выходу которого подключена управляющая обмотка двигателя M_2 , передвигающего каретку самописца с указателем шкалы. Ось двигателя связана с осью сельсина-датчика M_1 , соединенного с сельсином-приемником M_4 .

На оси сельсина-приемника помещен оптический клин, пересекающий поток света на пути к компенсационному фотосопротивлению.

Сельсины M_1 и M_4 включаются через сопротивления R_8 и R_3 . Назначение сельсина-приемника — устанавливать оптический клин в положение, балансирующее систему при различных плотностях дыма, т. е. в положение, при котором на фотосопротивления падает свет одинаковой силы и напряжение разбаланса становится равным нулю.

Непрерывная запись плотности дыма осуществляется на диаграммной ленте, приводимой в движение двигателем M_3 с выключателем B_6 .

Двигатель M_2 — конденсаторный, реверсивный, типа РД-04. Обмотка статора двигателя состоит из двух частей: одна включается последова-

тельно с конденсатором C_7 в сеть, другая параллельно с конденсатором C_6 — на выход электронного усилителя УЭМ-109.

Ротор двигателя — короткозамкнутый, типа «беличье колесо».

Двигатель M_3 — синхронный, типа СД-54; в одну из обмоток включен последовательно конденсатор C_8 .

Регулирование густоты производится при помощи дроссельной заслонки на подсосе воздуха в дымогенератор. Дроссельная заслонка приводится в движение исполнительным механизмом.

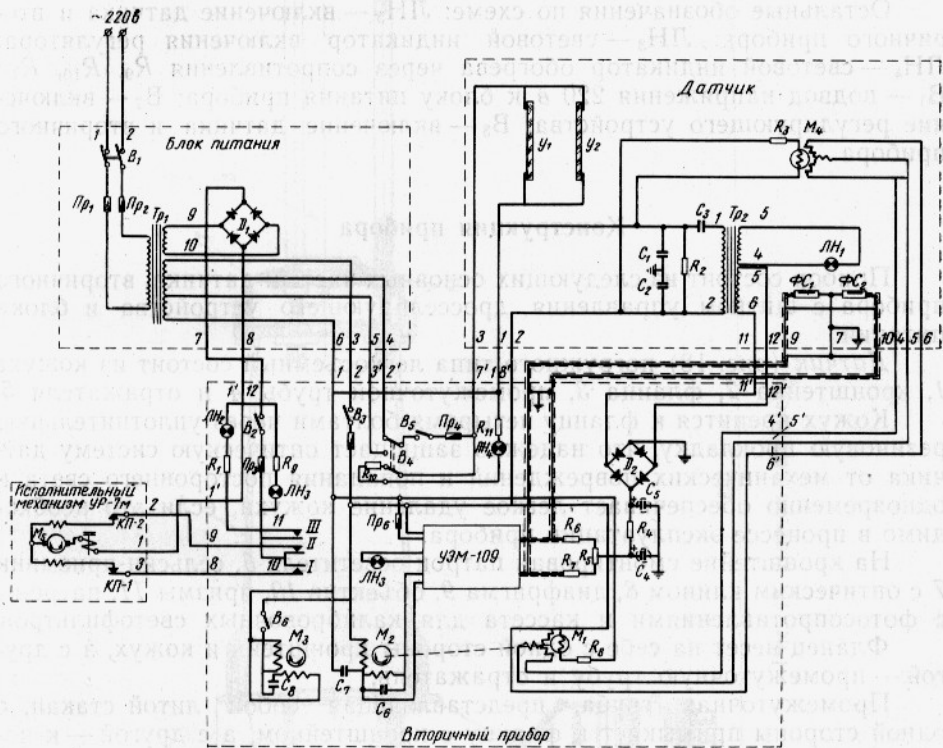


Рис. 17. Электрическая схема прибора для определения густоты дыма.

Исполнительный механизм типа УР-7м питается напряжением, подводимым от блока питания с помощью контактного регулирующего устройства.

Контакты этого устройства связаны с рукояткой и указателем задатчика с помощью зубчатой передачи и тросика.

Контакт I , расположенный выше контакта II , находится в замкнутом состоянии в зоне от начального значения шкалы до значения, которое устанавливается задатчиком.

Контакт III , находящийся ниже II , работает как контакт I и замыкает через сопротивление R_1 цепь лампы $ЛН_2$, сигнализирующей о недостатке дыма в камере.

Электромеханизм УР-7м состоит из электродвигателя M_5 , двухступенчатого планетарного редуктора, червячного редуктора, электромагнитной муфты и ограничительного и выходного устройств. Электродвигатель M_5 — постоянного тока, двухполюсный, реверсивный, серийный, типа МУ-320.

Электродвигатель снабжен концевыми выключателями КП-1 и КП-2. Напряжение подводится к нему через выпрямитель D_1 на селективных шайбах, собранный по мостовой схеме.

Лампа просвечивания ЛН₁ (типа СЦ-61) питается от феррорезонансного стабилизатора напряжения Тр₂.

Защитные пластины $У_1$ и $У_2$ питаются напряжением от трансформатора Тр через тумблер B_5 .

Переключение защитных пластин для работы по режимам холодного и горячего копчения производится переключателем B_4 .

Остальные обозначения по схеме: ЛН₅ — включение датчика и вторичного прибора; ЛН₃ — световой индикатор включения регулятора; ЛН₄ — световой индикатор обогрева через сопротивления R_9, R_{10}, R_{11} ; B_1 — подвод напряжения 220 в к блоку питания прибора; B_2 — включение регулирующего устройства; B_3 — включение датчика и вторичного прибора.

Конструкция прибора

Прибор состоит из следующих основных частей: датчика, вторичного прибора с щитком управления, дросселирующего устройства и блока питания.

Датчик (рис. 18) погружного типа легкоъемный состоит из кожуха 1, кронштейна 2, фланца 3, промежуточной трубы 4 и отражателя 5.

Кожух крепится к фланцу четырьмя болтами через уплотнительную резиновую прокладку, что надежно защищает оптическую систему датчика от механических повреждений и попадания постороннего света и одновременно обеспечивает легкое удаление кожуха, если это необходимо в процессе эксплуатации прибора.

На кронштейне смонтирован патрон осветителя 6, сельсин-приемник 7 с оптическим клином 8, диафрагма 9, объектив 10, призмы 11, патроны с фотосопротивлениями и кассета для калибровочных светофильтров.

Фланец несет на себе с одной стороны кронштейн и кожух, а с другой — промежуточную трубу и отражатель.

Промежуточная труба, представляющая собой литой стакан, с одной стороны примыкает к фланцу с кронштейном, а с другой — к погруженной части датчика.

Погруженной частью датчика является отражатель, находящийся во время работы в камере копчения.

В головке 12 отражателя установлены кварцевые пластины 13, обеспечивающие тепловую защиту оптики от засмоления. В крайней головке отражателя установлено на кронштейне 14 алюминиевое зеркало 15, служащее для отражения светового потока; регулировка и фиксация положения зеркала осуществляется при помощи винтов 16.

Вторичный прибор. В качестве вторичного прибора использован малогабаритный автоматический потенциометр с ленточным самописцем типа ПСР1-03.

В кожух вторичного прибора вмонтированы: электронный усилитель УЭМ-109, германиевый выпрямитель с П-образным RC-фильтром для питателя измерительного моста и проволочные сопротивления моста.

На поворотном кронштейне прибора расположены лентопротяжный механизм, двигатели РД-09 и СД-54, сельсин, шкала прибора, рукоятка задатчика, регулирующее устройство и контактная группа.

Дросселирующее устройство представляет собой дисковую заслонку, состоящую из двух фланцев, между которыми винтами зажато кольцо из мягкой резины. Заслонка установлена в трубе, на которой с по-

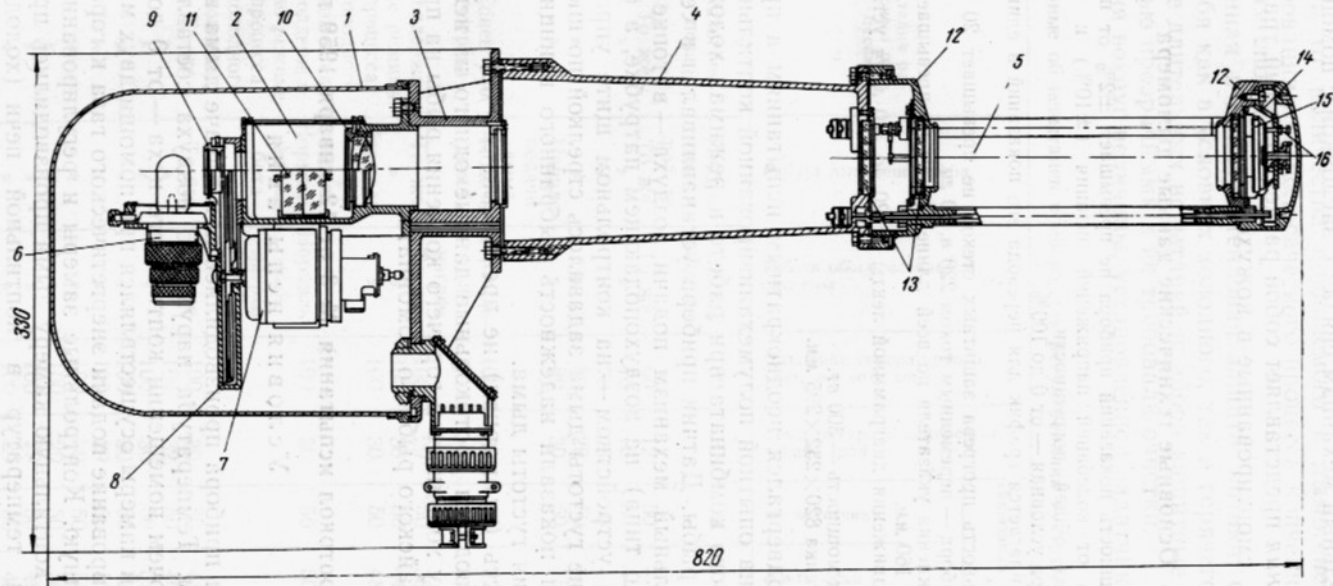


Рис. 18. Датчик дымомера.

мощью четырех стоек укреплена коробка с зубчатым колесом и исполнительный механизм.

Зубчатое колесо находится в зацеплении с шестерней на валу исполнительного механизма.

Исполнительный механизм связан с заслонкой с помощью мембранной муфты.

Блок питания представляет собой разделительный трансформатор с выпрямителем, смонтированные в кожухе.

Основные технические данные дымомера

Общая погрешность показаний прибора не превышает $\pm 2\%$ от пределов измерения. Погрешность от колебаний напряжений питания ($\pm 10\%$) и частоты ($\pm 1\%$) лежит в пределах общей погрешности.

Шкала прибора условная — от 0 до 100%.

К прибору прилагается график для перевода его показаний в единицы оптической плотности.

Продолжительность прогрева защитных стекол не превышает 20 мин.

Питание прибора — переменным током 220 в, 50 гц.

Время прохождения указателя по всей длине шкалы не превышает 8 сек.

Длина шкалы 160 мм.

Скорость продвижения диаграммной ленты от 20 до 720 мм/ч устанавливается по желанию.

Потребляемая мощность — 300 вт.

Габариты датчика 820×232×295 мм.

Прибор подвергался неоднократным испытаниям в производственных условиях на опытной полумеханизированной коптильной печи Лиепайского рыбного комбината при работе в режимах холодного и горячего копчения рыбы. Датчик прибора устанавливался в середине камеры, исполнительный механизм подачи воздуха — в топке дымогенератора (шахтного типа) на воздухоподающей патрубке, а сам прибор с регулирующим устройством — на контрольном щите управления. Требуемое значение густоты дыма задавалось стрелкой по шкале прибора.

Испытания показали надежность выбранного принципа контроля и регулирования густоты дыма.

Погрешность (суммарная) не превышала $\pm 5\%$.

Ниже приводятся протокольные данные одного из испытаний прибора по режиму холодного и горячего копчения рыбы на производственной печи Лиепайского рыбного комбината.

Протокол испытания № 3 от 12 января 1959 г.

Условия испытания

Испытания прибора производились при подаче дыма в коптильную печь без рыбы. Температура наружного воздуха составляла 2—3°, а воздуха в рабочем помещении коптильного цеха — от 0 до +1°С. Обогрев коптильной камеры осуществлялся при помощи двух малых газовых горелок. Регулирование подачи энергетического газа к горелкам осуществлялось вручную. Контрольные замеры и регулирование количества подаваемого в коптильную камеру дыма производились при стабилизации требуемых температур в коптильной печи (холодное копчение 30—32° и горячее копчение 150—170°С) и нормальной работе дымогенератора. Показания дымомера определялись визуально по шкале прибора и по автоматической записи на бумажной ленте самописца (рис. 19). Задатчик был установлен на делении 50% густоты дыма.

Результаты испытания

В продолжение всего опыта прибор устойчиво поддерживал в копильной камере заданную густоту дыма в пределах допустимой плотности.

Примененный принцип позиционного регулирования густоты дыма в зависимости от количества подаваемого в дымогенератор воздуха отвечает требованиям технологического процесса копчения рыбы холодным и горячим способом.

Примененная в приборе тепловая защита оптики от засмоления оправдала себя как в условиях холодного, так и горячего копчения рыбы. В течение длительных испытаний прибора защитные стекла оставались полностью прозрачными и не требовали очистки.

Колебания вокруг величины, установленной задатчиком, составляли $\pm 2\%$.

Данные об испытании прибора для регулирования густоты дыма

| Время, ч. мин | Стадия рабочего процесса | Работа дымогенератора | Работа обогривательной системы | Давление генераторного газа, мм вод. ст. | Температура в камере копчения, град | Показания дымомера, % | | | Примечание | |
|------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------------|--|-------------------------------------|-----------------------|------------|---------------------------------|------------|------------------|
| | | | | | | по задатчику | фактически | отклонение от заданной величины | | |
| 12 ⁴⁵ | 0,0 | Разогрев печи | Подготовка к работе | Слабый обогрев | 60 | 5 | 50 | — | — | — |
| 13 ⁰⁰ | 0,15 | То же | То же | То же | 60 | 12 | 50 | — | — | |
| 13 ¹⁰ | 0,25 | » | » | » | 70 | 16 | 50 | — | — | |
| 13 ¹⁵ | 0,30 | » | » | » | 70 | 26 | 50 | — | — | |
| 13 ²⁰ | 0,35 | » | » | » | 80 | 29 | 50 | — | — | |
| 13 ²⁵ | 0,40 | » | Начало подачи дыма | » | 80 | 30 | 50 | 15 | — | |
| 13 ³⁰ | 0,45 | Конец разогрева | Поддача дыма | Нормальный нагрев | 100 | 30 | 50 | 32 | — | |
| 13 ³⁵ | 0,50 | Поддерживание режима | То же | То же | 100 | 29 | 50 | 38 | — | |
| 13 ⁴⁰ | 0,55 | процесса | » | » | 100 | 30 | 50 | 44 | — | |
| 13 ⁴⁵ | 1,00 | холодного копчения | Нормальная работа | » | 100 | 30 | 50 | 48 | 2 | Начало испытания |
| 13 ⁵⁰ | 1,05 | Поддерживание режима | Нормальная работа | Нормальный нагрев | 100 | 30 | 50 | 50 | —0 | Испытание |
| 13 ⁵⁵ | 1,10 | То же | То же | То же | 100 | 30 | 50 | 48 | —2 | То же |
| 14 ⁰⁰ | 1,15 | » | » | » | 100 | 32 | 50 | 46 | —4 | » |
| 14 ⁰⁵ | 1,20 | » | » | » | 100 | 30 | 50 | 52 | +2 | » |
| 14 ¹⁰ | 1,25 | » | » | » | 100 | 30 | 50 | 49 | —1 | » |
| 14 ¹⁵ | 1,30 | » | » | » | 100 | 29 | 50 | 50 | 0 | » |
| 14 ²⁰ | 1,35 | » | » | » | 100 | 29 | 50 | 50 | 0 | » |
| 14 ²⁵ | 1,40 | » | » | » | 100 | 29 | 50 | 50 | 0 | » |
| 14 ³⁰ | 1,45 | » | » | » | 100 | 29 | 50 | 49 | —1 | » |
| 14 ³⁵ | 1,50 | » | » | » | 100 | 29 | 50 | 49 | —1 | » |
| 14 ⁴⁰ | 1,55 | » | » | » | 100 | 29 | 50 | 53 | +3 | » |
| 14 ⁴⁵ | 2,00 | » | » | » | 100 | 30 | 50 | 53 | +3 | Конец испытания |

В настоящей работе отражены результаты исследований, производившихся лабораторией механизации и автоматизации ВНИРО по разработке технических условий для основных приборов автоматического регулирования температуры, влажности дымо-воздушной среды и густоты дыма в коптильной камере в процессе горячего копчения рыбы.

Техническое задание и другие материалы на разработку специального прибора для регулирования густоты дыма были в свое время переданы специализированному конструкторскому бюро. Разработанный им с нашим участием прибор прошел производственные испытания с положительными результатами.

В ходе дальнейшей проработки и усовершенствования в прибор были внесены исправления и устранены некоторые дефекты, обнаруженные во время испытаний. После этого была выпущена небольшая серия промышленного образца этого прибора под маркой УПКА-58, которая может быть рекомендована к внедрению.

Техническое задание и экспериментальные материалы на разработку прибора для автоматического регулирования влажности дымо-воздушной среды также переданы другому специализированному конструкторскому бюро приборостроительной промышленности (СКБ «Проектприбор», Кутаиси), которому включена в тематический план разработка этого прибора.

Что касается автоматического регулятора температуры, то по разработанным нами техническим условиям и заданию была заказана приборостроительному заводу соответствующая аппаратура, которая после ее изготовления была испытана в производственных условиях на механизированной печи.

В настоящее время также разработан (НИКИМРП) и испытан макет прибора для дистанционного измерения скорости движения дымо-воздушных протоков в коптильной камере.

Внедрение всей описанной выше аппаратуры позволит приступить к разработке и осуществлению общей

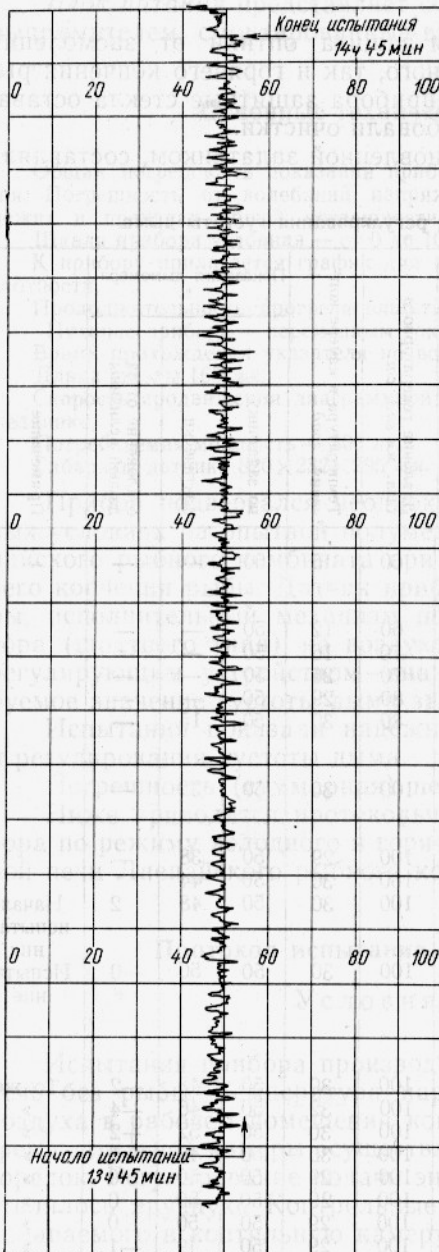


Рис. 19. Запись показаний дымомера при скорости продвижения ленты 6,6 мм/мин.

