

VII. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ И ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ

УДК 664.951.001.5

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЕННЫЕ К РАСПИЛОВОЧНЫМ МАШИНАМ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Ю.В. Алешин, Дальрыбвтуз, Владивосток

В результате теоретического анализа ряда работ, связанных с распиловкой пищевых продуктов, автором представлены современные направления, пути интенсификации и основные требования к распиловочным машинам.

Современное развитие техники и производства предъявляет все возрастающие требования к производительности режущих машин, их экономичности и качеству работы. Эффективность резания определяется установлением рациональных режимов, учитывающих все факторы.

Устройства для резания пищевых материалов должны отвечать общим требованиям, предъявленным к машинам, и некоторым специфическим требованиям, которые вытекают из свойств обрабатываемых материалов и характера пищевых производств. Главные из них можно кратко сформулировать следующим образом: максимальная производительность; обеспечение высокого качества продукции; высокая износостойкость режущего инструмента; простота эксплуатации; минимальные энергетические затраты; возможность быстрой санитарной обработки; универсальность; минимальные габариты и масса. Удовлетворение этих требований способствует интенсификации процесса резания.

Рассмотрим эти требования и наметим способы и направления их обеспечения.

Максимальная производительность может быть осуществлена разными путями. Один из них – увеличение количества обрабатываемого материала в единицу времени – достигается совершенствованием оборудования, его надежностью в работе.

Другой путь – сокращение численности обслуживающего персонала (как основного, так и вспомогательного) – достигается путем механизации загрузки и выгрузки, простотой обслуживания. Увеличение производства пищевых продуктов с одновременным повышением производительности труда возможно путем создания и внедрения в производство механизированных и автоматизированных поточных линий. В настоящее время значительное количество продукции вырабатывается с применением поточного производства.

Следовательно, требования максимальной производительности к режущим машинам и устройствам заключается в возможности их действия в составе производственной поточной линии. Важно отметить, что надежность работы каждой отдельной машины должна быть выше требований, которые предъявляются в целом к поточной линии.

Режущие устройства должны обеспечить высокое качество изделий, что сводится к получению изделий с заданными формой и размерами, чистотой или формой среза, при этом отходы должны отсутствовать или сводиться к минимуму.

Важной задачей является уменьшение количества отходов при резании пищевых материалов. Это можно осуществить путем обоснованного выбора способа резания, типа режущего устройства, кинематических и геометрических характеристик режущего инструмента, а также повышением износостойкости и долговечности ножей.

Таким образом, дальнейшее развитие технологии режущих машин должно осуществляться по пути интенсификации процессов резания, повышения производительности машин и устройств, точности и качества резания, механизации и автоматизации основных и вспомогательных процессов, разработки принципиально новых способов резания.

Как известно, резание является одним из основных технологических процессов большинства пищевых продуктов. От рационального ведения этого процесса зависит не только качество изделий, но и рациональное использование сырья и полуфабрикатов.

Пищевые материалы, подвергаемые резанию, имеют разнообразные физико-механические свойства, которые к тому же изменяются в процессе технологической обработки. Поэтому в промышленности нашли применение различные резательные машины и устройства с использованием в качестве режущего инструмента пластин, дисков, струн, вибрирующих ножей, ножей с подогревом или охлаждением, антиадгезионным покрытием, используются также струи жидкости или газа либо луч лазера.

Основными путями совершенствования и интенсификации процессов резания пищевых материалов являются следующие:

- научно-обоснованный выбор режимов процесса и параметров режущего инструмента с учетом физико-механических свойств обрабатываемого материала;
- применение износостойких материалов для рабочих органов резательных машин;
- создание универсальных резательных машин, применяемых для резания широкого круга пищевых материалов.

Рассмотрение и обобщение многочисленных литературных данных по резанию пищевых материалов показало, что создание резательного оборудования базируется в основном на экспериментальных исследованиях, проводимых с конкретными материалами. Общая теория резания может быть разработана на основе теории разрушения и реологии с учетом накопления наукой и практикой производства экспериментальных данных.

Библиографический список

1. Алешин Ю.В. Современные направления в развитии резательных машин мороженой рыбопродукции // Тез. докл. 37-й техн. конф. Владивосток, 1977. 75 с.
2. Алешин Ю.В. Методика проведения экспериментальных исследований процесса распиловки мороженого филе // Сб. тр. ТИНРО. Владивосток, 1974. Вып. 5. 218 с.
3. Жилин Н.И. Некоторые закономерности процесса резания рыб // Рыбное хозяйство. 1966. № 12. 50 с.
4. Конструирование и технология машиностроения // Тр. Американского общества инженеров и механиков. М.: Мир, 1964. № 2. С. 25-31.
5. Экспериментальная установка для исследования процесса резания мясных продуктов / А.И. Пелеев, А.М. Бражников, М.И. Клименко, В.Г. Проселков и др. // Мясная промышленность СССР. 1967. № 6. С. 2-5.

УДК 664.95.664.8

ТЕОРИЯ РЕЗАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСКОВЫХ НОЖЕЙ

Ю.В. Алешин, Дальрыбвтуз, Владивосток

Общая теория резания может быть разработана на основе теории разрушения и реологии с учетом накопленных наукой и практикой производства экспериментальных данных, проведенных рядом исследователей в этой области.

Автором предложена [1] теория резания дисковым ножом твердобразных материалов (мороженое филе рыбы). Принято, что дисковый нож – абсолютно твердое тело, а обрабатываемый материал – жесткопластичное тело. Резание происходит в результате ударного действия режущей кромки ножа на материал по хорде среза АВ (рисунок).

Распиловка мороженой рыбопродукции сопровождается сложными механическими и физическими процессами, которые в значительной степени зависят от ее реологических свойств. Знание этих свойств поможет объяснить процесс резания.

Скорость подачи материала несравненно меньше скорости резания (это отношение составляет 1/100), это позволяет нам считать, что резание осуществляется только режущей кромкой по хорде АВ, которая срезает тонкий слой материала.

Общая сила взаимодействия ножа с разрезаемым материалом будет равна

$$\bar{P} = \bar{P}_1 + \bar{P}_2, \quad (1)$$

где \bar{P}_1 – ударная сила в единицу времени от вращения ножа; \bar{P}_2 – ударная сила в единицу времени от соударения материала с ножом.

При определении \bar{P}_1 автор принимает, что нож вращается, а резательный объект неподвижен.

На основании теории об изменении за время удара главного момента количества движения системы относительно центра ножа может быть записано:

$$I_0\omega = m_0(\bar{P}_1), \quad (2)$$

где I – момент инерции ножа; $m_0(\bar{P}_1)$ – момент ударной силы в единицу времени относительно центра ножа.

Учитывая что,

$$m_0(\bar{P}_1) = \bar{P}_1 R, \quad (3)$$

можно определить следующее:

$$\bar{P}_1 = \frac{I_0\omega}{R}. \quad (4)$$

При определении \bar{P}_2 принять, что материал движется со скоростью σ , а нож неподвижен. Тогда по теореме об изменении количества движения системы при ударе за единицу времени можно записать:

$$m\bar{\sigma} = \bar{P}_2, \quad (5)$$

где m – масса разрезаемого материала, кг.

По \bar{P}_1 и \bar{P}_2 определяется результирующая сила P , которую можно разложить на горизонтальную и вертикальную составляющие (рисунок).

Под действием горизонтальной составляющей P_r происходит затягивание материала под вращающийся нож, вертикальная составляющая P_e прижимает разрезаемый материал к опорной поверхности.

Как уже отмечалось выше, скорость материала мала по сравнению со скоростью резания, поэтому ударной силой \bar{P}_2 можно пренебречь и считать, что резание осуществляется только действием \bar{P}_1 .

Далее автором на основании решения Хилла [5] рассмотрена задача о внедрении дискового ножа в жестко-пластичный материал (на примере резания блока мороженого филе). Принято, что в материал

внедряется режущая кромка дискового ножа, движущегося со скоростью $V_{п}$ под действием силы \bar{P}_1 . Как показал Хилл, предельная нагрузка, необходимая для образования пластического течения, равна

$$P^* = 2a\tau_0(2 + \pi). \quad (6)$$

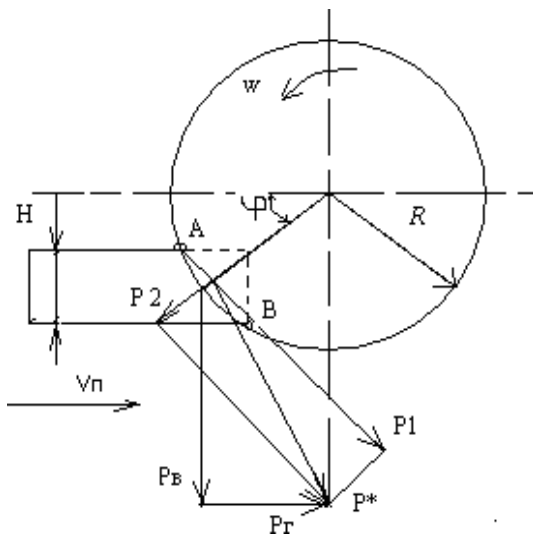


Схема резания мороженого филе дисковым ножом

При этом принято, что трение между ножом и материалом отсутствует.

Для учета геометрических параметров ножа и мгновенной силы в формуле (6) введен поправочный коэффициент k , тогда она принимает вид:

$$P^* = k2ab\tau_0(2 + \pi), \quad (7)$$

где b – толщина ножа, м; $2a$ – длина лезвия, равная единице, м; τ_0 – предельное напряжение сдвига обрабатываемого материала, Па.

Для определения критической частоты вращения дискового ножа, при которой будет обрабатываться пластическая зона в результате соударения кромки зуба с материалом, а следовательно, и происходить резание, уравнение (4) и (7) приравнены.

$$\frac{l_0\omega}{R} = kb\tau_0(2 + \pi), \quad (8)$$

откуда

$$\omega_{кр} = \frac{kbR\tau_0(2 + \pi)}{l_0}. \quad (9)$$

Формула (9) устанавливает связь между кинетическими и геометрическими параметрами режущего инструмента и структурно-механическими свойствами разрезаемого материала.

Применительно к резанию мороженого филе рыбы, по данным автора, при $\tau_0 = 0,47$ МПа и $\omega_{кр} = 1050$ 1/с коэффициент $k = 0,139$.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что распиловку мороженого филе независимо от вида рыбы необходимо производить при скоростях резания $25 \div 28$ м/с; подачи продукта $V_n = 0,25 \div 0,3$ м/с с использованием дисковых ножей с односкатной заточкой с насечкой на глубину $b = 2,5$ мм на режущей кромке и углом ската $\beta = 15^\circ$. При этом резание сопровождается оптимальными энергозатратами и хорошей чистотой реза.

Библиографический список

1. *Алешин Ю.В.* Основы процесса резания мороженой рыбопродукции. Владивосток: Дальрыбвтуз, 1998. 92 с.
2. *Гуревич С.Г.* Об одном кинетическом условии и теории резания // Рыбное хозяйство. 1965. № 10. С. 71-75.
3. *Карпов В.И.* Силы полезных сопротивлений, возникающие при резании рыбного сырья (теория резания). Калининград: КТИРПХ, 1971. 66 с.
4. *Резник Н.Е.* Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов. М.: Машиностроение, 1975. 311 с.
5. *Хилл Р.* Математическая теория пластичности. М.: Гостехиздат, 1956. 407 с.

УДК 67+664

СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ УПАКОВКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Э.А. Врищ, Дальрыбвтуз, Владивосток

Проанализированы различные типы импортного вакуум-упаковочного оборудования, используемого отечественными производителями мясных и рыбных продуктов. При выборе упаковочной машины важнейшим фактором является оценка ее эксплуатационных расходов. Показаны большие преимущества нового перспективного направления упаковки по методу «флоупак».

Переход к многообразию форм собственности, рыночным отношениям в экономике России, развитие внешнеэкономических связей преопределили в начале 90-х годов увеличение объемов импорта товаров на российский рынок и, прежде всего, пищевых продуктов. Для решения вопросов, связанных с качеством и безопасностью производимых и реализуемых товаров, Госстандарт России принял меры государственного регулирования: были разработаны стандарты, создающие условия для российских товаропроизводителей с целью повышения качества и конкурентоспособности отечественных товаров на внутреннем и международном рынках, а также обеспечения достоверной оценки их безопасности.

Концепция безопасности реализуемых пищевых товаров включает продуманные меры по расширению производства продуктов питания, упакованных под вакуумом в полимерную пленку. Это позволяет потребителю получить продукцию высокого качества. Производитель продукции, используя мелкую расфасовку товара, получает большую прибыль.

Отечественными производителями накоплен многолетний опыт в применении импортных вакуум-упаковочных машин в разных областях упаковки с использованием всех видов пленки.

Мировые лидеры поставляют широкий ассортимент машин, удовлетворяющих любым потребностям заказчика. Для малых перерабатывающих и торговых предприятий фирма «Komet Maschinenfabrik GmbH» (Германия) предлагает вакуум-упаковочные машины настольные и напольные, одно- и двухкамерные. Основные параметры машин приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Технические характеристики упаковочных машин
фирмы «Komet»**

| Показатель | Vacuboy | Plus Vas | | |
|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 20 | 21 | 22 |
| Количество камер | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Размеры камеры, мм | 355x345x140 | 430x505x180 | 430x505x180 | 430x505x180 |
| Длина сварочного бруса, мм | 305 | 415 | 415 | 415 |
| Производительность вакуум насоса, м/ч | 10 | 21 | 21 | 40 |
| Габаритные размеры, мм | 400x500x400 | 480x610x415 | 480x610x990 | 930x670x900 |
| Масса, кг | 38 | 60 | 100 | 140 |

Оператор устанавливает на пульте управления продолжительность вакуумирования и запаивания пленки. После закрывания крышки работа происходит автоматически. Продолжительность цикла упаковки – 20-50 с.

Большой опыт немецких фирм по производству вакуумной техники для упаковки продуктов питания является залогом того, что поставляе-

мые вакуум-упаковочные машины отвечают самым высоким требованиям к качеству как с точки зрения технологии, так и надежности и долговечности. Например, корпус и камеры двухкамерной вакуум упаковочной машины «Henkelman Polar 2-75» изготовлены из нержавеющей стали. Машина снабжена панелью управления с 10 изменяемыми программами. Имеется функция мягкого обжима, что позволяет избежать повреждения пакетов выступающими частями продукта. Сварочные струны имеют полукруглую форму, за счет чего можно производить запайку даже испачканных жиром пакетов. Конструкция запаивающего узла обеспечивает двойной сварочный шов, имеется возможность установки струны обрезки. Для продления срока службы вакуумного насоса предусмотрена функция его сушки.

Немецкая надежность, высокое качество изготовления, простота в использовании и не слишком высокая стоимость вакуум-упаковочных машин фирмы «VAMA» позволяет им также успешно конкурировать со всемирно известными производителями вакуум-упаковочной техники.

Фирма-изготовитель «Machines Fabrick Serome Cretel» (Бельгия) предлагает использовать вакуум-упаковочные машины настольные (модели 280 и 420) и напольные (модели 420 H, 520, 620, 840). Модель 280+ выполняет двойной сварочный шов, а модель 280 – одинарный шов шириной 3,5 мм, модель 420/2 имеет две сварочные шины. В упаковки может подаваться инертный газ. Работа машин автоматизирована. Основные параметры машин приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Технические характеристики упаковочных машин
фирмы «CRETEL»**

| Показатель | 280 | 420 | 520 | 620* | 840* |
|-------------------------------------|------------|-------|-------|-------|-------|
| Продолжительность цикла упаковки, с | 25-60 | 15-35 | 15-40 | 15-40 | 10-30 |
| Степень вакуума, % | 99 | 99,5 | 99,95 | 99,5 | 99,5 |
| Длина сварочной шины, мм | 280 | 420 | 2x520 | 4x620 | 4X840 |
| Мощность вакуумного насоса, кВт | 0,3 | 1,6 | 2,5 | 3,5 | 7,0 |
| Высота камеры, мм | 80 или 130 | 170 | 170 | 190 | 190 |
| Габаритные размеры, мм | | | | | |
| Длина | 438 | 515 | 690 | 1545 | 1985 |
| Ширина | 317 | 480 | 635 | 1120 | 1215 |
| Высота | 243 | 440 | 1020 | 900 | 900 |
| Масса, кг | 25 | 68 | 145 | 375 | 625 |

* Машины двухкамерные.

Фирма-изготовитель «Koch Packaging Systems» (США) предлагает двухкамерную вакуум-упаковочную машину «ULTRAVAC 2100». Она используется для упаковки под вакуумом пищевых продуктов в поли-

мерную пленку. Выпускается в двух исполнениях: с высотой камеры 200 и 300 мм. Возможна упаковка продукта в среде инертных газов. В камере может помещаться одна или несколько упаковок с продуктом. Управление машиной автоматизировано. Технические данные упаковочной машины приведены в табл. 3.

Таблица 3

Технические характеристики упаковочных машин фирмы «Koch»

| Показатель | Модель 200 | Модель 300 |
|---|----------------|----------------|
| Продолжительность цикла упаковки, с | 15-20 | 15-20 |
| Производительность вакуумного насоса, м ³ /ч | 220 | 340 |
| Размеры, мм | | |
| Камеры | 790x690x200 | 790x690x300 |
| Габаритные | 1680x1070x1190 | 1610x1070x1300 |
| Масса, кг | 522 | 567 |

Многочисленные исследования, тестирования продуктов подтверждают, что роль упаковки в завоевании потребительских предпочтений часто является не просто значимой, а решающей. Потребитель оценивает товар, уделяя внимание упаковке. Это влияет на принятие решения о покупке. Современный покупатель хочет быть уверен в качестве, законности изготовления и безопасности продукта. В ситуации, когда трудно сделать выбор между однотипной продукцией разных производителей, только упаковка может повлиять на то, кому будет отдано предпочтение.

Приморские производители рыбной продукции ООО «Рыбный день», ООО «Соленый ветер», ООО «Глобал Трейд», ООО ПКК «Сталкер ПРО» поставляют на рынок значительный ассортимент деликатесной продукции. Особым спросом у потребителя пользуется продукция ООО «Дальпико-рыбсервис» и «ТГЭУ МГП».

Необходимо отметить, что российский рынок становится все более зрелым. Период быстрых и необдуманных решений по закупке упаковочных машин заканчивается, так как все яснее видны преимущества того или иного решения по упаковке. Вероятно, что отечественный рынок проходит те этапы развития, которые уже давно миновали многие страны Европы и Америки. Это касается, прежде всего, более объективной оценки всех аспектов упаковки. Так, одним из важнейших является фактор оценки эксплуатационных расходов упаковочной машины. Известно, что упаковочная машина постоянно потребляет расходные материалы (пленку), электроэнергию и т.д. Простой расчет расхода пленки для транспортной упаковки 6 тонн колбасных изделий в сутки показывает, что за год затраты на пленку составляют порядка 92000 евро при использовании термоформирующей машины и 26000 евро при использовании машины типа «флоупак». Поэтому становится очевидным, что

годовая стоимость расходов на пленку равна, а то и превосходит стоимость самой упаковочной машины. И это только расходы на материал. Следует также учитывать затраты на электроэнергию, заработную плату персоналу и т.д., поэтому очень важно грамотно подходить к выбору самого упаковочного решения и методу упаковки.

Анализ работы упаковочных машин показывает, что при увеличении объемов производства продукции на вакуумных машинах периодического действия снижается рентабельность предприятия. Следовательно, производитель должен обратить внимание на существующие упаковочные машины непрерывного действия.

Швейцарская компания «ILPAK» производит машины для упаковки мясных и колбасных изделий по методу «флоупак». Принцип действия упаковочной машины довольно прост. Из одного рулона барьерной пленки на машине формируется рукав, куда автоматически подается продукт (сосиски, колбасы и др.). Затем в рукав пленки с продуктом поступает защитный газ, и сформированный пакет герметически запаивается.

Данный метод упаковки позволяет существенно сокращать расходы на упаковочный материал за счет использования только тонкой барьерной пленки. На термоформирующих же машинах для формирования нижнего лотка применяется, как правило, толстая пленка, которая стоит существенно дороже. Разница в стоимости расходов на пленку термоформирующей машины и машины «ILPAK» составляет по данным производителя 66000 евро в год. К тому же термоформирующая машина требует большого количества операторов на укладке продукта, так как продукт упаковывается в несколько рядов. На машину «ILPAK» продукт поступает в один ряд, поэтому можно обойтись меньшим количеством операторов. Машины «ILPAK» в отличие от термоформирующих потребляют значительно меньше электроэнергии, так как на термоформирующих машинах имеется этап горячего формирования дна упаковки, а это требует значительного количества энергии. При сравнении машин «ILPAK» с самыми распространенными в России камерными машинами первые обладают явными преимуществами. Камерные машины упаковывают продукты в готовые пакеты, которые стоят в 1,5-2 раза дороже, чем тот же пакет, автоматически сформированный на машине «ILPAK». Тем более на такой машине нет необходимости вручную фасовать продукт в пакет, так как он подается в него автоматически, это увеличивает производительность.

В современных условиях производителям пищевой продукции необходимо быстро реагировать на требования рынка. Магазины и торговые сети стремительно меняют требования к поставщикам мясных и рыбных продуктов. Именно здесь проявляются большие преимущества машин «ILPAK» в плане гибкости упаковки. На одной и той же машине можно паковать совершенно разные по размерам и форме продукты (например, транспортная и штучная упаковка) без каких-либо дополнительных приспособлений. Временной интервал

переналадки машины «LAPAK» на продукт другого размера незначителен, а это экономит дорогое рабочее время производителя продукции. Эти преимущества позволяют быстро реагировать на требования торговли. Российский рынок упаковки проявляет повышенный интерес к машинам фирмы «LAPAK», в частности известные в России предприятия «Дымовское колбасное производство», «Микояновский мясокомбинат», «Царицыно», «Кронштадтский мясокомбинат», «Иней», «Великолукский мясокомбинат», «Егорьевский мясокомбинат» и другие отдают предпочтение именно этим машинам. Возникла возможность выпуска нового продукта – колбасных снеков упакованных в среде защитных газов.

Это новая продукция на российском рынке. Идея упаковки пришла к нам из Германии, где этот продукт выпускается под маркой «Snak». Первым стал использовать этот вид упаковки «Тульский мясокомбинат». Полная комплексная линия состояла из самой упаковочной машины вертикального типа, мультиголовочного весового дозатора и различного вспомогательного оборудования. Снеки упаковываются по 65 г в пакеты с проваркой граней. Следует отметить, что упакованный продукт имеет огромную рентабельность. Компания «Дымов» на таком же оборудовании выпускает новый продукт «Пикколини».

Появилось новое перспективное направление – упаковка свежего охлажденного мяса и деликатесов поточным способом. Компания «LAPAK» предлагает для этих целей оборудование, работающее без подложки с возможностью вакуумирования и термоусадки пленки.

Выпускается несколько моделей объединенных в семейство «Дельта», но в принципе они различаются только производительностью. Модель минимальной производительности для упаковки колбасных изделий и полуфабрикатов работает со скоростью до 30 упаковок в минуту, другие модели могут упаковывать до 60-100 упаковок в минуту и более. Следует также отметить, что в производственной программе компании «LAPAK» есть и простые горизонтальные упаковочные машины, позволяющие решать задачи упаковки замороженных продуктов в обычной среде. Такие машины используются российскими компаниями-гигантами по заморозке: «Котлетная компания» (г. Кострома), «Поком» (г. Владимир), «Государь» (г. Боровичи), «Невская трапеза» (г. Санкт-Петербург).

Полученная информация позволяет сделать вывод, что небольшие предприятия, производящие мясную и рыбную продукцию, пользуются, как правило, универсальным упаковочным оборудованием периодического действия. Средние и крупные компании могут себе позволить иметь линию вакуумной упаковки и отдельную высокопроизводительную линию упаковок в среде защитного газа.

В настоящее время у отечественных производителей пищевых продуктов имеется реальный выбор оборудования для оснащения предприятий, удовлетворения возросших потребностей покупателя и получения дополнительной прибыли.

Библиографический список

1. Каталог зарубежного технологического оборудования для обработки рыбы и морепродуктов. Вып. 9. / А.С. Федько, В.А. Станкевич и др. М.: ВНИЭРХ, 2000. С. 32-33.

2. Каталог зарубежного технологического оборудования для обработки рыбы и морепродуктов. Вып. 10 / Под ред. А.А. Буйнова. М.: ВНИЭРХ, 2001. С. 27-31.

3. *Кубышко О.В.* Современные тенденции в развитии упаковки // Мясная индустрия. 2007. № 3. С. 68-69.

УДК 663/664.047:531.01

ВОСХОДЯЩЕЕ ДВИЖЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

**С.П. Григорьева; Л.К. Юрченко; И.В. Пищулина,
Дальрыбвтуз, Владивосток**

Получена формула для вычисления времени движения частицы высушиваемого материала в восходящем потоке воздуха при сушке в кипящем слое, а также уравнение движения этой частицы.

Высказано предположение, что причиной парения частиц в кипящем слое является невесомость совместно с их соударениями.

Производственные сточные воды мясокомбинатов содержат большое количество (до 90 %) загрязнений органического происхождения, поэтому их нельзя сбрасывать в водоемы без предварительной обработки.

Производственные сточные воды должны быть подвергнуты очистке. Основные способы очистки:

- 1) механические – в песколовках, жироловках, сепараторах, центрифугах, гидроциклонах;
- 2) физико-химические – путем флотации;
- 3) химические – с помощью коагулянтов;
- 4) биохимические – с помощью полей фильтрации, сбраживания и обезвоживания на иловых площадках, очистки в аэротенках.

Для малых предприятий рекомендуются очистка в жируловителях и фильтрация. Жирослам и флотошлам рекомендуется вывозить на полигон хранения твердых бытовых отходов.

На практике предприятиями в погоне за прибылью указанные отходы сбрасываются в близлежащие водоемы, которые заиливаются, в них исчезают рыба, моллюски, водоросли. Водоемы превращаются в мертвые и их необходимо подвергать в свою очередь очистке, что значительно труднее и затратнее, чем своевременное очищение стоков предприятий непосредственно самими предприятиями.

Очистить водоемы можно фильтрацией их вод, а также дальнейшей сушкой фильтрата в псевдооживленном состоянии в специально предназначенных для этого установках.

Методом сушки в псевдооживленном слое можно пользоваться не только для очистки сточных вод, но и для консервирования пищевых продуктов, таких, как кровь, плазма и сыворотка крови; субпродукты и т.п. Обычная сушка является энергозатратной, сушилки имеют большие габаритные размеры.

Метод сушки в виброкипящем слое инертного материала позволяет устранить эти недостатки. Этот метод разработан специалистами ГУП НИИ «Мир-Продмаш». Он заключается в том, что высушиваемый продукт распыляется на кубики фторопласта с размером ребра 4 см, находящиеся в потоке горячего воздуха [1].

В литературе по сушке пищевых продуктов в кипящем слое момент витания частиц рассматривается как равновесие сил, приложенных к твердой частице [2]. При этом помимо силы тяжести и силы сопротивления среды вводится выталкивающая сила Архимеда.

На наш взгляд, на отдельную частицу действуют сила тяжести, сила сопротивления потока воздуха. Сила давления потока дает изменение скорости частицы (рис. 1).

Допустим, что сила сопротивления воздуха выражается в функции скорости формулой

$$R = mg \cdot \varphi(v),$$

где $\varphi(v)$ – положительная и возрастающая функция от скорости v .

Основное уравнение динамики будет иметь вид:

$$m\bar{a} = m\bar{g} + \bar{R}.$$

Спроецируем его на ось Ox :

$$m \frac{dv}{dt} = -mg - R,$$

$$m \frac{dv}{dt} = -mg - mg \cdot \varphi(v) \quad | : m,$$

$$\frac{dv}{dt} = -g - g \cdot \varphi(v), \text{ полагая } g \cdot \varphi(v) = k \cdot v \text{ (т.е. сопротивление при}$$

малых скоростях почти пропорционально первой степени скорости), получим:

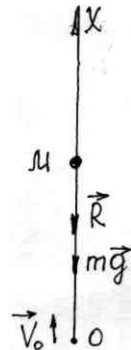


Рис. 1

$$\frac{dv}{dt} = -g - k \cdot v, \text{ или } \frac{dv}{dt} = -(g + k \cdot v) \mid \cdot dt \mid : (g + k \cdot v),$$

$$\frac{dv}{g + k \cdot v} = -dt \mid \cdot k, \text{ тогда } \frac{k \cdot dv}{g + k \cdot v} = -k \cdot dt.$$

Проинтегрируем: $-k \int_0^t dt = \int_{v_0}^v \frac{k}{g + k \cdot v} dt,$

$$-k \cdot t \Big|_0^t = \ln(g + k \cdot v) \Big|_{v_0}^v,$$

$$-k \cdot t = \ln(g + k \cdot v) - \ln(g + k \cdot v_0), \quad (1)$$

$$k \cdot t = \ln(g + k \cdot v_0) - \ln(g + k \cdot v),$$

$$k \cdot t = \ln \frac{g + k \cdot v_0}{g + k \cdot v} \Rightarrow \boxed{t = \frac{1}{k} \ln \frac{g + k \cdot v_0}{g + k \cdot v}}.$$

Эта формула дает нам время движения частицы в зависимости от скорости.

Точка поднимается на максимальную высоту, когда конечная скорость ее будет равна нулю, т.е. $v = 0$.

$$T = \frac{1}{k} \ln \frac{g + k \cdot v_0}{g} = \frac{1}{k} \ln \left(1 + \frac{k}{g} v_0 \right).$$

$$\boxed{T = \frac{1}{k} \ln \left(1 + \frac{k}{g} v_0 \right)}.$$

(2)

Потенцируем уравнение (1).

$$-k + \ln e = \ln \frac{g + k \cdot v}{g + k \cdot v_0}, \text{ или } \ln e^{-kt} = \ln \frac{g + k \cdot v}{g + k \cdot v_0}.$$

$$e^{-kt} = \frac{g + k \cdot v}{g + k \cdot v_0}, \text{ или } g + k \cdot v = (g + k \cdot v_0) e^{-kt}.$$

Заменяем в этом уравнении $v = \frac{dx}{dt}$ и проинтегрируем:

$$g + k \frac{dx}{dt} = (g + k \cdot v_0) e^{-kt},$$

$$k \frac{dx}{dt} = (g + k \cdot v_0) e^{-kt} - g \quad | \quad dt,$$

$$k \int_0^x dx = (g + k \cdot v_0) \int_0^t e^{-kt} dt - g \int_0^t dt,$$

$$k \cdot x \Big|_0^x = (g + k \cdot v_0) \frac{e^{-kt}}{-k} \Big|_0^t - g \cdot t \Big|_0^t,$$

$$k \cdot x = -\frac{1}{k} (g + k \cdot v_0) e^{-kt} + \frac{1}{k} (g + k \cdot v_0) - g \cdot t,$$

$$k \cdot x = (g + k \cdot v_0) \frac{1 - e^{-kt}}{k} - g \cdot t,$$

$$\boxed{x = (g + k \cdot v_0) \frac{1 - e^{-kt}}{k^2} - \frac{g}{k} t.} \quad (3)$$

Это уравнение движения материальной точки.

Подсчитав по формуле (2) время подъема частицы на максимальную высоту, подставим результат в уравнение (3). Получим максимальную высоту подъема частицы.

Если взять начальную скорость 2 м/с, то время движения приблизительно будет равно 0,11 с, а максимальная высота подъема – 0,08 м.

В конечной точке скорость частицы равна нулю, поэтому силы сопротивления воздуха и сила давления потока, как зависящие от скорости потока, обращаются в нуль. На частицу действует только сила тяжести. Когда все силы, действующие на материальную точку, кроме силы тяжести, обращаются в нуль, наступает состояние невесомости.

Парение можно объяснить соударениями ее с другими парящими рядом частицами. Частично начинается нисходящее движение. Появляются силы, зависящие от скорости. Это движение в какой-то момент опять обращается в восходящее и т.д.

Итак, предлагаемый подход к исследованию движения материальной частицы (точки) высушиваемого объекта позволяет по-новому взглянуть на процессы, происходящие при псевдооживлении в кипящем слое.

Библиографический список

1. *Файвишевский М.Л.* Оборудование для сушки жидких видов мясного сырья // Мясная индустрия. 2005. № 8. С. 66-68.
2. *Гинзбург А.С., Резчиков В.А.* Сушка пищевых продуктов в кипящем слое. М.: Пищ. пром-сть, 1966. 196 с.
3. *Хайкин С.Э.* Физические основы механики. М.: Наука, 1971. 751 с.

УДК 628.543 + 664

УСТАНОВКА ПО ОЧИСТКЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СТОЧНЫХ ВОД МНОГОПРОФИЛЬНОГО ПИЩЕВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

**А.В. Дарменко; Ю.Г. Капустина; Г.Г. Огиенко,
Дальрыбвтуз, Владивосток;
В.К. Поповкин, ГК «Деликон», Владивосток;
С.А. Самойличенко, ООО «Нива К», пос. Кировский**

Описана установка по очистке сточных вод (СВ), спроектированная для ООО «Нива К». Предприятие специализируется на выпуске мясной и рыбной продукции. Установка спроектирована для очистки СВ от взвешенных веществ и жира на 70...80 %; синтетических ПАВ – на 40...60 %.

Предприятия пищевой промышленности отличаются значительными расходами воды на технологические нужды. Наиболее высокий уровень водопотребления-водоотведения имеют мясо- и рыбоперерабатывающие производства.

В Федеральном Законе «Об охране окружающей среды» сказано «...каждый имеет право на благоприятную окружающую среду...» и «...каждый обязан сохранять природу и окружающую среду, бережно относиться к природным богатствам...» Российской Федерации [1].

Ухудшение экологической ситуации в стране ведет к ужесточению санкций со стороны надзорных органов за нарушение нормативных актов экологической направленности, что вынуждает предприятия принимать меры к снижению количества загрязняющих веществ, отводимых со сточными водами (СВ).

Предприятие, для которого была спроектирована установка по очистке технологических СВ, использует в качестве сырья мясо, рыбу и является многопрофильным (выпускает колбасную, консервную и кулинарную продукцию широкого ассортимента).

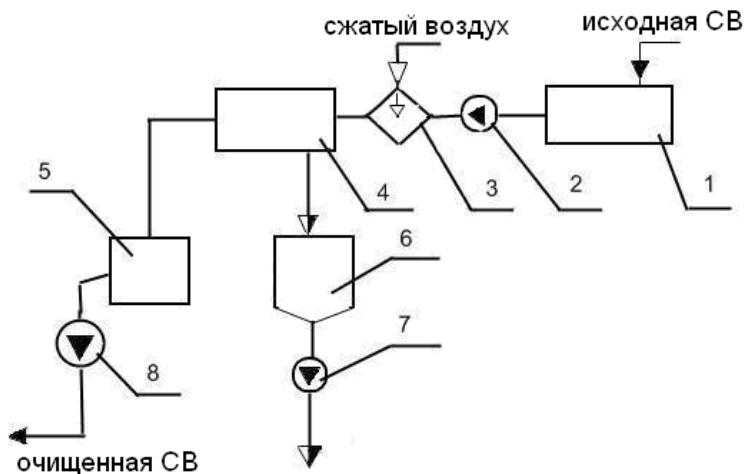
Спектр технологий для обработки СВ таких предприятий известен: отстаивание, фильтрация, биологические флотационные и реагентные методы, которые могут быть использованы как самостоятельно, так и

совместно. Выбор способа очистки и технологической схемы обработки СВ для ООО «Нива К» должен удовлетворять трем важнейшим требованиям:

- компактность установки;
- устойчивость работы при значительном изменении расходных, физико-химических и фазово-дисперсных характеристик СВ;
- простота и удобство обслуживания.

Ранее была разработана технология физико-термической очистки органосодержащих СВ изолированных энергонасыщенных объектов с высокими уровнем водопотребления-водоотведения, которая, предназначалась для обработки технологических СВ рыбообрабатывающих плавзаводов [2]. В дальнейшем эта схема была успешно реализована на судоремонтных заводах [3, 4], хотя указанная технология разрабатывалась для судовых систем замкнутого водоснабжения, а соответственно, для предотвращения загрязнения вод Мирового океана. Использовать физико-термическую очистку СВ для береговых пищевых предприятий было предложено позднее [5].

Одним из технологических способов обработки СВ, применяемых в физико-термической очистке, является напорная флотация которая и была использована в установке, представленной на рисунке.



Технологическая схема установки по очистке технологических сточных вод:

- 1 – цистерна исходной СВ;
- 2, 7, 8 – насосы;
- 3 – аэратор;
- 4 – флотатор;
- 5 – цистерна очищенной воды;
- 6 – цистерна сбора пены и осадка

Исходная СВ поступает на установку из сборника-усреднителя в цистерну 1, затем насосом 2 СВ подается через аэратор 3, где происходит ее насыщение растворенным воздухом, во флотатор 4, там про-

исходит выделение жировых и белковых загрязнений с пеной, которая удаляется в цистерну сборника пены и осадка 6, который периодически удаляют из флотатора. Очищенная СВ поступает в соответствующую цистерну 5 откуда удаляется насосом 8. В установке использованы аэраторы, конструкция которых выполнена в соответствии с нашим изобретением [6], что позволяет значительно повысить устойчивость работы установки на переходных режимах и улучшает ее регулируемость.

Установка оборудована соответствующими насосами, трубопроводами, арматурой и контрольно-измерительными приборами; спроектирована по прямоточной технологической схеме напорной флотации. Поскольку исходная СВ подвергается очистке в безнапорном однокасадном фильтре, это должно защитить установку от попадания грубодисперсных загрязнений. В установке использованы струйные аэраторы и двухкамерный напорный флотатор.

В качестве конструкционного материала для флотатора использована сталь X18H10T, другие аппараты и цистерны изготовлены из материала СтЗсп, трубопроводы из нержавеющей стали и стали 10, безнапорные трубопроводы – из полиэтиленовых труб.

Установка имеет следующие характеристики:
производительность номинальная/максимальная – 18/20 м³/ч;
габаритные размеры LxВxН – 9x2,5x4 м;
общее водосодержание – 26,8 м³;
расчетное время флотации – 40 мин;
предполагаемая степень извлечения загрязняющих веществ:
взвешенные вещества и жиры – 70...80 %;
синтетические ПАВ – 40...60 %.

Уже проведены гидравлические испытания установки, в настоящее время проводятся пусконаладочные испытания.

Библиографический список

1. Об охране окружающей среды: Федеральный Закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ.
2. Дарменко А.В., Сень Л.И. Схемы замкнутого водоиспользования на рыбообрабатывающих судах // Наука и прогресс в рыбной промышленности: Науч.-техн. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз, 1979. С. 152-153.
3. Дарменко А.В., Пермяков В.В., Селютин Л.Д., Сень Л.И. Использование сточных вод для технического водоснабжения судоремонтного завода // Вопросы судостроения. Сер. «Промышленная энергетика, охрана окружающей среды, энергоснабжения судов». 1981. Вып. 8. С. 40-44.
4. Пермяков В.В., Дарменко А.В., Остренко С.А., Коростелев Б.Я. Результаты испытаний установки физико-термической очистки сточных вод // Защита водного и воздушного бассейнов от загрязнений при постройке и эксплуатации судов: Науч.-техн. конф. Л.: Судостроение, 1990. С. 67-68.

5. Дарменко А.В. Физико-термическая очистка и экологизация предприятий пищевой промышленности // Наука-техника-технология: 4 Междунар. науч.-практ. конф. Находка: ИтиБ, 2002. С. 55-58.

6. А.с. 1699936 РФ. Устройство для очистки производственных сточных вод / А.В. Дарменко, С.А. Остренко, В.В. Пермяков, Л.Н. Куликова. 1989.

УДК 628.84

СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА: ИСТОРИЯ, ТИПЫ, ПРИНЦИП РАБОТЫ

Л.В. Дуболазова, Дальрыбвтуз, Владивосток

Без кондиционирования воздуха сегодня невозможно создание комфортных условий для труда и отдыха людей, немыслимо обеспечение технологических параметров промышленного производства.

Решающее влияние на индивидуальную работоспособность людей оказывает микроклимат промышленных, общественных и офисных помещений, особенно температурные параметры среды, относительная влажность, газовый состав и скорость движения потока воздуха. Кондиционирование воздуха дает возможность поддерживать параметры воздуха в помещениях в нормативном состоянии.

Показан принцип работы кондиционера на примере простой сплит-системы.

17 июля 2007 г. была отмечена очередная 105 годовщина кондиционеростроения. История кондиционирования воздуха берет свое начало из древних веков. Еще в доисторическое время человек, находясь в пещере, защищал себя от ветра, дождя, снега, солнца и других климатических невзгод.

К примеру, жители древней Индии клали на подоконники своих жилищ травяные циновки, смоченные водой. Испаряясь, вода охлаждала поступающий в помещение воздух. В Персии (древнем Иране) существовал обычай накрывать палатки (шатры) мокрым войлоком.

В древнеиндийском городе Мохенджо-Даро (2-3 тысячелетие до н.э.) строились высокие дома без окон, на плоских крышах которых находились устройства для улавливания ветра в виде шкафов с отверстиями, обращенных в сторону моря. Отверстия снабжались простейшими клапанами, которые открывались либо закрывались в зависимости от силы и направления ветра. Таким образом, воздух поступал в низкий чердак, где находились плоские чаны с водой. Здесь горячий сухой воздух, контактируя с поверхностью воды, охлаждался за счет испарительного эффекта, а затем по каналам в толстых стенах опускался в помещения.

В низких постройках летом в качестве двери использовался каркас, оббитый индийской кокосовой пальмой – «тати» (трава, обладающая капиллярными свойствами). Над дверью устанавливалась посудина, которая медленно заполнялась водой за счет ее подъема по капиллярам «тати». По достижении определенного уровня заполнения посудина опрокидывалась, орошая водой дверь, и возвращалась в исходное вертикальное положение. Цикл многократно повторялся.

Как в Персии, так и в Индии испарение применялось для получения льда. В земле, в неглубоких ямках, заполненных соломой (для изоляции), устанавливали плоские емкости с водой. Ночью за счет испарения и радиационного теплообмена (излучения к звездам) образовывался лед толщиной 1,5 дюйма, даже при температуре 6 °С.

В Японии, в императорской столице Киото зародился и используется прием испарительного охлаждения «*uchimizu*» – орошение водой крыш домов, тротуаров.

Слово «кондиционер» появилось еще в 1815 г., француз Жан Шабаннес получил британский патент на метод «кондиционирования воздуха и регулирования температуры в жилищах и других зданиях».

Одесский оперный театр, построенный в 1887 г., имел систему охлаждения воздуха, в которой использовался аккумулятор холода в виде шахты, углубленной в землю на 11 м, куда летом сбрасывали лед (вперемежку с соломой). Шахта соединялась с вентиляционным каналом, вымощенным базальтовыми камнями. Холодный воздух за счет естественной тяги поднимался в театральные залы, где распределялся под каждое сидение.

Первый кондиционер появился в 1902 г. в США, в Нью-Йорке, в помещении Бруклинской типографии. Летом при повышенных температуре и влажности воздуха, в условиях их постоянного изменения в процессе печатания не удавалось добиться качественной цветопередачи. Инженер компании Буффало Виллис Хэвилэнд Кэрриер разработал аппарат, с помощью которого стабильно обеспечивались охлаждение и осушение воздуха до уровня 55 %. Кэрриер назвал свое устройство «аппарат для третирования воздуха» – форсуночная камера орошения. Кэрриеру удалось за счет изменения температуры воды, разбрызгиваемой в поток воздуха, влиять на насыщение воздуха влагой. Охлаждение и осушение воздуха в одном аппарате позволило контролировать температуру и относительную влажность воздуха в производственных помещениях. Поэтому первый кондиционер предназначался не для создания приятной прохлады работникам, а для борьбы с влажностью.

В 1902-1903 гг. он продолжил исследования в области осушения воздуха, занимался абсорбцией влаги с помощью водных растворов хлористого кальция.

Термин «кондиционирование воздуха» был предложен в 1906 г. инженером Стюардом Крамером, связавшим это понятие с получением кондиционного товара. Аппарат Кэрриера был использован им для создания высокого уровня влажности, необходимого по технологии тек-

стильного производства. Крамер также показал универсальность контактного аппарата, каким является форсуночная камера.

Уже в 1908 г. потребовалась не только термо- и влагообработка воздуха, но и его очистка от пыли и других аэрозольных примесей. Возникло понятие системы кондиционирования воздуха (СКВ): последовательной технологической цепочки аппаратов обработки воздуха.

В 1921 г. был разработан холодильный турбокомпрессор.

В 1929 г. была создана сплит-система как комнатный кондиционер. Так как в качестве хладагента в этой установке использовался аммиак, пары которого опасны для здоровья человека, компрессор и конденсатор были вынесены на улицу. И все же начиная с 1931 г., когда был изобретен безопасный для человеческого организма хладагент – фреон, конструкторы собрали все узлы и агрегаты в одном корпусе и назвали эту конструкцию оконным кондиционером.

Современная трактовка СКВ как системы, предназначенной для создания и автоматического поддержания требуемых параметров воздуха, существует с 1920 г. С этого времени в США, Японии и Германии появились первые автоматизированные установки кондиционирования воздуха на транспорте (морские суда, поезда), круглогодичные СКВ комфортного назначения (кинотеатры, отели, больницы и др.).

Первый автомобильный кондиционер холодопроизводительностью 0,37 кВт был создан фирмой C&C Kelvinator Co в 1930 г. и установлен на автомобиле марки «Кадиллак».

В 1939 г. созданы СКВ для небоскребов. И сегодня компания «Кэрриер» остается одной из ведущих компаний в области кондиционеростроения.

Уже в те годы существовали водоохлаждающие машины – чиллеры, внутренние блоки-фанкойлы напоминающие современный центральный кондиционер. Со временем в первых системах менялись размеры и используемые материалы.

Автономные кондиционеры прошли путь от моноблочных конструкций (подоконных, оконных, внутристенных) до сплит-систем, работающих по раздельной схеме (split – разделять, разобщать).

С 1946 г. стали применяться теплонасосные схемы, появились кондиционеры с абсорбционными холодильными машинами на газовом обогреве, герметичные фреоновые компрессоры.

В 1958 г. компания «Daikin» разрабатывает первый тепловой насос – кондиционеры начинают не только охлаждать, но и нагревать воздух. С 1961 г. компания «Toshiba» начинает массовый выпуск сплит-систем – кондиционеров, разделенных на два блока.

В 1969 г. Daikin создает устройство, в котором один внешний блок обслуживает несколько внутренних, т.е. мультисплит-систему. Внутренние блоки, находящиеся внутри помещения, бывают различных типов: настенные, подпотолочные, напольные и встраиваемые в подвесной потолок – кассетные и каналные.

В 1981 г. компания «Toshiba» выпускает первую сплит-систему, способную плавно регулировать мощность, кондиционер инверторного типа. В 1998 г. инверторы заняли 95 % японского рынка.

Сейчас наиболее популярный в мире тип кондиционера VRV – внутренний и внешний блоки, которые могут быть удалены друг от друга на 100 м, причем 50 из них – по вертикали.

Сегодня кондиционеростроение – одна из самых динамично развивающихся отраслей. Современные системы кондиционирования воздуха (СКВ) должны отвечать следующим требованиям:

- состоять из простого и надежного оборудования;
- обеспечивать при круглогодичной работе значительное (60 %) сокращение энергопотребления;
- не причинять вреда окружающей среде.

Сегодня системы кондиционирования воздуха можно разделить на три основных группы по местоположению: центральные, зональные и местно-центральные – и на две по способу воздухораспределения: перемешивающие и вытесняющие.

Кондиционеры подразделяются на бытовые системы мощностью до 7 кВт для помещений до 80 м², полупромышленные кондиционеры мощностью от 7 до 25 кВт для помещений от 100 м² и выше, промышленные – мощностью более 25 кВт.

К классу моноблочных бытовых кондиционеров относятся все оконные, мобильные, сплит-системы настенного и напольно-потолочного типа и т.д. К классу полупромышленных кондиционеров – сплит-системы, которые состоят из двух и более блоков (настенные, каналные, кассетные и т.д.).

Оконный кондиционер – мощность в интервале 1,5-6 кВт. Мобильный, шумный кондиционер.

Приточные кондиционеры – подача воздуха в одно или несколько помещений одновременно через систему воздуховодов.

Сплит-системы настенного типа – состоят из наружного и внутреннего блоков. Применяются в жилых и офисных помещениях площадью от 15 до 160 м². Мощность их ограничена 2-7 кВт.

Мультисплит – системы настенного типа – от 2 до 4,5 внутренних блоков настенного типа мощностью 2-5 кВт.

Сплит-системы напольно-потолочного типа используются, где нет подшивного потолка, в помещениях с большой площадью остекления. Распределение воздуха равномерное – сразу по четырем направлениям. Мощность от 3 до 13 кВт.

Сплит-системы колонного типа, используют в помещениях большого объема, где нельзя располагать блоки на стенах или на потолке (театры, холлы гостиниц, рестораны и т.д.). Имеют большую ходопроизводительность – от 6 до 18 кВт.

Сплит-системы кассетного типа устанавливаются при наличии подвесного потолка, где встраивается внутренний блок. Мощность 5-12 кВт.

Сплит-системы канального типа устанавливаются при наличии фальш-потолка. Имеют мощность 12-25 кВт, применяются для кондиционирования большого количества помещений или помещений большого объема (разные помещения и помещения с технологическим оборудованием).

Мультизональные сплит-системы устанавливаются в помещениях площадью более 600 м². Состоят из одного или нескольких наружных блоков и нескольких внутренних. Внутренние блоки могут быть любого типа, любой мощности. Обычно это кондиционеры большой мощности, обслуживающие целые здания и комплексы, холодопроизводительностью до 1500 кВт.

Центральный кондиционер – это система очистки, предварительного нагрева или охлаждения наружного воздуха, который распределяется по помещениям с помощью системы воздуховодов и воздухораспределителей разных типов. Установочная мощность может быть от 7 до 175 кВт. Охлаждение воздуха в центральном кондиционере осуществляется чиллером (холодильной машиной). Она охлаждает или подогревает теплоноситель (тосол, вода) и подает его по системе трубопроводов в фанкойлы или другие теплообменники.

Фанкойлы – это теплообменники с вентиляторными. Они забирают тепло или холод от теплоносителя и нагревают или охлаждают помещение. Система *чиллеров-фанкойлов* имеет значительные преимущества при кондиционировании объектов с большим количеством помещений, так как к одному чиллеру можно присоединить большое количество фанкойлов. При этом можно задать не только общий тепловой режим всей системы, но и регулировать режим работы каждого фанкойла с пульта, смонтированного на нем, поддерживая при этом в каждом помещении необходимую температуру.

Руфтоп (крышный моноблок) – охлаждает или нагревает воздух, подает его внутрь здания по системе воздуховодов. Используется для охлаждения больших помещений. Крышные кондиционеры одновременно осуществляют вентиляцию и регулируют состояние воздуха. Устанавливаются на плоских крышах, мощность 8-140 кВт.

Прецизионные кондиционеры – точный контроль параметров воздуха и окружающей среды. Эти кондиционеры являются разновидностью колонных (шкафных) кондиционеров, используются в компьютерных залах, АТС, музеях, картинных галереях, других местах.

Кондиционер, работающий в режиме обогрева помещения, называют *тепловым насосом*. Нагрев воздуха происходит за счет тепла, забираемого у наружного воздуха (т.е. идет перекачка тепла с улицы в помещение).

Современные кондиционеры сплит-системы могут управляться с помощью мобильного телефона и через Интернет.

Компанией «Delonghi» разработано GSM-устройство «Tele Gate». Владелец этой системы уже может по дороге с работы домой задать

нужный режим работы кондиционера, чтоб по приходу домой в квартире устанавливалась нужная температура.

Кроме основных режимов – охлаждения и обогрева – большинство современных кондиционеров имеют также режимы осушения, вентиляции и автоматический режим работы.

В основе работы любого кондиционера лежит свойство жидкостей поглощать тепло при испарении и выделять при конденсации. Рассмотрим схему работы простого кондиционера (рисунок) на примере сплит-системы.

Основные узлы кондиционера:

компрессор – сжимает фреон и поддерживает его движение по холодильному контуру (внешний блок);

конденсатор – теплообменник, где фреон переходит из газообразной фазы в жидкую (конденсация) (внешний блок);

испаритель – теплообменник, где фреон переходит из жидкой фазы в газообразную (испарение) (внутренний блок);

ТРВ (терморегулирующий вентиль) – понижает давление фреона перед испарителем;

вентиляторы – создают необходимый поток воздуха через теплообменники (испаритель и конденсатор).

Компрессор, конденсатор, ТРВ и испаритель соединены медными трубопроводами и образуют холодильный контур. Внутри которого циркулирует смесь фреона и небольшого количества компрессорного масла. Процесс работы кондиционера следующий. На компрессор из испарителя (внутреннего блока) поступает газообразный фреон под низким давлением в 3-5 атм и температурой 10-20 °С. Компрессор сжимает фреон до давления 15-25 атм, в результате фреон нагревается до 70-90 °С, затем поступает в конденсатор.

Благодаря интенсивному обдуву конденсатора фреон в теплообменнике остывает и переходит из газообразной фазы в жидкую (конденсируется) с выделением тепла. Следовательно, воздух, проходящий через конденсатор, нагревается. На выходе конденсатора фреон находится в жидком состоянии, под высоким давлением и имеет температуру на 10-20 °С выше температуры атмосферного воздуха. Из конденсатора теплый фреон поступает в терморегулирующий вентиль (ТРВ), который в простейшем случае представляет собой капилляр (длинную тонкую медную трубку, свитую в спираль). На выходе ТРВ давление и температура фреона существенно понижаются.

После ТРВ жидкий фреон с низким давлением поступает в теплообменник внутреннего блока (испаритель). В испарителе фреон переходит из жидкой фазы в газообразную. Данный процесс происходит с поглощением тепла, соответственно воздух, проходящий через испаритель, охлаждается. Далее газообразный фреон с низким давлением поступает на вход компрессора и весь цикл повторяется.

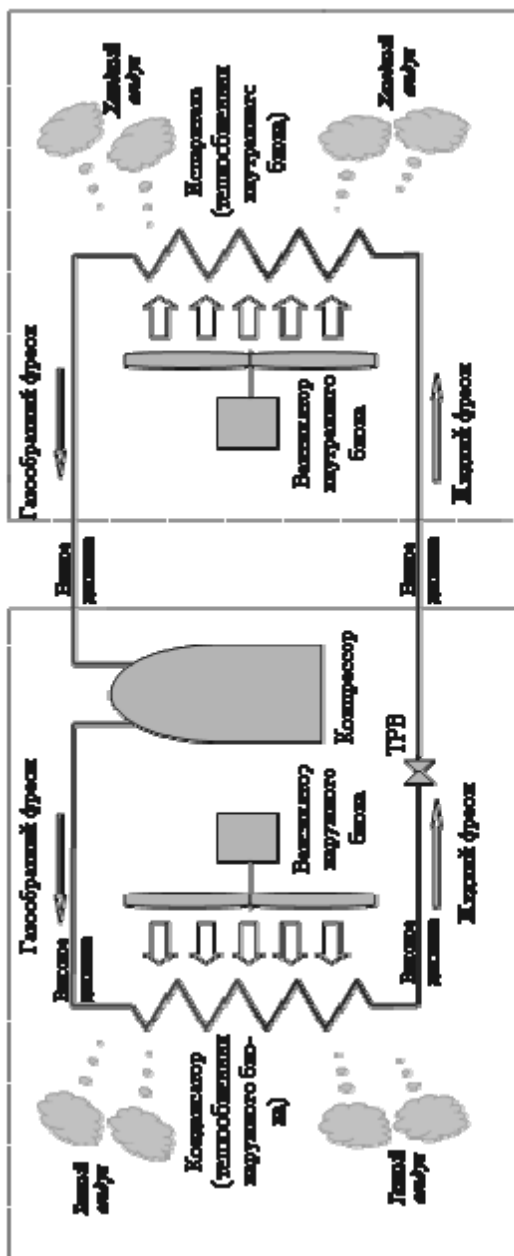


Схема сплит-системы кондиционирования воздуха

Этот процесс лежит в основе работы любого кондиционера и не зависит от его типа, модели и производителя.

Чтобы правильно подобрать кондиционер или СКВ необходимо учесть следующие факторы: архитектуру здания и планировку, климатические характеристики.

Определение мощности кондиционера зависит от основных параметров: площади и высоты помещения; от внутренних теплоступлений: количества людей, постоянно находящихся в помещении, выполняющих работу; количества персональных компьютеров; мощности электрооборудования; освещенности помещения и др. Внешние теплопритоки: конструкция наружных ограждений, площадь остекления, направление по розе ветров строительных конструкций.

Все кондиционеры имеют основные технические характеристики: производительность – охлаждение, кВт; нагрев, кВт; питающее напряжение, В; звуковое давление, дБ, расход воздуха, м³/ч,

Сегодня основными поставщиками на российском рынке являются корейские производители: LG, Samsung, японские: Chofu, Daikin, Fujitsu General, Hitachi, Mitsubishi Heavy, Mitsubishi Electric, Panasonic, Sanyo, Sharp, Toshiba.

Отечественный кондиционер EVGO производится в г. Электросталь с 1996 г., там же выпускают оконные кондиционеры и сплит-системы настенного типа. Домодедовский машиностроительный завод «Кондиционер» (ОАО «ДоКон») выпускает климатическое оборудование для систем центрального кондиционирования воздуха.

Главные направления развития техники кондиционирования – последующее совершенствование систем управления, расширение функциональных возможностей кондиционера, применение эффективных озонобезопасных хладагентов и достижение высоких показателей экономичности и производительности.

Библиографический список

1. *Кокорин О.Я.* Современные системы кондиционирования воздуха. М.: Физматлит, 2003. 350 с.
2. *Ананьев В.А., Балуева Л.Н., Гальперин А.Д. и др.* Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. М.: Евроклимат, 2001. 416 с.
3. СНиП 2.04.05-91*. Отопление, вентиляция, кондиционирование. М.: ГУП ЦПП, 2000.
4. <http://klimat.ru>.
5. Каталог компании LG [Электронный ресурс] // www.lg-aircon.ru. 2007. 99 с.

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК, РАБОТАЮЩИХ НА ХЛАДОНЕ R22

**Л.В. Дуболазова; Н.В. Островская; В.Д. Чайка,
Дальрыбвтуз, Владивосток**

Проведен анализ и показана возможность замены традиционных теплоизолирующих трубопроводов в холодильных установках, работающих на хладагенте R22, на трубопроводы, изготовленные из полимерных материалов по современным технологиям.

Трубопроводы холодильных установок находятся в более тяжелых условиях эксплуатации по сравнению с остальными элементами, так как они подвергаются вибрационным и пульсационным нагрузкам.

Обычно при проектировании трубопроводов устанавливают категорию линий, по которым предполагается перемещение того или иного вещества, и учитываются его рабочие параметры: температура, давление, концентрация. Начиная с 1974 г. проектирование и строительство холодильных установок любого назначения проводятся с использованием хладонов, главным образом хладона-22 (R22).

Хладагент R22 (дифторхлорметан CHF_2Cl) отличается высокой объемной холодопроизводительностью, негорючестью, взрывобезопасностью, текучестью, при отсутствии влаги нейтрален к металлам. Хладон-22 широко используется в крупных и средних производственных холодильных установках. По своим термодинамическим свойствам дифторхлорметан близок к аммиаку.

Трубопроводы для транспортировки хладона обычно выполняют из углеродистых и легированных сталей. Особое внимание при проектировании уделяется выбору материалов для трубопроводов, работающих при низких температурах (ниже $-30\text{ }^\circ\text{C}$), так как в этих условиях значительно понижается значение ударной вязкости для стали (от 4 до 12 раз), увеличивается хладоломкость чугуна и повышается хрупкость сварных швов [1].

В условиях атмосферного давления нормальная температура кипения R22 равна $-40,8\text{ }^\circ\text{C}$. В холодильных установках одноступенчатого и двухступенчатого сжатия используются температуры кипения до $-40 \div -70\text{ }^\circ\text{C}$ и температура конденсации до $+55\text{ }^\circ\text{C}$. Такие температуры должны учитываться при выборе трубопроводов.

Нами исследована возможность замены традиционных металлических трубопроводов в холодильных установках на трубопроводы, изготовленные из полимерных материалов. Это, главным образом, замена трубопроводов, находящихся вне изолированных холодильных камер.

До настоящего времени выпускались трубопроводы из полипропилена, которые хорошо себя зарекомендовали для линий горячего водоснабжения.

Полипропилен (хостален, данлай, молпен, новолен, олеформ, поли-про, пропатен, профакс и др.) $[-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-]_n$, термопластичный полимер; плотность 0,905-0,920 г/см³; температура плавления полипропилена 160 ÷ 176 °С; предел прочности при растяжении 24-40 МПа, относительное удлинение 200-800 %. Устойчив в воде и агрессивных неорганических средах (кроме сильных окислителей). Для полипропилена характерны высокая стойкость к многократным изгибам и к истиранию, сравнительно высокая ударная вязкость $[(7-14) \cdot 10^3 \text{ Дж/м}^2 \text{ по Изоду с надрезом}]$. Максимальная температура эксплуатации 120-140 °С. Широко применяется для изготовления волокон, пленок, труб, деталей машин, бытовых изделий, емкостей и др. [3].

Трубы из полипропилена выдерживают более высокие температуры, чем из полиэтилена высокой и низкой плотности, и поэтому применяются для подачи горячей воды, а также на водопроводах, работающих под давлением 10 МПа. По морозостойкости они значительно уступают полиэтиленовым трубам.

Полипропилен модифицированный (попролин ПОП). Получают введением в полипропилен сшивающего агента (щелочной сульфатный лигнин), пластификатора (диоктилсебацат, дибутилсебацат, дибутилфталат) и др. По сравнению с немодифицированным полипропиленом увеличены морозо- и теплостойкость, устойчивость к деструкции. Полипропилен, модифицированный добавками специального назначения, получают введением в готовый полипропилен функциональных групп и веществ, воздействующих на надмолекулярную структуру материала, а также созданием композиций с различными полимерными низкомолекулярными соединениями. Модифицирующие добавки: кремнийорганические соединения (силиконовые жидкости, полиэтилсилоксановые смазки и т.п.), оксиды металлов (Ti, Al и др.) [4].

В последнее время появились трубы из полипропилена, используемые как для холодного, так и для горячего водоснабжения, рассчитанные на давление 20 атм при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, давление 10 атм при $t = 65 \text{ }^\circ\text{C}$ (давление на разрыв – 103 атмосферы). Также появились на отечественном рынке армированные трубы из полипропилена для горячего водоснабжения и отопления. Трубы рассчитаны на давление 25 атм при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, на давление 10 атм при $t = 90 \text{ }^\circ\text{C}$. Изготавливаются путем покрытия пластиковых труб алюминиевой фольгой толщиной 0,15 мм, затем наносится еще один слой полипропилена. Алюминиевая фольга снижает способность труб к расширению до уровня, сопоставимого с расширением металлических труб.

В системах холодного и горячего водоснабжения в качестве соединительных и переходных элементов системы трубопроводов применяются фитинги из полипропилена обладающие всеми качествами данного материала, они просты и удобны при монтаже и транспортировке. Поли-

пропиленовые трубы и фитинги уже используются в газовой, нефтяной, химической и энергетической отраслях промышленности.

Основными достоинствами полипропиленовых трубопроводов являются длительный срок службы трубопроводов (не менее 50 лет), полное отсутствие коррозии и зарастания сечения в процессе эксплуатации, полная герметичность сварных соединений, меньший (по сравнению с металлическими трубами) уровень шума потока жидкости, трубы не требуют покраски, материал труб экологически абсолютно безвреден. Большой выбор комбинированных деталей, запорной арматуры и крепления позволяют смонтировать любую монтажную схему, имеет возможность скрытой прокладки, заливки в бетон соединительных деталей. К достоинствам относятся простота и уменьшение срока монтажа трубопроводов в 5-7 раз по сравнению с металлическими трубами. Полиэтиленовые трубы в 2-4 раза легче стальных, они не боятся контактов с водой и агрессивными средами, стыковая сварка полиэтиленовых труб значительно дешевле, проще и занимает меньше времени. Полипропиленовые трубы прочнее стальных труб, не подвержены химической и электрокоррозии, не передают вибрацию и звуки, не разрываются при замерзании воды, не проводят блуждающие токи, устойчивы к воздействию кислот и щелочей, а также большинства агрессивных и токсичных жидкостей и газов.

Для изолирования холодильных трубопроводов применяют эффективные теплоизоляционные материалы, стойкие к различным видам увлажнения, с объемной массой от 20 до 250 кг/м³, с коэффициентом теплопроводности от 0,028 до 0,075 Вт/(м·К). Применение этих материалов дает возможность создавать изоляционные конструкции небольшой толщины изоляционного слоя даже в том случае, если в трубопроводах циркулирует хладагент с довольно низкой температурой. В случае применения материалов с малой объемной массой (20-30 кг/м³) нагрузки изоляции холодильных трубопроводов, как правило, специально не рассчитывают. Применяемые подвески и опоры для трубопроводов свободно воспринимают и дополнительную нагрузку от изоляции.

Материалы, применяемые в качестве теплоизоляции:

- плиты из пенопласта полистирольного самозатухающего ПСБ-С (ГОСТ 15588-70). Его плотность 25-40 кг/м³, допустимая прочность 0,5-1,5 кг/см², расчетный коэффициент теплопроводности 0,046 Вт/(м·К);
- пенополиуретан эластичный предназначен для изоляции трубопроводов и аппаратов. Его плотность 30-40 кг/м³, расчетный коэффициент теплопроводности 0,045 Вт/(м·К).

Холодильные трубопроводы и их арматура (вентили, фланцы) изолируют скорлупами (полуцилиндрами) и сегментами, которые формируют в специальных матрицах или изготавливают из плит. На рис. 1 показана изоляция трубопроводов скорлупами и сегментами. На рис.2 показана изоляционная конструкция с применением только скорлуп из ПСБ-С. Для изготовления изоляционных элементов используются эффективные жесткие теплоизоляционные материалы.

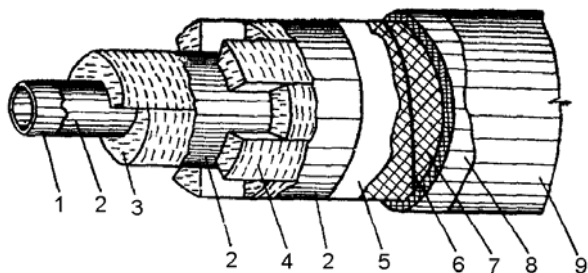


Рис. 1. Изоляция трубопроводов скорлупами и сегментами:
 1 – трубопровод; 2 – битум; 3 – изоляционные скорлупы;
 4 – изоляционные сегменты; 5 – гидроизол; 6 – проволока;
 7 – сетка металлическая; 8 – штукатурка; 9 – окраска за 2 раза

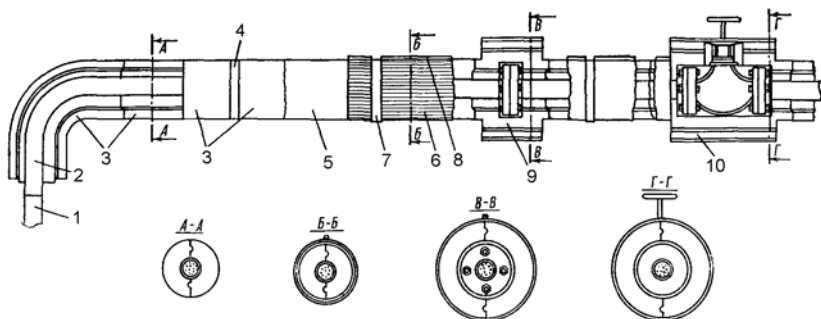


Рис. 2. Изоляция трубопровода скорлупами из ПСВ-С: 1 – холодильный трубопровод; 2 – труба, покрытая мастикой ЭГИК; 3 – изоляционные элементы трубы – скорлупа из ПСВ-С; 4 – крепежная лента ПЭ или ПВХ (липкая); 5 – покрытие изоляции (мастика ЭГИК); 6 – покрытие изоляции (фольгоизол); 7 – покрытие стыка – полоса фольгоизола; 8 – замок покрытия; 9 – фланцевая скорлупа; 10 – изоляционный элемент вентиля (скорлупа)

Холодильные трубопроводы можно изолировать и несвязанными сыпучими материалами волокнистого и зернистого строения (гранулами пенополистирола, пробковой крошкой и др.). Конструкция засыпной изоляции трубопровода приведена на рис. 3. В этом случае делают специальный каркас с надежной гидроизоляционной оболочкой.

Начиная с 1983 г. получил промышленное применение новый отечественный изоляционный материал, являющийся разновидностью пенополиуретана, – рипор. Коэффициент теплопроводности его 0,029 Вт/(м·К), водопоглощение не более 2 %, предел прочности при сжатии не менее 0,2 МПа, эффективен в диапазоне температур от +160 °С до достижимых низких температур. Рипором изолируют также трубопроводы и холодильные теплообменные аппараты. Экспериментальные исследова-

ния свидетельствуют о токсикологической безопасности рипора, что дает основание рекомендовать его к широкому внедрению в холодильное хозяйство [5].

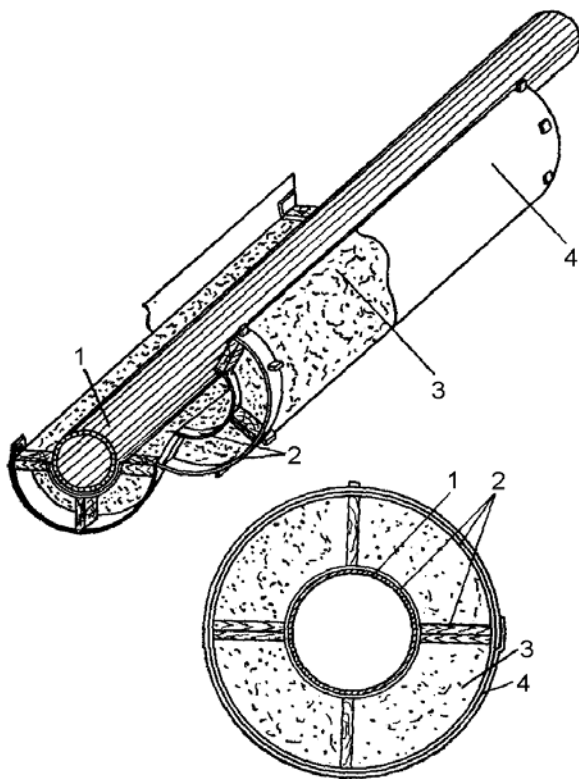


Рис. 3. Засыпная изоляция трубопровода: 1 – трубопровод; 2 – каркас изоляции; 3 – минеральная вата; 4 – гидроизоляция

Трубопроводы для холодильных установок, работающие на R22, с давлением до 16 кгс/см^2 независимо от температуры относятся ко II категории. В холодильных установках используют R22 в диапазоне рабочих температур $-70 \div +30 \text{ }^\circ\text{C}$.

Скорости движения жидкости и газов в трубопроводах для фреона находятся в пределах от 0,1 до 18 м/с.

При проектировании трасс холодильных трубопроводов большой протяженности, не имеющих поворотов, которые компенсируют температурные деформации, следует предусматривать устройства специальных компенсаторов.

Тепловое удлинение Δx , мм, рассчитываемого участка трубопровода определяют по формуле

$$\Delta x = L \cdot \alpha \cdot \Delta t / 100,$$

где L – длина рассчитываемого участка, м, α – коэффициент линейного расширения, составляющий для углеродистой стали от 1,1 до 1,3 мм/м x 100 °С, для легированной 1,6 до 1,8 мм/м x 100 °С; Δt – расчетная разность температур (начальная температура принимается равной 30 °С.

Возникающее усилие, кгс/см²

$$\sigma = E \frac{\Delta x}{L},$$

где E – модуль упругости, кгс/см² ($E = 2,0 \cdot 10^6$ кгс/см²); Δx , м.

Установка компенсатора необходима в том случае, если величина напряжения превышает 400-500 кгс/см².

Изоляционная конструкция должна быть надежно защищена от увлажнения, механических повреждений и проникновении грызунов, что достигается зашивкой материала листами из оцинкованного железа.

Для изолирования холодильных трубопроводов применяют эффективные теплоизоляционные материалы, стойкие к различным видам увлажнения, с объемной массой от 20 до 250 кг/м³, с коэффициентом теплопроводности от 0,028 до 0,075 Вт/(м·К). Применение этих материалов дает возможность создавать изоляционные конструкции небольшой толщины изоляционного слоя даже в том случае, если в трубопроводах циркулирует хладагент с довольно низкой температурой. В случае применения материалов с малой объемной массой (20-30 кг/м³) нагрузки изоляции холодильных трубопроводов, как правило, специально не рассчитывают. Применяемые подвески и опоры для трубопроводов свободно воспринимают и дополнительную нагрузку от изоляции.

Пароизоляционное покрытие расположено между ограждающей конструкцией и теплоизоляцией; ремонт без разрушения дорогостоящей теплоизоляционной конструкции невозможен.

Конструктивные особенности и условия эксплуатации ограждений холодильника вызывают необходимость применения высококачественных и долговечных материалов, обладающих высокими гнилостойкими, водостойкими, морозостойкими и эластичными свойствами.

При расчете изоляции холодильных трубопроводов необходимо установить толщину изоляционного слоя, обеспечивающего предотвращение конденсации влаги из окружающего воздуха на ее поверхности, и определить теплоприток к холодильному агенту через изоляцию охлаждаемого трубопровода.

Паро- и гидроизоляционные материалы, применяемые в наружных ограждениях холодильников, предназначены для защиты теплоизоля-

ционного слоя от увлажнения водяными парами наружного воздуха, проникающими в конструкцию вследствие наличия разности их парциальных давлений снаружи и внутри охлаждаемого помещения. На рис. 1 показана схема конструкции изоляции трубопроводов скорлупами и сегментами с паро- и гидроизоляционными элементами для предотвращения конденсации водяных паров и накопление влаги в теплоизоляционном слое.

При изолировании холодильных трубопроводов необходимо полностью исключить или свести до минимума возможность проникновения в изоляцию влаги как в виде паров из окружающего теплого воздуха, так и в виде капельной влаги от поверхностного конденсата или атмосферных осадков.

Библиографический список

1. Проектирование холодильных сооружений. Справ. / Под. ред. А.В. Быкова. М.: Пищ. пром-сть, 1978. 256 с.
2. *Свердлов Г.З., Явнель Б.К.* Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и установок кондиционирования воздуха. М.: Пищ. пром-сть, 1972. 384 с.
3. Химический энциклопедический словарь / Под ред. И.Л. Кнунянц. М.: Сов. Энциклопедия, 1983. 792 с.
4. *Шефтель В.О.* Полимерные материалы. Токсические свойства. Справ. Л.: Химия, 1982. 232 с.
5. *Ионов А.Г.* Судовые рефрижераторные установки. М.: Колос, 1993. 352 с.

УДК 629.113/.115 + 621.313

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОГРАНИЧИТЕЛЯ ТОКА НА АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ

Ю.М. Зайцев; В.Д. Рогачев; А.К. Митин, Дальрыбвтуз, Владивосток

Предложен один из вариантов решения проблем поддержания постоянного напряжения генератора, защиты генератора от обратных токов батареи в системе автоматического регулирования.

Генераторная установка автомобиля представляет собой систему автоматического регулирования, которая поддерживает постоянным напряжение генератора, защищает генератор от обратных токов батареи и производит ограничение тока, так как мощность генератора в автомобиле меньше суммарной мощности приемников. Это сделано для того, чтобы уменьшить габаритные размеры генератора и, соответственно, потери мощности двигателя внутреннего сгорания на его привод.

Генераторная установка может содержать три регулирующих устройства: регулятор напряжения, поддерживающий напряжение генератора постоянным, исходя из условий заряда аккумуляторной батареи, реле обратного тока, обеспечивающее защиту генератора от обратных токов аккумуляторной батареи, когда напряжение батареи больше напряжения генератора, и ограничитель тока, срабатывающий в случае когда суммарная мощность приемников электрической энергии больше мощности генератора. При включении большинства потребителей мощности генератора не хватает, поэтому часть нагрузки берет на себя аккумуляторная батарея, в этом случае она разряжается, поэтому генератор должен обеспечивать положительный баланс электрической энергии за определенный период работы автомобиля, т.е. вырабатывать за этот период энергии больше, чем требуется для питания приемников электрической энергии и заряда аккумуляторной батареи. Любой автомобильный генератор работает совместно с реле-регулятором.

В современной автомобильной технике в настоящее время в основном применяются генераторные установки переменного тока. Такие установки не требуют применения реле обратного тока, так как обмотка статора разделена с аккумуляторной батареей выпрямительными диодами, и имеют самоограничение тока за счет индуктивного сопротивления обмотки статора.

Другой характерной чертой развития электрооборудования является все более широкое внедрение электронных устройств и приборов, что требует повышения качества электрической энергии бортовой сети [1]. Стабильность параметров электрической энергии бортовой сети автомобиля в основном зависит от работы ограничителя напряжения и ограничителя тока.

Ограничители тока представляют собой систему автоматического регулирования по отклонению, состоящую из (рис. 1): ЗУ – задающего устройства, ЭС – элемента сравнения, УУ – усилительного устройства, ИУ – исполнительного устройства, ОР – объекта регулирования, ОС – цепи обратной связи.

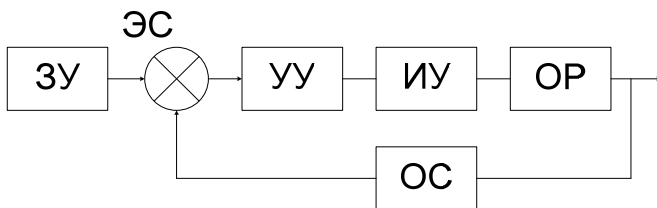


Рис. 1. Функциональная схема системы автоматического регулирования ограничителя тока

Имеются генераторные установки переменного тока, содержащие в своем составе контактный ограничитель тока, в котором функции за-

дающего устройства, элемента сравнения, исполнительного устройства и измерителя тока выполняет электромагнитное реле. Функции исполнительного устройства выполняют контакты, элемента сравнения – якорь, чувствительного элемента – обмотка, а задающего элемента – пружина реле. Электромеханические ограничители имеют сравнительно невысокую стоимость, хорошую ремонтнопригодность и не критичны к перегрузкам, однако в целом значительно менее надежны, чем электронные из-за наличия подвижных и изнашиваемых элементов [2]. Их характеристики недостаточно стабильны, вследствие чего они нуждаются в периодической проверке, регулировке и настройке при эксплуатации. В связи с этим целесообразнее использовать электронные регуляторы и ограничители, в которых электромагнитные реле заменены полупроводниковыми приборами. Электронные элементы обладают меньшей инерционностью при срабатывании ограничителя тока, это вызывает уменьшение пульсаций напряжения бортовой сети, что в конечном итоге положительно сказывается на работе электронных устройств автомобиля.

Таким образом, промышленностью в настоящее время выпускаются регуляторы, такие, как 131.3701 для автомобилей «ГАЗ», 121.3701 в малогабаритном корпусе, регулятор 201.3702, заменяющий устаревшие РР350, РР350А, 2012.3702, заменяющий РР350Б, 22.3702, пришедший на замену РР362, и 221.3702, заменяющий РР362А. Практически все вышеуказанные регуляторы нового образца имеют похожее схемное исполнение.

Генераторные установки для автомобилей общего назначения содержат в своем составе генератор переменного тока, имеющий самоограничение по току, и рассчитываются исходя из условия обеспечения положительного баланса электрической энергии в течение суток. Однако при работе в тяжелых условиях продолжительное время генератор будет работать в предельном режиме, что приведет к недозаряду аккумуляторной батареи и выходу генератора из строя. При установке большого числа потребителей электрической энергии в автомобилях общего назначения, а также для автомобилей специального назначения требуются генераторы большой мощности, которым необходим ограничитель тока. Так, на автомобиль МАЗ-543 устанавливается генератор Г261, работающий совместно с контактно транзисторным реле-регулятором РРР31-М, специальные колесные шасси, имеющие в своем составе генератор Г-290, которые оснащаются транзисторным регулятором напряжения с контактным ограничителем тока, МТЛБ, в состав электрооборудования которого входит реле-регулятор РР-390 с контактным ограничителем тока.

Одним из вариантов решения данной проблемы является использование предлагаемой генераторной установки, состоящей из генератора переменного тока 1, подключенного через выпрямитель к аккумуляторной батарее GB1, регулятора напряжения 2, через ключевой транзистор VT5 которого питается обмотка возбуждения L2 генератора. База ключевого транзистора VT5 через два усилительных каскада на транзисторах VT3 и VT4 соединена с выходом измерительного устройства 3, включающего в себя делитель напряжения 4, состоящий из

верхнего плеча, образованного дросселем L1 и резистором R1, и нижнего плеча, образованного резистором R2; стабилитроны VD1, VD2 и резистор R4. Делитель напряжения является входом измерительного устройства и включен между плюсовым выводом генератора и отрицательной шиной регулятора напряжения, которая через выключатель SA1 соединяется с корпусом автомобиля [2]. Стабилитроны VD1, VD2 и резистор R4 образуют последовательную цепь, включенную параллельно нижнему плечу делителя напряжения 4. Средняя точка соединения стабилитронов VD1 и VD2 и резистора R4 является выходом измерительного устройства 3. Потенциометр R5 подключен параллельно к одному из диодов положительной шины генератора 1, средний вывод потенциометра соединен с базой первого дополнительного транзистора VT2, эмиттер которого подключен к аноду диода, соединенного параллельно с потенциометром R5, а коллектор – с базой транзистора VT1 и одним выводом резистора R6, второй вывод которого соединен с минусовой шиной регулятора напряжения 2. Транзистор VT1 совместно с включенным в его коллекторную цепь резистором R3, подключены параллельно верхнему плечу делителя напряжения 4.

Генераторная установка автомобиля работает следующим образом. При включенном выключателе SA1 на регулятор напряжения подается напряжение аккумуляторной батареи. В этом случае напряжение, снимаемое с нижнего плеча делителя напряжения и подаваемое на стабилитроны VD1, VD2 и резистор R4, будет ниже напряжения пробоя стабилитронов, поэтому напряжение на резисторе R4 и на базе транзистора VT3 будет отсутствовать. В результате чего транзистор VT3 будет закрыт, а транзисторы VT4 и VT5 будут открыты. Через ключевой транзистор VT5 и выключатель SA1 от батареи будет протекать ток обмотки возбуждения генератора, и вокруг обмотки возбуждения создается магнитное поле. При вращении ротора генератора последний начинает вырабатывать напряжение, которое подается на делитель напряжения измерительного устройства. И когда напряжение генератора достигнет требуемого уровня, то напряжение на нижнем плече делителя напряжения достигнет напряжения пробоя стабилитронов VD1 и VD2. В результате чего начинает протекать ток через резистор R4, и на базе транзистора VT3 появляется напряжение. Транзистор VT3 открывается, соединяет базу транзистора VT5 с корпусом, и транзисторы VT4 и VT5 закрываются. Ток в обмотке возбуждения прекращается, и напряжение генератора начинает уменьшаться, что приводит к уменьшению напряжения на делителе напряжения, поэтому стабилитроны VD1 и VD2 закрываются и схема регулятора напряжения возвращается в исходное состояние, когда транзистор VT3 закрыт, а транзисторы VT4 и VT5 открыты, что приводит вновь к увеличению напряжения генератора, и в дальнейшем описанный процесс повторяется, поддерживая напряжение генератора на заданном уровне.

При увеличении тока генератора увеличивается ток и падает напряжение на диодах его выпрямительного блока и соответственно ве-

личина напряжения на потенциометре R5. Движком потенциометра задается порог открытия транзистора VT2. Когда транзистор VT2 открывается, это приводит к открытию транзистора VT1, который совместно с резистором R3 шунтирует верхнее плечо делителя напряжения, что приводит к увеличению напряжения на нижнем плече делителя напряжения и пробоем стабилитронов VD1 и VD2, открытию транзистора VT3 и закрытию транзисторов VT4 и VT5.

В результате ток обмотки возбуждения прекращается, напряжение генератора и его ток уменьшаются, что снова возвращает схему регулятора напряжения в исходное состояние, и в дальнейшем процессе повторяется, поддерживая ток генератора на заданном уровне. Регулируя движком величину сопротивления потенциометра R5, можно изменить величину ограничения тока генератора. В момент ограничения тока напряжение генератора снижается ниже порога срабатывания регулятора напряжения.

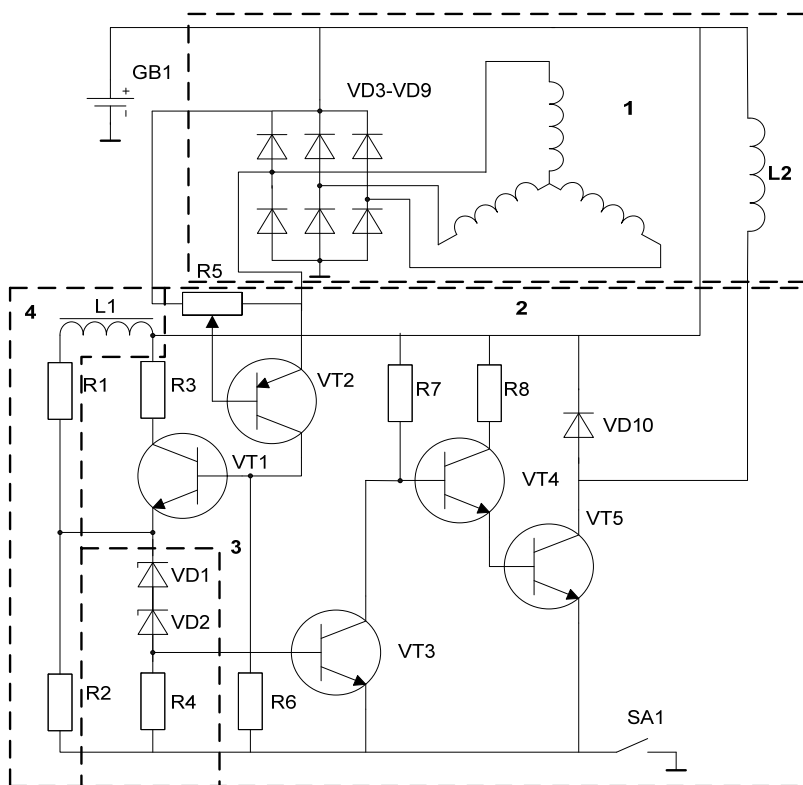


Рис. 2. Схема генераторной установки

Таким образом, в данной генераторной установке ограничение тока происходит за счет электронных средств. Это позволяет повысить быстродействие схемы и снизить пульсацию напряжения в бортовой сети при ограничении тока, которое также повышает качество энергии бортовой сети автомобиля и исключает в реле-регуляторе электромагнитное реле, составляющее основу ограничителя тока, что упрощает конструкцию реле-регулятора.

Библиографический список

1. Данов Б.А., Рогачев В.Д., Шевченко Н.П. Электрооборудование военной автомобильной техники. Рязань: Военный автомобильный институт, 2005. 598 с.

2. Данов Б.А. Электрооборудование военной автомобильной техники. М.: Воениздат, 1988. 331 с.

УДК 621.436

МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ САЖЕОБРАЗОВАНИЯ В ДИЗЕЛЕ

Ю.М. Зайцев; В.В. Семьинин, Дальрыбвтуз, Владивосток

Представлены эффективные методы снижения сажеобразования в дизеле с помощью как отдельных универсальных фильтров, так и комбинированных очистителей.

Работы в области фильтрации сажи проводились с фильтрами различного рода, которые можно разбить на следующие группы: инерционные, адсорбционные, механические, скрубберы, электрофильтры, комбинированные очистители.

К инерционным фильтрам относятся ударные барабанные и отражательные фильтры, действие которых основано на резком гашении скорости сажевых частиц, летящих в потоке газов, за счет механических препятствий и последующем удалении заторможенных частиц в специальный бункер. Такие фильтры могут задерживать только крупные частицы (значительно больше 1 мкм) и обеспечивать низкую степень очистки газов от сажи.

Более современными инерционными фильтрами являются циклоны и мультициклоны, но поскольку устранение сажи дизельного выхлопа представляет собой проблему удаления из больших объемов газа незначительного количества (до 1 г/м³) мельчайших частиц размером 0,1-1,0 мкм, циклоны оказываются малоэффективными, так как их эффективность резко падает при отделении частиц размером менее 5 мкм.

В качестве заполнителей в адсорбционных фильтрах обычно применяются высокопористые материалы с развитой рабочей поверхностью: активированный уголь, пемза, силикагель.

Пропускание отработавших газов (ОГ) двигателей внутреннего сгорания через водные растворы различных веществ частично уменьшает содержание сажи в выхлопе, а также обеспечивает химическое связывание некоторых газообразных составляющих выхлопа (альдегидов). Поглощение окислов азота большинством химреагентов незначительно и может составлять от 10 до 30 % от исходной концентрации. Очистка газов от сажи осуществляется на 10-80 %. Общий эффект снижения токсичности отработавших газов при жидкостной нейтрализации (ЖН) – не более 20-25 %. ЖН эффективно глушит шум выпуска ОГ и снижают их запах (Суменков Н.А. Метод снижения дымности отработавших газов дизелей военной автомобильной техники. Рязань: РВАИ, 2004. 205 с.).

Оценка скрубберов как сажеуловителей различна. Одни считают их наиболее перспективными, другие – малоэффективными. Скрубберы не улавливают вододисперсную сажу, которая проходит через слой раствора внутри газовых пузырьков, в то время как именно вододисперсная сажа является наиболее вредной, так как она обладает большой удельной поверхностью (200-300 мг) и вследствие этого лучше адсорбирует различные вредные составляющие, в том числе и канцерогенные вещества. Кроме того, в эксплуатации ЖН увеличивают массу и габариты техники, их применение ограничено в условиях отрицательных температур окружающего воздуха.

Электрическая очистка газов основана на способности взвешенных в газе частиц приобретать заряд под действием электрического поля и затем притягиваться к электродам. В газе всегда имеется небольшое количество ионов и свободных электронов, которые под действием электрического поля устремляются к соответствующим электродам. В процессе прохождения через электрофильтр отрицательные ионы сажегазовой смеси заряжают встречающиеся на их пути частицы сажи, которые начинают двигаться к осадительным электродам и осаждаются на них. Скорость движения сажевых частиц к электродам зависит от величины разности потенциалов, которая лимитируется опасностью искрового пробоя. При этом напряжение падает и ухудшается коронирование. К преимуществам электрофильтров следует отнести малый расход электроэнергии и достигающую временами 100 % очистку выхлопа от сажи. Их недостатками являются большие габариты, необходимость предварительного охлаждения газов, частая ручная очистка, высокая стоимость изготовления.

Механические фильтры наиболее полно задерживают твердые и жидкие ОГ на слое фильтрующего материала, проницаемого для газа. Несмотря на принципиальное конструктивное сходство механические фильтры различаются материалом фильтрующих элементов. Наиболее часто в них используются такие материалы, как металлокерамика, минеральная шерсть, гофрированная бумага со специальной пропиткой, активированные минералы – известняк, гипс, пористые минеральные смеси.

Различают три способа отделения частиц при фильтровании аэрозолей: столкновение, улавливание (непосредственный захват) и диффузию.

Механические фильтры, несмотря на свою конструктивную простоту, требуют очистки и частой замены фильтрующих элементов. Кроме того, к материалу фильтра предъявляются такие требования, как температуростойкость, малое сопротивление газовому потоку, механическая прочность, относительно высокая плотность, невысокая стоимость.

В настоящее время в качестве фильтрующих материалов все более широкое применение находят керамические пористые силикатные изделия. Керамические фильтры имеют следующие преимущества: низкая стоимость, простота изготовления, химическая стойкость, длительный срок службы.

Однако для обеспечения практически необходимой длительности работы фильтра требуется периодически выжигать скапливающуюся в нем сажу. Разработаны два типа сажевых фильтров: с керамическим монолитным элементом и трубчатого типа. Монолитный фильтр имеет фильтрующую поверхность большей площади по сравнению с фильтром трубчатого типа, однако создает повышенное сопротивление на выпуске. Кроме того, имеется опасность быстрого выхода из строя монолитного фильтра из-за засорения твердыми частицами, а также опасность возникновения локальных прогаров из-за несвоевременной очистки фильтра.

Применение сажевых фильтров с системой автоматической регенерации дает возможность практически полностью исключить дымление дизелей и выбросы твердых частиц в атмосферу.

В качестве примеров комбинированных очистителей, в той или иной мере реагирующих на сажу дизельного выхлопа, можно назвать механические фильтры с каталитическими нейтрализаторами, скрубберы с адсорбционными фильтрами и каталитические фильтры.

УДК 629.113/115

НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

Ю.М. Зайцев; В.В. Семенин, Дальрыбвтуз, Владивосток

Представлен вариант технического решения в максимальном приближении к унификации устройств электро- и автомобиля согласно новой концепции.

Электромобиль – транспортное средство, ведущие колеса которого приводятся от электромотора, питаемого электробатареей.

Вопреки бытующему мнению о высокой экономичности аккумуляторных электромобилей, анализ показывает, что химическая энергия топлива, сжигаемого на электростанциях, используется для движения

транспортного средства всего на 15 % и менее. Это происходит из-за потерь энергии в линиях электропередачи, трансформаторах, преобразователях, зарядных устройствах для аккумуляторов и самих аккумуляторах, электромашинах как в тяговом, так и в генераторном режимах, а также в тормозах при невозможности рекуперации энергии. Для сравнения, дизельный двигатель на оптимальном режиме преобразует в механическую энергию примерно 40 % химической энергии топлива. При большом распространении аккумуляторных электромобилей, а особенно с учетом сказанного, им просто не будет хватать электроэнергии, вырабатываемой электростанциями мира. Не следует забывать, что суммарная установочная мощность двигателей всех автомобилей намного превышает мощность всех электростанций мира.

Топливные элементы

Проблема решается при питании электромобилей от так называемых первичных источников электроэнергии, вырабатывающих энергию непосредственно из топлива. В первую очередь, такими источниками являются топливные элементы (ТЭ), потребляющие кислород и водород. Кислород можно забирать из воздуха, а водород, в принципе, можно запастись в сжатом или сжиженном виде, а также в так называемых гидридах. Но реальнее его получать из обычного автомобильного топлива прямо на электромобиле с помощью конвертора. Эффективность топливных элементов несколько снижается, но зато не меняется вся инфраструктура топливозаправочного хозяйства. КПД топливных элементов при этом все равно очень высок – порядка 50 %.

Однако электромобиль с питанием от топливных элементов не лишен общего недостатка – высокой массы тяговых электродвигателей транспортных средств.

При огромной удельной энергии топливных элементов (порядка 400...600 Вт·ч/кг) удельная мощность при экономичном разряде не превышает 60 Вт/кг. Это делает массу топливных элементов для реальных мощностей, необходимых автомобилям, очень большой.

Делаются попытки снижения массы топливных элементов с использованием в качестве промежуточных источников энергии конденсаторных накопителей энергии, обладающих высокой удельной мощностью. Однако и этот путь недостаточно эффективен. Гораздо эффективнее использование в качестве промежуточного накопителя энергии супермаховика, соединенного с обратимой электромашиной.

Известные схемы

Супермаховик – маховик, изготовленный навивкой из волокон или лент на упругий центр. Удельная энергия супермаховика на порядок больше значений данного параметра для лучших монолитных маховиков, к тому же он обладает свойством безопасного разрыва, не дающего осколков.

Удельная энергия супермаховиков из кевлара и графита, достигающая сотен ватт в час на килограмм, снижает его необходимую массу до нескольких килограммов (при удельной энергии 200 Вт·ч/кг, для накопления 2 кВт·ч потребуется супермаховик массой всего 10 кг).

Несомненным преимуществом данного технического решения является наличие только одной электромашины, что снижает массу и приближает его к автомобильным схемам (рис. 1).

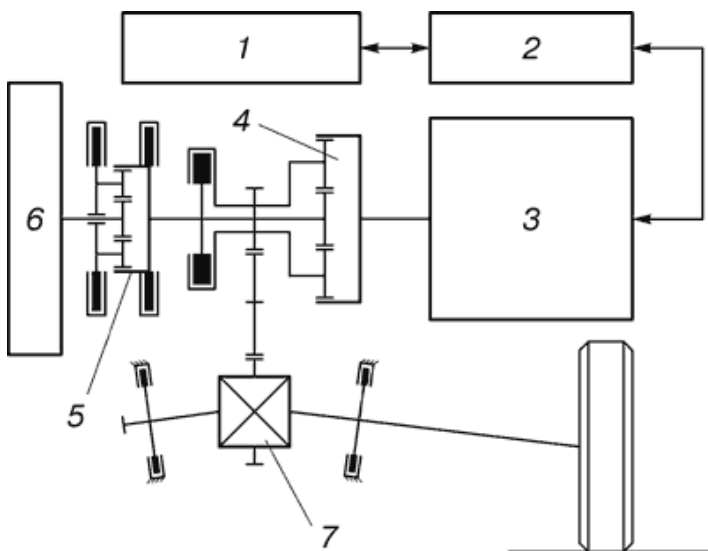


Рис. 1. Схема гибридного силового агрегата с маховичным накопителем и электромеханическим приводом: 1 – источник тока; 2 – система управления; 3 – обратимая электромашина; 4 – дифференциальный механизм; 5 – мультипликатор; 6 – маховичный накопитель; 7 – главная передача

Источник тока 1 через преобразователи и систему управления 2 связан с обратимой электромашинной 3, рассчитанной на максимальную мощность электромобиля. Электромашина 3 через сложный дифференциальный механизм 4 с мультипликатором 5 связана с маховиком 6 накопителя и главной передачей 7. В результате масса источника тока 1, например, топливного элемента, может быть выбрана исходя из удельной энергии, а не удельной мощности.

Концепция электромобиля

Новая концепция электромобиля состоит в максимальном приближении и унификации устройств электро- и автомобиля. Это позволяет предельно упростить и уменьшить массу силового агрегата транспорт-

ного средства, увеличить его КПД и эффективность рекуперации энергии, а также сделать возможным использование существующих шасси автомобилей для установки силовых агрегатов электромобилей. Последнее обстоятельство должно существенно удешевить машины, в максимальной степени унифицировать их производство с возможностью оперативно менять соотношение количества машин различных типов и программу их выпуска. Кроме того, по желанию заказчика, транспортное средство может быть оснащено как источником механической энергии (обычным или гибридным тепловым двигателем), так и электрической (топливные элементы с супермаховиком), с установкой заменяемых агрегатов в том же двигательном отсеке при полном сохранении всей трансмиссии.

Такая трансмиссия должна быть рассчитана на перспективу и включать уже не ступенчатую, а бесступенчатую коробку передач.

Бесступенчатая коробка передач на основе дискового вариатора новой концепции может использоваться как на легковых, так и на грузовых автомобилях, в том числе и седельных тягачах.

Схема электромобиля

Схема электромобиля в новой концепции представлена на рис. 2. Как и в других гибридных схемах электромобилей, источник электроэнергии выбирается исходя из критерия удельной энергии, что при исключительно высоком значении этого параметра обеспечивает малые массы, а также объемы топливных элементов. В данной схеме в качестве промежуточного источника энергии использован супермаховик с теми же энергетическими и массовыми параметрами, что и в других гибридных схемах с маховичным накопителем.



Рис. 2. Схема электромобиля новой концепции

Принципиальным отличием данной концепции электромобиля от других гибридных схем является отбор мощности от источника электроэнергии необратимой электромашинной – специализированным разгонным электродвигателем малой мощности, соответствующей эффективной удельной мощности источника электроэнергии. Для легкового электромобиля это соответствует 15 и 20 кВт. Благодаря высокой частоте вращения разгонного электродвигателя – до 35000 об/мин для легкового электромобиля, что, в свою очередь, соответствует частоте вращения разгоняемых супермаховиков для накопителей этих машин, масса

их весьма мала, соответственно 15 и 30 кг (это обычные показатели для отечественных конструкций авиационного назначения).

Источник энергии и разгонный электродвигатель могут быть объединены в один энергетический блок, сходный по массе и габаритам с демонтируемым с шасси двигателем и его системами. Топливный бак и система питания в принципе могут быть сохранены с добавлением конвертора для получения водорода из топлива. Таким образом, в энергетическом блоке химическая энергия топлива преобразуется в механическую в виде вращения вала, совершенно так же, как и у теплового двигателя. Функцию сцепления выполняет выключатель, подключающий электромотор к источнику энергии.

Таким образом, по желанию заказчика в двигательный отсек может быть установлен любой преобразователь химической энергии топлива в механическую – тепловой двигатель или новый энергетический блок. Далее как в обычном автомобиле, вал энергетического блока соединяется с коробкой передач, в данном случае бесступенчатой. Такая коробка передач уже в недалеком будущем заменит менее эффективные ступенчатые даже на обычных автомобилях. В результате мы получаем электромобиль новой концепции, в максимальной степени унифицированный с обычным автомобилем.

Каковы же преимущества электромобиля новой концепции? По сравнению с автомобилем это несравненно более высокая эффективность использования топлива и экологическая безопасность. По сравнению со средним КПД преобразование химической энергии в механическую – порядка 10...15 % у тепловых двигателей на автомобилях (не следует путать с КПД тепловых двигателей на оптимальном режиме – 30 % у бензиновых двигателей и 40 % у дизельных) этот КПД у топливных элементов с конвертором – 50 %, а у кислородно-водородных топливных элементов – 70 %. Вредные выхлопы у топливных элементов практически отсутствуют. Примерно такие же преимущества у электромобилей новой концепции по сравнению с аккумуляторными электромобилями, с той разницей, что вредные выбросы последних имеют место не на самой машине, а на электростанциях.

Преимуществами новой концепции являются следующие:

- меньшие габаритно-массовые показатели и высший КПД электромашин, обусловленные тем, что в новой концепции электромашин не универсальная, обратимая, а узкоспециализированная, разгонная, загруженная практически постоянной мощностью, почти на порядок меньше максимальной и при высоких частотах вращения;
- в отсутствии сложного дифференциального механизма с тремя фрикционными муфтами или тормозами, переключающими режимы;
- процесс регулирования частот вращения и моментов от супермаховика до ведущих колес осуществляется не электроприводом, а механическим вариатором, имеющим высший КПД. В особенности это касается процесса рекуперации энергии при торможении, в результате которого кинетическая энергия машины переходит в супермаховик. Ни по

частотной полноте передачи этой энергии, ни по КПД этого процесса электротрансмиссия не идет ни в какое сравнение с механическим вариатором;

- традиционная автомобильная схема и соизмеримые габаритно-массовые показатели нового энергетического блока с существующими двигателями позволяют легко заменять один вид источника энергии на другой, получая при этом как автомобиль (с обычной или гибридной схемой двигателя), так и гибридный экономичный и динамичный электромобиль новой концепции.

Следует заметить, что проблема создания эффективного электро-мобиля приобретает особую актуальность в настоящее время в России благодаря новым программам разработки электромобилей.

Библиографический список

1. *Гулиа Н.В.* Накопители энергии. М.: Наука, 1980. 150 с.
2. Electric & hybrid vehicle technology' 95. The international review of electric and hybrid vehicle design and development. UK & International press. 1995. 304 с.
3. Der neue elektro – 3er von BMW – glied einer langen entwicklungskette. Kolloquium fahrzeug- und motorentechnik. 15...17 Oktober 1991. Eurogress Aachen. 47 p.
4. *Отрохов В.П., Гулиа Н.В., Петракова Е.А., Юрков С.А.* Бесступенчатая коробка передач для ЗИЛ-5301 // Автомобильная промышленность. 1998. № 7.

УДК 621.4

ТЕПЛОЙ ДВИГАТЕЛЬ С ВНЕШНИМ ПОДВОДОМ ТЕПЛА

Ю.М. Зайцев; В.В. Семьинин, Дальрыбвтуз, Владивосток

Представлен вариант радикального изменения силовой установки механических транспортных средств путем применения двигателя с внешним подводом тепла.

Автомобильный двигатель прошел длительный путь развития и с технической точки зрения является совершенным. Однако до настоящего времени наибольшее внимание в процессе его совершенствования уделялось достижению максимальной мощности, малой массы и размеров двигателя, минимальных производственных затрат. Теперь на первый план как важнейший критерий оценки двигателя выступает минимизация потребления им топлива. Снижения потребления топлива достичь непросто, и, кроме того, оно может оказывать неблагоприятное влияние на ряд параметров двигателя.

Несмотря на постоянно сокращающиеся возможности совершенствования современных двигателей внутреннего сгорания, им по-прежнему уделяется большое внимание. Это связано, прежде всего, с трудностями перевооружения такой громадной отрасли, как автомобилестроение. Тем не менее выполнение выдвигаемых на перспективу жестких требований к чистоте отработавших газов и экономичности, к бензиновым и дизельным двигателям внутреннего сгорания не представляется возможным.

Поэтому целесообразно уделять внимание радикальному изменению силовых установок механических транспортных средств. Одним из вариантов такого радикального изменения силовой установки является двигатель с внешним подводом тепла. Возможности совершенствования такого двигателя еще не исчерпаны. Необходимо совершенствовать как его термодинамический цикл, так и использующую его силовую установку.

Термодинамика

В настоящий момент для двигателей с внешним подводом тепла наиболее известен термодинамический цикл Стирлинга [1, 2], состоящий из двух изотерм и двух изохор. Но возможно применение и других термодинамических циклов в подобных двигателях.

Рассмотрим идеальный термодинамический цикл с изотермическим сжатием и адиабатическим расширением некоего гипотетического двигателя. На рис. 1 приведен такой идеальный термодинамический цикл, показанный в pV - и sT -координатах.

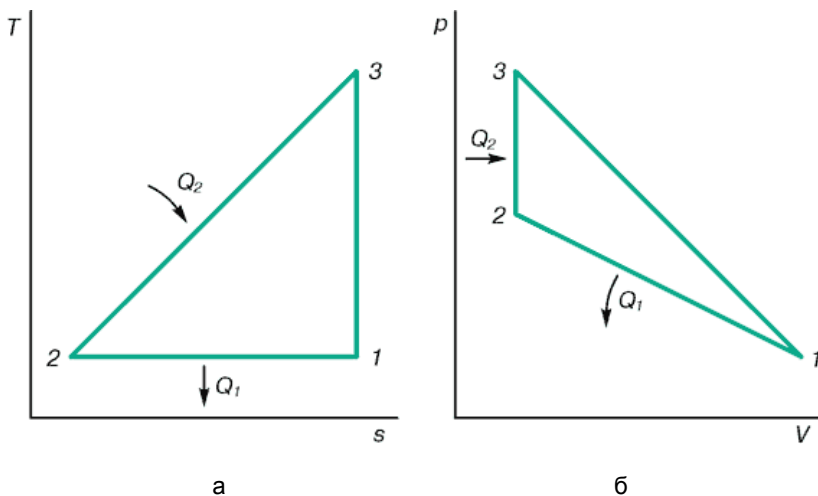


Рис. 1. Идеальный термодинамический цикл

В цикле принят изохорический процесс подвода тепла, так как его термический КПД больше изобарического. Для упрощения расчетов, изохорический процесс 2-3 показан прямой линией.

Термический КПД цикла по sT-диаграмме (см. рис. 1, а):

$$\eta_t = 1 - \frac{2T_1}{T_3 + T_1}. \quad (1)$$

Термический КПД цикла по pV-диаграмме (рис. 2, б):

$$\eta_t = 1 - \frac{(k-1)\ln(\varepsilon)}{(\lambda-1)}, \quad (2)$$

где λ – степень повышения давления; k – показатель адиабаты; ε – степень сжатия.

Как видно из формулы (1) термический КПД такого цикла зависит от отношения температур холодильника и нагревателя, а формулы (2) – соответствия между необходимой произведенной работой, степенью сжатия и количеством подводимого тепла.

Например, при $T_3 = 1173$ К; $T_1 = 337$ К; $\varepsilon = 6,5$; $k = 1,6$ и $\lambda = 3,5$ термический КПД цикла составит 0,55, что при прочих равных условиях сопоставимо с термическим КПД цикла Стирлинга.

Но в реальном двигателе добиться работы по такому циклу трудно, поэтому обобщенный термодинамический цикл реального двигателя будет выглядеть так, как показано на рис. 2.

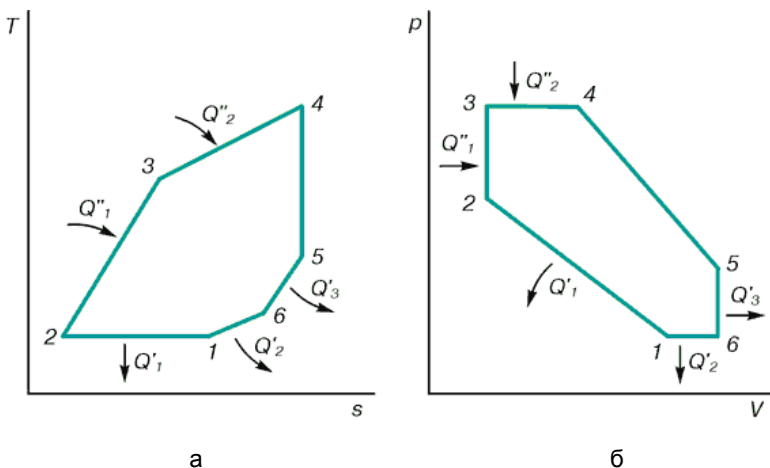


Рис. 2. Реальный термодинамический цикл

Работа

Для объяснения принципа работы ДВПТ по циклу с изохорическим сжатием и адиабатическим расширением воспользуемся рис. 3.

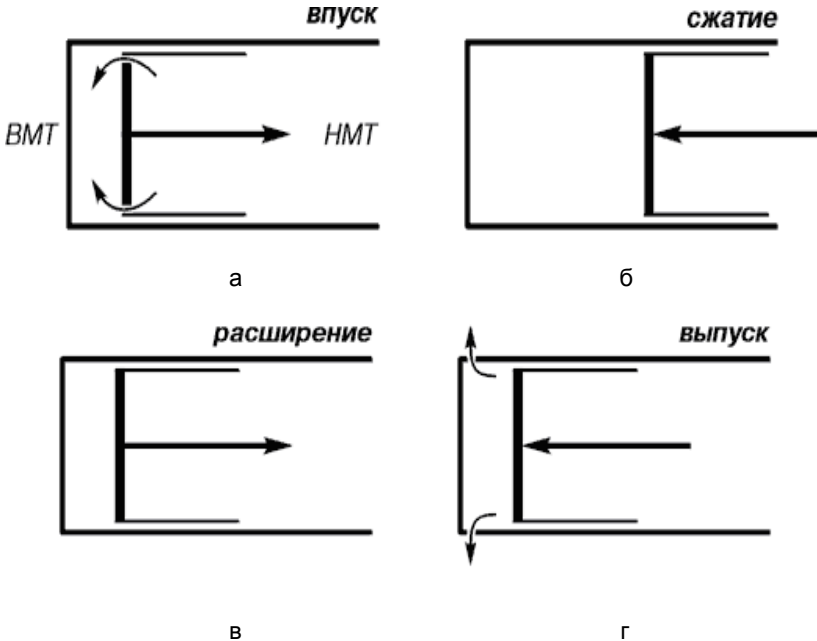


Рис. 3. Принцип работы ДВПТ

Такт впуска (рис. 3, а). В верхней мертвой точке (ВМТ) открывается клапан, расположенный в поршне, и при движении поршня к нижней мертвой точке (НМТ) рабочее тело с давлением p_1 и температурой T_1 поступает в цилиндр. В НМТ клапан в поршне закрывается.

Такт сжатия (рис. 3, б). При движении поршня к верхней мертвой точке (ВМТ) происходит сжатие рабочего тела, при этом выделяющееся в процессе сжатия тепло Q_1 (см. рис. 1) рассеивается в окружающей среде, вследствие этого температура стенки цилиндра, а, следовательно, и температура рабочего тела поддерживается постоянной и равной T_1 . Давление рабочего тела возрастает и достигает значения p_2 .

Такт расширения (рис. 3, в). В процессе нагревания тепло через стенку цилиндра передается рабочему телу. При мгновенном подводе тепла Q_2 к рабочему телу давление и температура в цилиндре возрастают, соответственно, до p_3 и T_3 . Рабочее тело воздействует на пор-

шень и перемещает его к НМТ. В процессе адиабатного расширения рабочее тело производит полезную работу, а давление и температура уменьшаются до p_1 и T_1 .

Такт выпуска (рис. 3, г). При движении поршня к ВМТ в цилиндре открывается клапан и через него осуществляется выпуск рабочего тела из цилиндра с давлением p_1 и температурой T_1 . В НМТ клапан в цилиндре закрывается. Цикл замыкается.

Схема

Упрощенная схема двигателя представлена на рис. 4.

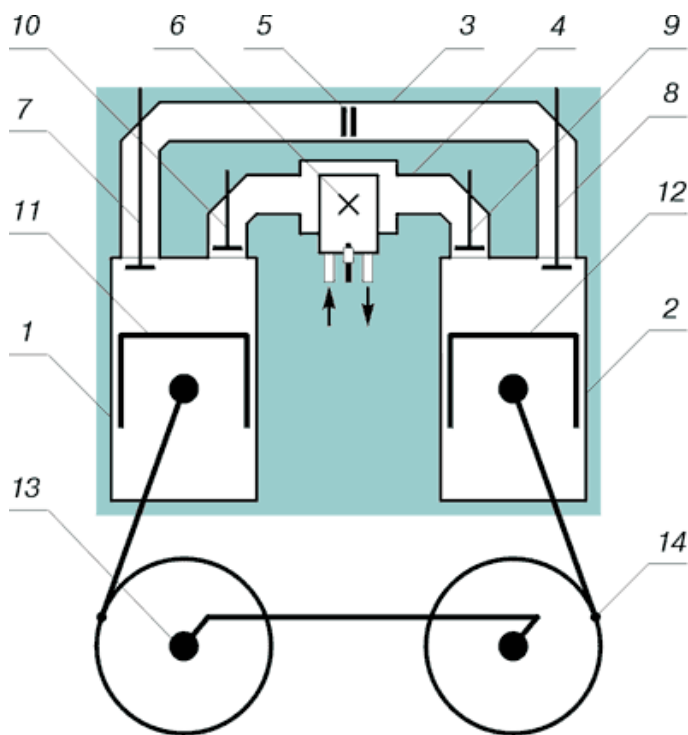


Рис. 4. Схема работы ДВПТ

В двигателе такты сжатия и расширения осуществляются в разных цилиндрах, соответственно компрессионном 1 и расширительном 2. Цилиндры 1 и 2 связаны между собой через компрессионную 3 и расширительную 4 магистрали. В компрессионной магистрали 3 находится

охладитель 5, а в расширительной магистрали 4 находится нагреватель 6. Компрессионная магистраль 3 подключена к компрессионному цилиндру 1 через выпускной клапан 7, а к расширительному цилиндру 2 – через впускной клапан 8. Расширительная магистраль 4 подключена к расширительному цилиндру 2 через выпускной клапан 9, а к компрессионному цилиндру 1 – через впускной клапан 10. Поршни 11 и 12 цилиндров 1 и 2 связаны с валом двигателя 13 через механизм преобразования движения 14.

Заключение

Главный вопрос – как технически реализовать рассмотренный выше цикл на реальном устройстве. Существует несколько вариантов.

В данном случае предлагается вариант реализации цикла в двигателе, содержащем компрессионные и расширительные цилиндры, расположенные вокруг оси приводного вала с наклонной шайбой. Причем впускной орган компрессионных и выпускной орган расширительных цилиндров выполнены в поршнях. Это позволит сделать геометрические характеристики впускных и выпускных органов максимально возможных размеров и вследствие этого максимально уменьшить сопротивление при впуске и выпуске рабочего тела. Впускные и выпускные органы компрессионных и расширительных цилиндров управляются электроникой. В качестве источника тепла применен тепловой аккумулятор. К нему подключена камера сгорания, которая автоматически поддерживает в нем постоянную температуру.

Совокупность выше названных технических решений, по мнению автора, позволит:

- достичь высокого КПД двигателя;
- осуществлять беспринудительный запуск двигателя;
- возвращать теплоту обратно в тепловой аккумулятор в режиме торможения двигателем;
- при запуске выбирать направление вращения вала двигателя в любую сторону;
- использовать практически все виды топлива;
- обеспечить минимальное содержание вредных веществ в отработанных газах.

Библиографический список

1. Двигатели Стирлинга: Сб. ст. / Пер. с англ. Б.В. Сутугина; под ред. В.М. Бродянского. М.: Мир, 1975.
2. Двигатели Стирлинга / В.Н. Даниличев, С.И. Ефимов, В.А. Звонков и др.; под ред. М.Г. Круглова. М.: Машиностроение, 1977.
3. Пат. № 2105156 РФ. Двигатель с внешним подводом теплоты / В.В. Семьинин. 2006.

СИСТЕМА ОБЛЕГЧЕНИЯ ПУСКА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ ОКРУЖАЮЩЕГО ВОЗДУХА

**Ю.М. Зайцев; В.В. Семьинин; А.Д. Коленко,
Дальрыбвтуз, Владивосток**

Предложен вариант системы облегчения пуска двигателя ДВС в условиях низких температур окружающего воздуха с использованием теплового аккумулятора.

В период пускового режима трущиеся пары двигателя внутреннего сгорания (ДВС) работают в условиях полусухого или полужидкого трения. Состояние масляной пленки при несовершенной смазке может изменяться таким образом, что возможен переход от гидродинамической к граничной смазке. Основное влияние на изменение состояния масляной пленки оказывает температура масла. Граничная смазка образуется при сравнительно низких (до 30 °С) температурах, когда имеет место высокая вязкость масла и плохая смачиваемость поверхностей, а также при сравнительно высоких (более 200 °С) температурах, когда вязкость масла очень низкая.

Отсутствие достаточной смазки в пусковой период неизбежно приводит к повышенным износам трущихся деталей по сравнению с износом двигателя внутреннего сгорания при его нормальной работе. Пуск ДВС при любых температурах сопровождается некоторой задержкой поступления масла из картера двигателя к трущимся деталям (*Ильчук И.А. Устройство для облегчения пуска двигателя внутреннего сгорания. М.: Роспатент, 2007.*). Особенно это характерно для двигателей большой мощности, и поэтому в их смазочных системах установлены элементы принудительного прокачивания масла.

Для устранения основных проблем холодного предпускового прокачивания масла разработана специальная система облегчения пуска двигателя внутреннего сгорания. Принцип разработанной системы заключается в том, что при работе двигателя тепловой аккумулятор запасаает тепло горячего моторного масла и обеспечивает его хранение до следующего пуска ДВС. В исходном положении электромагнитный клапан закрыт, и нагнетающий маслопровод соединен с масляным картером.

Таким образом, образуется круг циркуляции масла: масляный картер – всасывающий маслопровод – нагнетающий маслопровод. Тепловой аккумулятор заполнен маслом с температурой 60...80 °С, что значительно выше температуры масла в картере двигателя, а,

следовательно масло имеет меньшую вязкость и лучшую прокачиваемость.

Для подогрева находящегося в картере двигателя запускается привод, приводящий во вращение масляный насос. Наличие в тепловом аккумуляторе теплого масла приводит к снижению сопротивления подачи масла из всасывающего маслопровода в масляный насос, который без нагрузки (дополнительной потери энергии) начинает принудительно прокачивать масло через нагнетающий маслопровод и регулируемый дроссель обратно в масляный картер. Однако в виду того что поступающее в устройство теплового аккумулятора фазового перехода (ТАФП) из картера масло более холодное, а значит, более вязкое, в ТАФП будет создаваться разрежение, которое позволяет обеспечивать необходимую принудительную подачу масла из картера в ТАФП. С момента поступления масла в тепловой аккумулятор оно начинает разогреваться и на выходе из него имеет более высокую температуру и пониженную вязкость. Этот процесс будет продолжаться в течение 5...7 мин, пока не разрядится ТАФП, что будет контролироваться двумя температурными датчиками, расположенными в начале и на конце всасывающего маслопровода. С выравниванием температуры на входе и на выходе из ТАФП на блоке управления и индикации появится сигнал окончания разрядки последнего. Время разрядки теплового аккумулятора будет достаточно для многократного прокачивания масла по кругу циркуляции.

Кроме того, масло разогревается при его прокачивании через регулируемый дроссель за счет внутреннего трения. При необходимости дальнейшего разогрева масла продолжается прокачивание масла через регулируемый дроссель, но с постепенным уменьшением дроссельного отверстия до минимальной величины. По достижении маслом необходимой температуры блок управления и индикации открывает электромагнитный клапан, и масло по подводящему маслопроводу поступает в смазочную систему двигателя, что снижает сопротивление коленчатого вала его провертыванию при запуске. С началом работы двигателя начинается процесс зарядки ТАФП, и как только показания датчиков в начале и в конце всасывающего маслопровода уравниваются, на блоке управления и индикации появляется сигнал, указывающий на завершение зарядки ТАФП и его готовность к работе при следующем пуске двигателя.

Основой теплового аккумулятора, представляющего собой теплообменный аппарат кожухотрубного типа, служит теплоаккумулирующее ядро, состоящее из пучков жидкостных труб, закрепленных в трубных досках. Между жидкостными трубами находится теплоаккумулирующий материал. Для подвода и отвода жидкости тепловой аккумулятор снабжен жидкостными патрубками. Теплоаккумулирующее ядро и наружный корпус разделены между собой тепловой изоляцией.

Таким образом, решение проблем уменьшения времени разогрева масла и автоматизации процесса его разогрева достигается наличием:

- устройства для облегчения пуска двигателя внутреннего сгорания;
- масляного насоса с внешним приводом;
- всасывающего и нагнетающего маслопроводов, имеющих выходы в масляный картер;
- регулируемого дросселя, установленного в нагнетающем маслопроводе;
- переключателя, выполненного в виде электромагнитного клапана;
- нагнетающего и подводящего маслопроводов;
- блока управления и индикации;
- теплового аккумулятора;
- двух температурных датчиков, которые установлены в конце всасывающего маслопровода.

Применение блока управления и индикации позволяет:

- осуществлять контроль за работой устройства;
- осуществлять контроль за температурой разогреваемого масла;
- осуществлять контроль за процессами зарядки и разрядки ТАФП;
- завершать процесс разогрева масла путем автоматического переключения электромагнитного клапана.

Установка во всасывающем маслопроводе ТАФП позволяет осуществлять дополнительный разогрев прокачиваемого через него масла за счет утилизированной теплоты горячего масла, накопленной при работе двигателя внутреннего сгорания. Кроме того, это позволяет создать условия принудительного всасывания холодного масла из масляного картера в ТАФП за счет разности температур, а значит, вязкости масла на входе и на выходе из него, так как масляный насос будет легко выкачивать теплое (маловязкое) масло из ТАФП, тогда в нем будет создаваться разрежение, которое обеспечит принудительное всасывание менее вязкого холодного масла в тепловой аккумулятор.

Установка в начале и в конце всасывающего маслопровода температурных датчиков позволяет осуществлять контроль за температурой масла на выходе из масляного картера двигателя, а также контролировать процессы зарядки и разрядки ТАФП за счет разности температур, фиксируемых ими.

Применение в нагнетающем маслопроводе электромагнитного клапана позволяет автоматизировать процесс соединения нагнетающего и подводящего маслопроводов смазочной системы двигателя при завершении разогрева масла в устройстве.

Применение данной системы облегчения пуска двигателя ДВС в условиях низких температур окружающего воздуха позволит в полной мере решить проблему зимнего запуска.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ НОРМАТИВОВ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПРИ ВЫБОРЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ БОЛЬШОЙ ПЛОЩАДИ

В.В. Кирюха, Дальрыбвтуз, Владивосток

Рассматриваются вопросы оптимизации построения систем кондиционирования для производственных помещений большой площади. Исследуются вопросы регулирования температуры при эксплуатации систем кондиционирования. Даны рекомендации по построению систем регулирования и контроля температуры в системах кондиционирования.

Одним из важнейших моментов охраны труда является поддержание оптимальных параметров воздушной среды производственных помещений. К таким параметрам относятся температура, влажность и запыленность воздуха. Поддержание температуры, наиболее благоприятной по медицинским показаниям и условиям комфортности, в настоящее время осуществляется с помощью устройств кондиционирования воздуха.

Системы кондиционирования воздуха в производственных помещениях могут быть выполнены по различным схемам. Чаще всего используются одианные или многоблочные сплит-системы, центральное кондиционирование, системы водного охлаждения типа «чиллер-фанкойл» или мультizonальные системы.

При выборе системы кондиционирования для небольших производственных помещений площадью до 200 м² наиболее целесообразно применение обычных сплит-систем, выполненных по одианной или многоблочной схеме. Типовая мощность таких кондиционеров ведущих мировых фирм-производителей позволяет поддерживать оптимальный температурный режим (как правило, от +18 °С до +30 °С) во всем воздушном объеме помещения без создания зон пониженной температуры, которые образуются в непосредственной близости от внутренних блоков сплитовых кондиционеров. Применение типовых внутренних блоков позволяет расположить их таким образом, что происходит воздухообмен во всей воздушной массе помещения.

В качестве примера можно привести данные для кондиционера сплитового типа модели LSK2460KL (фирма «LG», Республика Корея). Охлаждение/обогрев – 24000 ВТЕ/ч. Циркуляция воздуха – 16/42 м³/мин. Потребляемая мощность ~ 2,7 кВт. Применение 4 таких кондиционеров, расположенных в противоположных углах помещения площадью 250 м² при высоте 4-5 м, позволяет создать оптимальный температурный ре-

жим (с возможностью регулирования в пределах целесообразных температур) и оптимальный режим воздухообмена.

Объекты площадью до 300-500 м² также вполне оправданно оснащать простыми сплит-системами. При очевидных недостатках такого подхода существуют и явные преимущества, среди которых выделяются сравнительно невысокая стоимость, скорость выполнения работ и возможность поэтапной установки оборудования. Использование сплит-систем на небольших объектах при разумном проектировании не приводит к кардинальным изменениям в облике здания и в дальнейшем не создает проблем с их эксплуатацией и обслуживанием. Однако простые сплит-системы не позволяют организовать централизованное управление. Разумным решением для объектов более 500 м² является центральное или мультizonальное кондиционирование. Традиционное центральное кондиционирование предлагает подачу охлажденного воздуха от одной вентиляционной установки по сети воздуховодов во все помещения здания. Такой подход обладает рядом преимуществ. Это одновременное решение задач кондиционирования и вентиляции и возможность экономии энергоресурсов при использовании в установке регенеративного теплообменника. Однако такой способ не всегда является оптимальным, поскольку при большом расходе воздуха, необходимом для компенсации тепловыделений, требуется система воздуховодов большего сечения, что не всегда возможно. Кроме того, для снижения тепловых потерь и устранения опасности выпадения конденсата воздуховоды необходимо теплоизолировать.

Основная проблема центрального кондиционирования состоит в том, что в качестве теплоносителя используется воздух, обладающий низкой теплоемкостью. Другим недостатком этого метода является то, что для точного поддержания температуры в каждом отдельном помещении требуется система автоматического регулирования расхода воздуха в каждом помещении. Это значительно усложняет управление оборудованием, увеличивает стоимость всей системы в целом и предъявляет к ее обслуживанию повышенные требования. Модификацией описанного подхода является система с изменяемым расходом воздуха (VAV – variable air volume). Такие установки в отличие от традиционных центральных кондиционеров позволяют регулировать подачу воздуха в разные помещения. Однако перечисленные недостатки затрудняют их использование на объектах более 500-1000 м².

Проблему кондиционирования в таких помещениях можно решить, используя промежуточный хладоноситель с высокой теплоемкостью. В качестве такого теплоносителя можно использовать воду (система «чиллер-фанкойл»). Чиллер подготавливает холодную воду, которая по трубам подается к установленным в помещениях фанкойлам. Кроме воды, можно использовать и другие хладагенты, например фреон, а также системы кондиционирования с изменяемым расходом хладагента (VAV – variable refrigerant flow). Они являются мультисистемами с расширенными возможностями. Наружный блок (компрессорно-конденсаторный агрегат) может иметь воздушное или водяное охлаждение.

Достоинствами таких систем являются следующие:

- большое количество внутренних блоков, подключенных к наружному блоку;
- возможность объединения в единую систему с общим управлением;
- одновременная работа внутренних блоков на нагрев и охлаждение.

К объектам, на которых наиболее широко применяются мультизональные кондиционеры, относятся производственные помещения, разбитые на боксы и отделения, а также производственные помещения на разных этажах здания. При этом наружный блок можно установить в удобном месте на значительном удалении от рабочих помещений.

Однако широкие возможности создают определенные трудности при проектировании и выборе агрегатов с учетом поддержания оптимальной температуры и условий ее регулирования. Выше указано, что VRF системы позволяют производить одновременную работу внутренних блоков одной системы как на нагрев, так и на охлаждение. В этом случае в одном производственном помещении может наблюдаться картина распределения воздушных потоков, представленная на рис. 1.

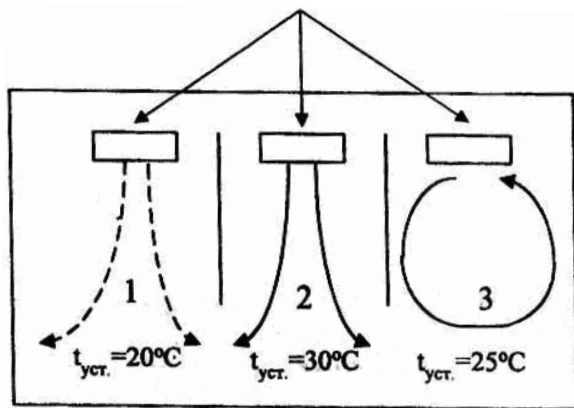


Рис. 1. Распределение воздушных потоков

Если средняя температура помещения составляет $22-23^{\circ}\text{C}$, а установленная на внутренних блоках в помещениях 1, 2 и 3 температура будет соответственно 20°C , 30°C и 25°C , то блок в первом помещении будет работать на охлаждение, а блоки в помещениях 2 и 3 на нагрев. Так как в помещении 3 устанавливается температура, близкая к средней, то воздушный поток от внутренних блоков будет создавать собственный микроклимат без циркуляции через проходы в соседние помещения. В помещении 1 холодный воздух будет опускаться и двигаться в нижнем ярусе, а в помещении 2 теплый поток будет подниматься и двигаться в верхний ярус. Взаимопроникновение потоков вызовет тепло-

обмен. Таким образом, в помещениях 1 и 2 при открытом сообщении между их внутренними средами достижение требуемых условий микроклимата будет сопровождаться дополнительным теплообменом с расходом энергии и встречными разнотемпературными воздушными потоками, что вредно влияет на здоровье работающих.

Основным показателем комфорта и качества внутреннего воздуха для потребителей является его температура. При расчетах систем кондиционирования пользуются так называемой «оптимальной» температурой внутреннего воздуха, которая для жилых, общественных и административно-бытовых помещений меняется в диапазоне от 20 °С до 25 °С в зависимости от времени года и скорости воздушных потоков в помещении. Оптимальные параметры микроклимата – состояние значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают нормальное тепловое состояние организма при минимальном напряжении механизмов терморегуляции и ощущение комфорта у не менее чем 80 % людей, находящихся в помещении (ГОСТ 30494-26).

В пределах данного диапазона проектировщик выбирает расчетную температуру внутреннего воздуха, по которой определяет тепловой баланс помещения в теплый, переходный и холодный период года. Причем часто с целью энергосбережения в теплый период года принимается максимальная температура, а в холодный – минимальная температура внутреннего воздуха из диапазона оптимальных.

С точки зрения существующей нормативной документации данный выбор расчетной температуры внутреннего воздуха абсолютно адекватен и широко используется при проектировании систем кондиционирования. Однако для многозональных систем (VRF, VAV, систем «чиллер-фанкойлы», в некоторых случаях сплит-систем) данный выбор расчетной температуры приводит к невозможности поддерживать оптимальные параметры внутреннего воздуха в обслуживаемых помещениях.

Причина в том, что данные системы позволяют индивидуально выбирать потребителями значение внутренней температуры помещения. Диапазон выбора внутренней температуры достаточно широк и составляет (в большинстве систем) от 18 до 30 °С. Выбор температуры случаен и зависит от индивидуальных особенностей терморегуляции организма. Часто выбранная температура не попадает в диапазон нормируемых оптимальных параметров внутреннего воздуха, что обуславливается и самим определением оптимальных параметров микроклимата, которые оптимальны только для 80 % людей. Использование нормативных показателей, которые ориентированы на «среднего» человека, допустимо при проектировании больших помещений с множеством людей, например кинотеатры, залы совещаний, спортивные комплексы. Многозональные системы кондиционирования, которые обеспечивают комфорт конкретного человека, необходимо проектировать с учетом его субъективных характеристик.

Получение комфортных характеристик показано в работе С.И. Бурцева, Ю.И. Цветкова «Тепловой и газовый комфорт с учетом индивидуальных особенностей человека» (Теплоэнергоэффективная технология. № 1. 2002).

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что при использовании мультizonальных систем для кондиционирования производственных помещений большой площади возникает необходимость в правильном выборе расчетной температуры воздуха. Подход к решению этой задачи приведен в работе С.Л. Бруха «Вероятностный метод выбора расчетной температуры внутреннего воздуха при проектировании мультizonальных систем кондиционирования» (Арктический СИИП. № 4. 2002).

На основании анализа статистических данных получено распределение плотности вероятности температур в помещениях при мультizonальном кондиционировании. Распределение плотности вероятности температур показано на рис. 2.

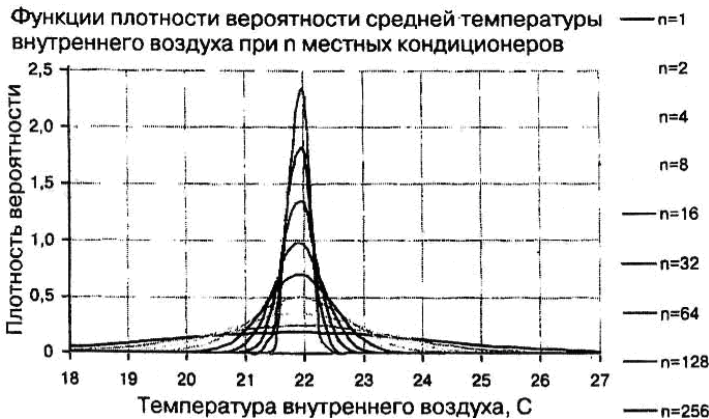


Рис. 2. Распределение плотности вероятности температур

Учитывая, что воздушное пространство любого помещения можно представить как неоднородную замкнутую среду, то при наличии разнотемпературных воздушных потоков будет происходить теплообмен, который может быть приближенно описан формулой

$$P = \xi S(Q_2 - Q_1) + mc \frac{d(Q_2 - Q_1)}{dt},$$

где P – поглощаемая (выделяемая) мощность; ξ – коэффициент теплопередачи; S – поверхность теплообмена; $Q_2 : Q_1 : m$ – температурные и массовые параметры среды.

Теплообмен будет влиять на установившуюся температуру, особенно при значительной разнице установившихся температур на внутренних блоках мультizonальной системы.

При проектировании систем кондиционирования производственных помещений большой площади целесообразно проведение предварительного математического моделирования с использованием вероятностных методов для определения внутренних температурных полей и их распределения внутри помещений. Это позволит оптимизировать выбор типа и мощности проектируемой системы кондиционирования.

Вопрос контроля температуры важен и для сугубо технических решений при построении систем кондиционирования. Оптимальное управление такими системами возможно при наличии информации об «истинном» значении температуры в определенной точке внутренней экосистемы. Кроме того, исполнительные устройства системы кондиционирования завязаны на данные термодатчиков, находящихся в устройствах системы.

Внутри устройство может быть представлено в виде неоднородной замкнутой среды. К понятиям контроля температуры в неоднородных замкнутых средах могут быть сведены разнообразные процессы термометрирования как в различных технологических процессах, так и в макросистемах, например – контроль температуры воздуха бытовых помещений при кондиционировании воздуха.

Для правильного, оптимального для конкретного технологического процесса или конкретной макросистемы выбора схемного и конструктивного решения системы контроля температуры необходимо выделить основные критерии, на основании которых формируются требования к устройствам контроля. К таким требованиям целесообразно отнести диапазон измеряемых температур, точность контроля, инерционность и величину теплового «загрязнения» измеряемого объекта.

Диапазон измеряемых температур может определяться формулой

$$\Delta\Theta = \Theta_2 - \Theta_1,$$

где Θ_2 – максимально возможная температура контроля; Θ_1 – минимально возможная температура контроля.

Диапазон измеряемых температур должен учитываться при выборе термочувствительных элементов датчиков в приборах контроля.

Точность контроля выражается формулой

$$\sigma = \frac{\Theta - \Theta_1}{\Theta} \cdot 100 \%,$$

где Θ_1 – измеренное значение температуры; Θ – истинное значение температуры.

Точность контроля в наибольшей степени определяется выбранными схемными и конструктивными решениями приборов контроля.

Тепловая инерционность наиболее сильно сказывается на точности контроля, особенно при экспресс-контроле и дискретном контроле с малыми временными промежутками. Необходимость решения задачи с тепловой инерционностью возникает в двух случаях. В первом случае датчик, имеющий массу m и удельную теплоемкость c , находится в среде с постоянной температурой Θ_1 и в момент времени t_1 включается в работу. В результате его функционирования в нем выделяется мощность P (активный датчик, и его температура $\Theta_2(t)$ начинает нарастать). При достижении равновесного состояния со средой изменение температуры прекращается.

Процесс в приближенном виде может быть описан уравнением

$$P = \xi S(\Theta_2 - \Theta_1) + mc \frac{d(\Theta_2 - \Theta_1)}{dt},$$

где S – поверхность теплообмена / суммарная площадь поверхности датчика и подводящих элементов; ξ – коэффициент теплопередачи.

Приведенное уравнение соответствует уравнению аperiodического звена с постоянной времени

$$T = \frac{mc}{\xi S}.$$

Во втором случае датчик с массой m и теплоемкостью c , имеющий температуру Θ_2 в момент времени t помещается в контролируемую среду с температурой Θ_1 . В результате теплообмена со средой его температура начинает стремиться к значению Θ_2 . Этот процесс описывается выражением:

$$\Theta_1 = \Theta_2 + \frac{mc}{\xi S} \cdot \frac{d\Theta_2}{dt}.$$

На рис. 3 показана экспериментальная кривая переходного процесса теплового преобразователя.

Отличие этой кривой от переходного процесса аperiodического звена в том, что на начальном участке ($t_1 - t_2$) имеют место дорегулярный режим, связанный с теплораспределением внутри самого тела датчика, и установление градиентов температур, которые соответствуют однонаправленному тепловому потоку. Кривизна участка дорегулярного режима зависит от однородности структуры датчика и может быть целенаправленно изменена путем применения датчика с большей неоднородностью масс. На участке ($t_2 - t_3$) протекает регулярный режим установления температуры, после t_3 наступает установившийся режим теплового равновесия.

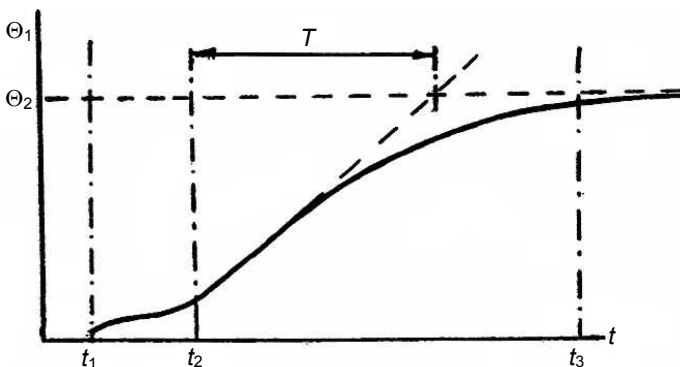


Рис. 3. Переходный процесс теплового преобразователя

При незначительной неоднородности масс датчика нерегулярный режим занимает относительно малое время, и теплоинерционный расчет датчика может проводиться как для апериодического звена. Тепловая постоянная времени определяется полной теплоемкостью преобразователя и условиями его обмена с окружающей средой, поэтому один и тот же преобразователь имеет разные постоянные времени в зависимости от условий теплообмена. Для расчета постоянной времени надо найти общую теплоемкость всех входящих в датчик элементов. Расчеты могут быть выполнены с требуемой степенью точности. Приближенные расчеты могут быть проведены исходя из средней теплоемкости металлов в пределах 400-600 Дж/кг·К, теплоемкости неорганических изоляционных материалов (слюда, фарфор) – 800-1000 Дж/кг·К, теплоемкости органических материалов (текстолит, гетинакс) – 1200-1400 Дж/кг·К.

Коэффициент теплоотдачи зависит от среды, обработки поверхности датчика, конвекционных характеристик среды контроля. Постоянные времена различаются в очень широких пределах. Промышленные термоизмерители имеют постоянную времени в пределах 3-6 мин. Терморезисторы, выполненные из отрезка медной проволоки, имеют значительно меньшее значение постоянной времени, однако даже нить диаметром в сотые доли миллиметра имеет постоянную времени порядка одной секунды.

«Тепловым загрязнением» среды контроля является внесение температурных изменений в контролируемую среду за счет того, что теплопроводности датчика и соединяющих элементов оказываются выше, чем теплопроводность самой контролируемой среды. Поэтому в среде появляется новый непредусмотренный теплоноситель, который может существенно исказить поле распределения температур. Основным уравнением «теплового загрязнения» является уравнение теплового баланса, физический смысл которого заключается в том, что вся теплота, поступающая к преобразователю, идет на повышение его теп-

лосодержания Θ_{mc} , и следовательно, если теплосодержание датчика остается неизменным, то количество поступающей в единицу времени теплоты равно количеству отдаваемой теплоты. Теплосодержание при неизменном агрегатном состоянии вещества зависит от массы m и удельной теплоемкости c материала преобразователя и связано с температурой преобразователя выражением

$$\Theta_{mc} = mc \Theta.$$

Теплообмен может осуществляться посредством теплопроводности, конвекции или излучения. В реальности имеет место комбинация различных способов теплообмена.

Из-за «теплого загрязнения» наблюдается эффект искажения результатов контроля, так как датчик фактически измеряет не температуру контролируемой среды, а температуру в зоне «теплого загрязнения». Однако при низкой теплопроводности среды и высокой теплопроводности системы «датчик – соединительные элементы» искажение результатов может достигать значений в единицы и даже десятки градусов.

В макросхемах таким примером может служить система кондиционирования сплитового типа. При дистанционном управлении пульт управления, совмещенный с термодатчиком, находится в руке у оператора, что приводит к искажению реальной температуры, отображаемой на табло, на 1-3 градуса.

В качестве термочувствительных элементов может быть использовано большое число термопреобразователей. Однако исходя из требований инерционности и минимизации «теплого загрязнения», целесообразно остановиться на терморезисторах и термопреобразователях на основе полупроводникового P-N перехода. Термопреобразователи на основе термодпар могут применяться в широком диапазоне температур в приборах с достаточно высокой точностью контроля. Но термодпары имеют сравнительно большие габариты и высокую инерционность, что позволяет использовать их только при медленно протекающих процессах.

Терморезисторы бывают проволочного и полупроводникового типа. В проволочных терморезисторах используются чистые металлы: медь, платина, вольфрам, никель и т.д. Использование проволочных терморезисторов в измерителях с малой инерционностью усложняется, так как требуется значительная линейная длина проволоки. В этом случае целесообразно применять вольфрамовые терморезисторы, потому что они обладают малой инерционностью, а, следовательно, высокой чувствительностью.

При необходимости пересчета проволочных терморезисторов для требуемой температуры можно пользоваться формулой

$$R_{\Theta 2} = R_{\Theta 1} \cdot (1 + d_{\Theta 2}) / (1 + \alpha \Theta_1),$$

где R_{Θ_2} – сопротивление при температуре Θ_2 ; R_{Θ_1} – сопротивление при температуре Θ_1 ; α – коэффициент / для меди $\alpha = 4,26 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

Температурная зависимость сопротивления полупроводниковых терморезисторов достаточно полно описывается формулой

$$R_{\Theta} = A \cdot e^{B/T},$$

где T – абсолютная температура; A – коэффициент, имеющий размерность сопротивления; B – коэффициент, имеющий размерность температуры.

Если для применяемого терморезистора не известны коэффициенты A и B , но известны сопротивления R_1 R_2 при температурах T_1 и T_2 , то пересчет можно произвести по формулам:

$$R_2 = R_1 \cdot e^{B(1/T_2 - 1/T_1)}, \quad B = \frac{T_2 \cdot T_1}{T_2 - T_1} \cdot \ln \frac{R_1}{R_2}.$$

Приборы, в которых в качестве датчиков используются полупроводниковые терморезисторы, должны проходить настройку и переградуировку при замене термочувствительных элементов датчиков.

Термоизмерители на основе датчиков с полупроводниковыми Р-Н переходом – термодиоды и термотранзисторы. Связь между током через переход и падением напряжения на нем определяется уравнением

$$I = I_0 \cdot e^{-B/T} \cdot (e^{qU/kT} - 1),$$

где $I_0 \cdot e^{-B/T}$ – ток насыщения, зависящий от абсолютной температуры T ; I_0 – ток насыщения при $T \rightarrow \infty$; $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл – заряд электрона; $K = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана.

Температурная чувствительность датчиков такого типа составляет 1,0-2,0 мВ/К. Применение термодатчиков на основе полупроводниковых Р-Н переходов целесообразно для малоинерционных приборов для экспресс-диагностики, а также в высокоточных приборах экспериментальных производств.

Общий анализ проблемы выбора термочувствительных датчиков для построения принципиальных схем термоизмерителей для контроля температурных параметров в неоднородных замкнутых средах должен строиться на основе выбора основных критериев для оценки применимости того или иного вида датчика. В качестве таких критериев можно выделить: диапазон температур, требуемая точность контроля, инерционность, допустимая величина «теплого загрязнения». Целесообразно также применение компьютерных программ для оценки датчиков различного вида по выбранным критериям.

Применение вышеизложенных рассуждений к макросистемам, в частности к системам кондиционирования сплитового типа, эксплуатирующимся в замкнутых помещениях, позволяет оптимизировать систему управления кондиционерами и сократить расходы электроэнергии.

Современные системы кондиционирования, как правило, имеют дистанционные пульты управления, позволяющие оператору произвести изменение режимов работы системы, воздействуя непосредственно на органы управления, расположенные на таком пульте.

В сплитовых системах кондиционирования на пульте расположены кнопки включения и выключения, изменения режимов работы («охлаждение», «нагрев», «осушение»), изменения интенсивности и угла обдува вентилятора, а также кнопки задания температуры.

Заданные параметры преобразуются электронной схемой пульта в кодированный сигнал, передаваемый на приемник внутреннего блока инфракрасным лучом. При задании определенной температуры на пульте дистанционного управления такой режим через определенный промежуток времени устанавливается при достижении заданной температуры в воздухе, выдуваемом вентилятором внутреннего блока, так как датчик температуры (терморезистор) установлен непосредственно на радиаторе внутреннего блока. При этом температура в зоне нахождения оператора с дистанционным пультом будет отличаться от заданной.

Отличие реальной температуры в зоне оператора с пультом от заданной зависит от расстояния от внутреннего блока кондиционера, угла направления потока воздуха, наличия зон завихрения (стены или предметы на пути воздуха) и т.д. При этом реальная температура может отличаться от заданной на несколько градусов, что не позволяет создать достаточно комфортные условия для персонала в зоне нахождения оператора с пультом. Отличие реальной температуры от заданной может достигать нескольких градусов.

Представляется целесообразным в определенных случаях иметь корректирующий терморезистор, расположенный в дистанционном пульте, связанный с основным терморезистором во внутреннем блоке через сигнал управления. Такая схема достаточно легко реализуется с помощью незначительных изменений в пульте управления, так как пульт укомплектован встроенным датчиком температуры для информирования оператора о температуре окружающей среды. При такой доработке могут быть улучшены условия труда и жизнедеятельности лиц, находящихся в зоне кондиционирования и пользующихся дистанционным пультом управления.

Библиографический список

1. *Кирюха В.В.* Контроль температурных параметров в неоднородных замкнутых средах // Науч. тр. Дальрыбвтуза. Вып. 14. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2001.

2. *Кирюха В.В., Мазур Н.Ф.* Оптимизация температурных параметров воздушной среды производственных помещений большой площади // Приморские зори: Сб. Владивосток: ТАНЭБ, 2003.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВИБРОСОРТИРОВАНИЯ РЫБЫ

К.Ю. Мельников; С.Д. Угрюмова, Дальрыбвтуз, Владивосток

Для исследования процесса вибросортирования мелких и средних типоразмеров рыб и влияния режимных характеристик, таких, как амплитуда и частота колебаний транспортирующей поверхности, разработана экспериментальная установка, приближенная к реально действующим.

Одним из важнейших вопросов, который возникает при загрузке мелкой рыбы в рабочие органы машин, является способ сортирования и перемещения рыбы на различных поверхностях транспортирования. На основе обобщения ранее проводимых научно-исследовательских работ [1, 2, 3] была выбрана принципиальная схема установки, которая включает колеблющиеся технологические поверхности (горизонтальная профилированная виброплоскость) двух уровней для выполнения различных предразделочных операций (ориентация, сортирование, транспортирование и загрузка сырья в разделочную машину). На базе этой схемы была выполнена экспериментальная установка (рис. 1).

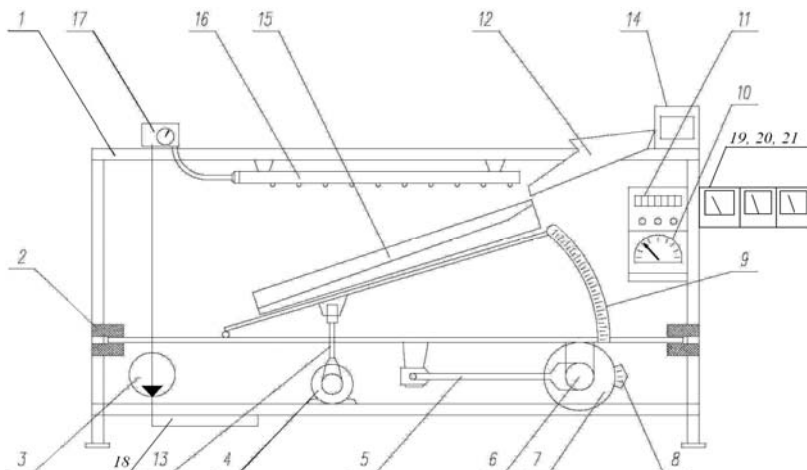


Рис. 1. Схема экспериментальной вибросортирующей установки: 1 – рама; 2 – опоры; 3 – насос; 4 – электродвигатель; 5 – шатун; 6 – вибровозбудитель колебаний; 7 – электродвигатель; 8 – виброметр; 9 – рейка; 10 – датчики (A , ω); 11 – осциллограф; 12 – лоток; 13 – шток; 14 – весы; 15 – ориентатор; 16 – барботер; 17 – расходомер; 18 – поддон; 19 – амперметр, 20 – вольтметр, 21 – ваттметр

Экспериментальная установка для разделки мелкой и средней рыбы (сельди, песчанки) предназначена для осуществления комплекса операций по первичной обработке рыбы – продольной ориентации вдоль направления колебаний, ориентации рыбы головой вперед, разделения поступающего потока рыбы на три размерные фракции, инспекции ориентированной и разделенной по фракциям рыбы перед подачей ее в рабочие органы рыборазделочной машины.

Частота колебаний поверхностей осуществляется путем изменения числа оборотов на валу электродвигателя.

Ориентатор смонтирован на раме 1, представляет собой горизонтальную плоскость с укрепленными на ней смешанными рабочими элементами, для снижения трения в опорных узлах применяются текстолитовые планки 2. Загрузка рыбы осуществляется на лоток 12, который соединен с электронными весами ВЛКТ-160 14, где происходит ее взвешивание. Затем она попадает на ориентатор 15, на который подаются колебания от вибровозбудителя 6. Для снижения трения рыбы по лотку в процессе ее перемещения из коллектора 16 подается вода. Расход воды, подаваемой гидронасосом БГ-12-4-1 3, определяется расходомером СВК-15-3-2 17. Изменение угла наклона плоскости транспортирования регулируется тарировочной рейкой 9. Частотные характеристики машины снимаются с помощью датчиков (частотомер GFC-8010H 10, виброметр RM-1500 8, осциллограф С1-126 11. На стенде установлены два электродвигателя АИР71В2 4, 7, которые приводят в действие шатуны 5 и шток 13. Регулировка параметров работы электродвигателей контролируется с помощью амперметра 19, вольтметра 20 и ваттметра 21. Вода, используемая для орошения рыбы, стекает в поддон 18 и утилизируется.

Конструкция узла создания колебаний опирается на подшипники скольжения и позволяет изменять амплитуду колебаний от 0 до 40 мм.

Исходя из задач, сформулированных в исследовании, для оценки особенностей процесса вибросортирования рыб при движении на горизонтально и наклонно ориентированных поверхностях производились измерения следующих величин: массы рыбы, поступающей на ориентатор m , кг; скорости потока жидкости, истекающей из барботера w , м/с; расхода жидкости G , кг/с; плотности орошения Γ , кг/м², представляющей собой количество жидкости, орошающей 1 пог. м поверхности в единицу времени; угла наклона колеблющейся поверхности, град; амплитуды колебаний A , мм; частоты вибрационных возмущений ω , мин⁻¹; ширины калибрующей щели b , мм; барометрического давления B , кПа; температуры окружающей среды $t_{\text{в}}$, °С; скорости перемещения рыбы w , м/с. Пределы изменения вибрационных параметров представлены в таблице.

Параметры экспериментального исследования режимных характеристик процесса сортирования

| Орошающая жидкость | Плотность орошения Γ , кг/м ³ | t , °С | Давление P , кПа | Характеристики | | | |
|--|---|-----------|--------------------|---------------------|------------------------------|--|--------------------------------|
| | | | | Профиль ориентатора | Амплитуда A , мм | Частота ω_1 , мин ⁻¹ | Угол наклона φ , град |
| Вода пресная морская $S = 34,4 \%$ | 200÷2000 | +10 ÷ -25 | 101,325 | v-образный | 0; 3; 5; 7; 10; 13; 15 | 950 1450 2000 2950 | 0, 7, 10, 15, 20, 25, 30 |
| | | | | ∪-образный | 0; 3; 5; 7; 10; 13; 15 | 950 1450 2000 2950 | 0, 7, 10, 15, 20, 25, 30 |
| | | | | └-образный | 0; 3; 5; 7; 10; 13; 15 | 950 1450 2000 2950 | 0, 7, 10, 15, 20, 25, 30 |

Прежде чем начались основные опыты, установка была приспособлена для проведения опытов на горизонтально ориентированной поверхности. Цель этих опытов – проверить правильность выбранной методики и надежность работы измерительной аппаратуры путем сопоставления результатов с данными других исследователей [4]. При этом ставилась задача установить вид основных зависимостей: скорости перемещения от амплитуды и частоты колебаний сортирующего органа, угла наклона и формы калибрующей щели и вида рыбы, времени перемещения рыбы по ориентатору. Опыты проводились как при возрастающих вибрационных параметрах и плотности орошения, так и убывающих значениях этих величин. Обработанные данные представлены на рисунках 2, 3.

Исследования позволили сделать вывод, что имеется определенный резерв увеличения производительности перемещения за счет повышения эффективности процесса передачи скорости от рабочего органа перемещаемой среде (рыбе), т.е. следует повышать интенсивность колебаний (частоту, амплитуду) до пределов, обеспечивающих устойчивые режимы (безотрывные) виброперемещения.

Одним из основных критериев, определяющих оптимальный режим работы, является критерий минимальных энергозатрат на привод вибрационной установки. В данном случае при оценке эффективности виброобработки исходили из требований достижения минимума ускорения рабочего органа как наиболее общего и существенного условия эффективности режима работы. Исследования показали, что коэффициент передачи скорости в области невысоких режимов вибрации (частота ω не более 400 мин⁻¹) практически прямопропорционален увеличению амплитуды колебаний, т.е. правильный выбор угла наклона поверхности способствует увеличению производительности вибротранспортирующей машины.

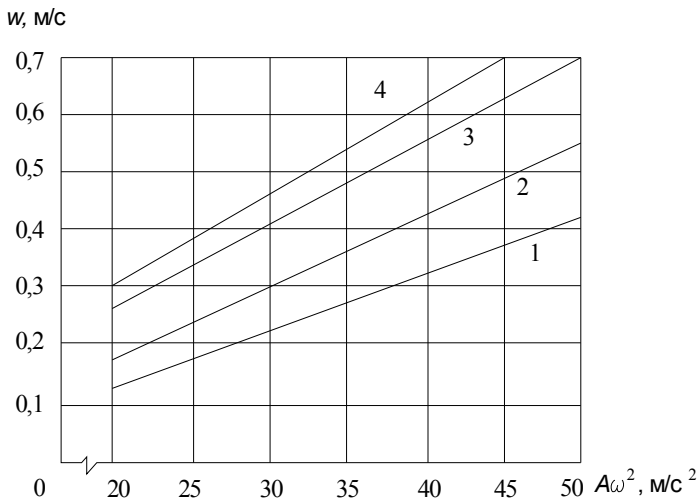


Рис. 2. Зависимость скорости перемещения селди по щели от максимального ускорения колебаний сортировочной решетки:
 1 – $\varphi = 10^\circ$; 2 – $\varphi = 15^\circ$; 3 – $\varphi = 18^\circ$; 4 – $\varphi = 20^\circ$

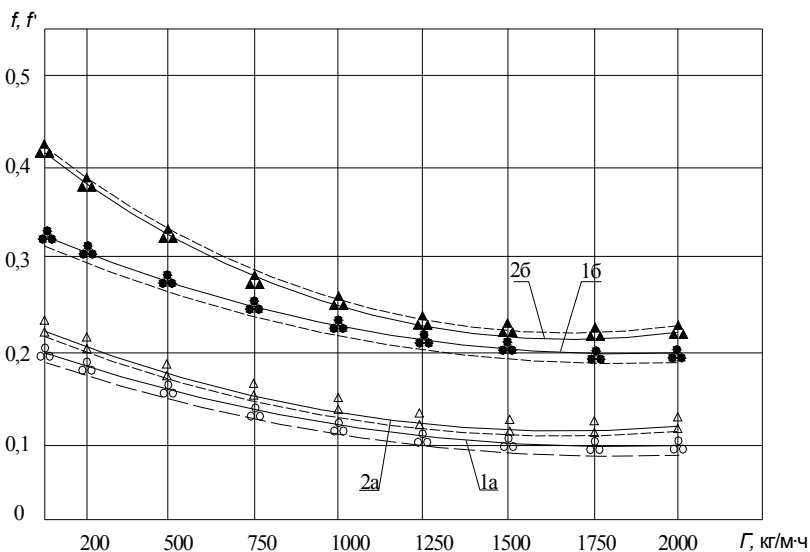


Рис. 3. Зависимость кинетического коэффициента трения селди (тихоокеанской) от плотности орошения поверхности (а – головой вперед; б – хвостом вперед): 1 – по поверхности из нержавеющей стали; 2 – по поверхности из оргстекла

Движение рыбы по сортирующей щели различного профиля, орошаемой как пресной, так и морской водой при изменяющейся плотности орошения представлено в координатах:

1. $w = f(\Gamma)$ при $\left. \begin{array}{l} S = \text{const} \\ m = \text{const} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{пресная вода} \\ S = 34,7\text{‰} \end{array}$
2. $w = f(A\omega_K^2)$ при $\left. \begin{array}{l} S = \text{const} \\ m = \text{const} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{пресная вода} \\ S = 34,7\text{‰} \end{array}$

Исходя из теоретического описания механизма движения тушки рыбы по сортировочной щели, скорость продвижения пропорциональна ускорению колебаний сортировочной решетки и возрастает при увеличении плотности орошения вибрирующей поверхности. Суммарная скорость продвижения представлена формулой [5]

$$w = \sqrt{w_{п.д.}^2 + w_B^2 + w_{прот}^2}, \text{ м/с} \quad (1)$$

где $w_{п.д.}$ – скорость поступательного движения; w_B – вибрационная скорость; $w_{прот}$ – скорость проталкивания.

Как показали визуальные наблюдения процесса перемещения рыбы, можно наблюдать два периода перемещения: устойчивое при плотности орошения до 1750 кг/м·ч и второй период, который характеризуется срывом тушки с поверхности.

Экспериментальные исследования проводились в пределах следующих параметров:

A – амплитуда колебаний (0 ÷ 15), мм;

ω – частота колебаний (0 ÷ 70), с⁻¹;

Γ – плотность орошения (0 ÷ 2000), кг/м·ч;

φ – угол наклона поверхности (0 ÷ 25), град;

Γ – профиль сортирующей щели (v-образный, u-образный, L-образный);

m – масса рыбы (0,04 ÷ 0,14), кг;

S – соленость морской воды 34,4, ‰.

Степень влияния плотности орошения поверхности, по которой движется тушка рыбы, на скорость в зависимости от профиля калибрующей щели, концентрации орошаемого раствора, угла наклона поверхности представлена в виде графической зависимости (рис. 4).

Ранее установлено [4], что основными факторами, влияющими на скорость перемещения рыбы в щели, являются: ускорение колеблющейся решетки $A\omega^2$, масса рыбы m , угол наклона решетки φ , плотность орошения Γ , форма калибрующей щели:

$$w = B(A\omega^2)^{n_1}, \varphi^{n_2}, \Gamma^{n_3}, m^{n_4}, S^{n_5}. \quad (2)$$

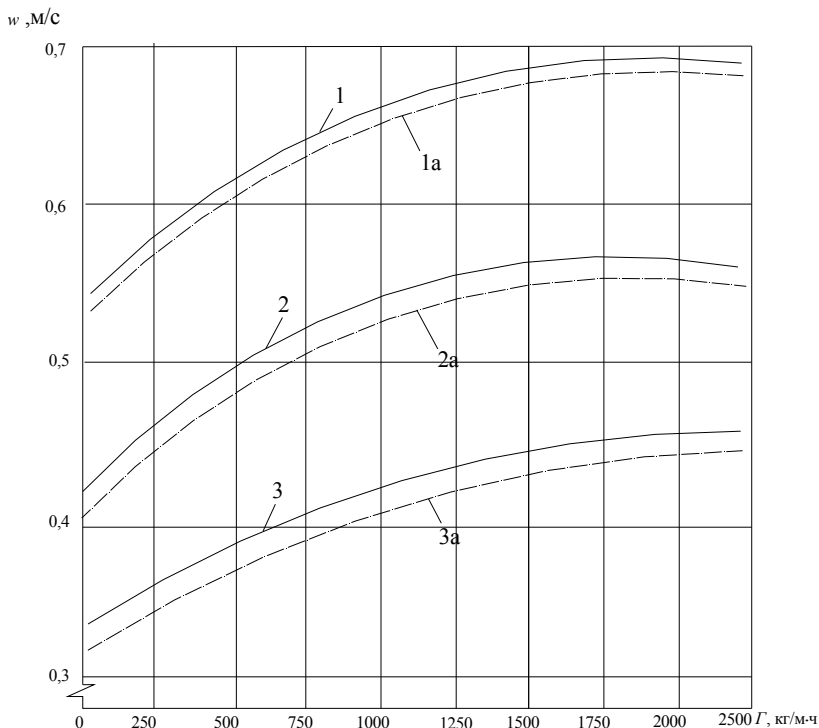


Рис. 4. Зависимость скорости перемещения сельди (тихоокеанской) от плотности орошения: 1) 1 – v-образный профиль; 2 – U-образный профиль; 3 – L-образный профиль ($\varphi = 18^\circ$; пресная вода; $\omega = 50 \text{ c}^{-1}$); 2) 1a – v-образный профиль; 2a – U-образный профиль; 3a – L-образный профиль ($\varphi = 18^\circ$; $S = 34,7\% \omega$; $\omega = 50 \text{ c}^{-1}$)

Обработка экспериментальных данных, представленных в виде графических зависимостей, позволила получить ряд эмпирических зависимостей скорости от перечисленных выше факторов.

Расчетная зависимость скорости от перечисленных факторов имеет вид:

$$w = 3,1 \cdot 10^{-3} (A\omega^2)^{1,1} \cdot m^{0,2} \cdot \varphi^{0,34} \cdot \Gamma^{0,6} \cdot S^{-0,18} \quad (3)$$

Анализ зависимости (3) и результатов эксперимента позволил сделать вывод, что решающее влияние на величину скорости перемещения оказывают вибрационные параметры и плотность орошения и в меньшей степени угол наклона, масса тушки и соленость воды.

Библиографический список

1. *Бриль С.И.* Загрузочные устройства рыбообрабатывающих машин. Конструкция, теория, расчет. М.: Пищ. пром-сть, 1980. 184 с.
2. *Гончаревич И.Ф., Урьев Н.Б., Телейсник М.А.* Вибрационная техника в пищевой промышленности. М.: Пищ. пром-сть, 1977. 278 с.
3. *Поспелов Ю.В.* Вибрационное перемещение рыб по плоскости, совершающей горизонтальные гармонические колебания // Изв. ТИНРО. Владивосток, 1971. Т. 75. С. 172-193.
4. *Смирнов П.Д.* Сортирование рыбы в механизированном производстве. Калининград: Калининградское книжное изд-во, 1976. 72 с.
5. *Угрюмова С.Д., Кучеренко Л.В.* Исследование эффекта вибрации в теплообменных процессах. М.: ГУПБ, 2002.

УДК 664.02

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ВИБРАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПИСТОЛЕТА МИНИ-МОЕЧНОЙ МАШИНЫ

И.В. Панюкова; С.Д. Угрюмова, Дальрыбвтуз, Владивосток

Изложены основы контроля вибрационных параметров, позволяющих определить вибрационные характеристики, выявить виброопасные машины, определить уровень виробезопасности труда и наметить пути решения данных проблем.

Целью настоящего исследования является определение уровня локальной вибрации, с одной стороны, для изучения виробезопасности, а с другой – для обоснования влияния конструктивных параметров виброзащиты на эффективность снижения интенсивности колебаний.

Измерение параметров вибрации проводилось в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.034-81 (СТ СЭВ 1931) «ССБТ. Общие требования к проведению измерений» [1, 2, 3].

Средством измерения вибрации являются виброизмерительные приборы, основные требования к аппаратуре изложены в нормативно-технической документации ГОСТ 12.4.012-83 [3, 4].

Современные виброизмерительные приборы – это электронные малогабаритные приборы с автономным питанием и калибровочным устройством для контроля электрической части и со встроенными фильтрами. В России находят применение приборы отечественного и зарубежного производства (таблица).

Виброизмерительные приборы

| Название | Модель | Изготовитель |
|--|---------|------------------------------------|
| Измеритель шума и вибрации | ВШВ-003 | Завод «Виброприбор», (Россия) |
| Виброметр | 00042 | Предприятие «Роботрон», (Германия) |
| Измеритель вибраций воздействующих на человека | М-1300 | Предприятие «Роботрон», (Германия) |
| Виброметр | 2512 | Фирма «Брюль и Кьер», (Дания) |

В последние годы развивается вибродозиметрия как составная часть виброметрии, основанная на интегральной оценке вибрационного воздействия. Применяется прецизионная виброизмерительная аппаратура фирмы «Брюль и Кьер» (Дания): комплект типа 3501, включающий шумомер типа 2203, октавные фильтры типа 1613, акселерометры типа 4312/15, интегратор ZR=0020, а также виброизмерительная аппаратура фирмы RFT (Германия): виброметры типа SM 211, SM 231, SM 241; пьезоэлектрические датчики типа КД и КВ; октавные фильтры типа OF-101 и OF-201; самопишущий измеритель уровня типа 01.

В отечественной и мировой практике планируются создание и организация производства простых и дешевых вибродозиметров, в основе которых может быть как электронный, так и не электронный принцип действия. В настоящее время применяется вибродозиметр ВД-01, принцип действия которого основан на преобразовании вибрации в электрический сигнал с последующей частотной коррекцией. Достоинствами прибора являются простота конструкции, небольшие габаритные размеры и масса.

Перспективной является разработка индивидуальных вибродозиметров, использующих неэлектронные принципы регистрации вибрации. Известна конструкция вибродозиметра, в котором регистрация дозы вибрации происходит с помощью электрокинематического накопителя.

Средства измерения обеспечивают измерение действующих значений колебательной скорости, м/с, или ее уровней, дБ, в октавных полосах частот на поверхности ручной машины, предназначенных для контакта с рукой.

Для измерения параметров вибрации использовали виброметр типа ВШВ-003 (усовершенствованный ИШВ-1) со следующими техническими характеристиками:

1. Диапазон измеряемых уровней виброскорости, дБ – 80-120.
2. Частотный диапазон, Гц – 10-2800.
3. Класс точности %, дБ – 10.
4. Питание прибора: элементы 373 – 5 шт;
сеть 220 В 50 Гц.
5. Масса, кг – 5.
6. Тип октавных фильтров – встроенные 16-8000 Гц.

Виброизмерительная система включает виброизмерительный преобразователь (датчик), измерительный усилитель, полосовые фильтры и регистрирующий прибор (или показывающий). Вибропреобразователь (вибродатчик) выполняет роль преобразователя энергии вибрационных колебаний, получаемых от источника, в электрические сигналы. Измерительный усилитель предназначен для усиления слабого выходного сигнала. Выделение требуемой полосы анализируемых частот колебаний производится фильтрами. Они выполнены с постоянной относительной полосой пропускания, кратной долям октавы. Использование фильтров позволяет проводить спектральный анализ вибрации путем измерения ее уровней в заданных диапазонах частот, т.е. в октавных диапазонах. Виброизмерительные приборы в соответствии с требованиями [1, 4, 5] выполняют спектральный анализ вибрации.

Процесс измерения локальной вибрации разделили на следующие этапы:

1. Выбор места установки и способ крепления вибродатчиков.
2. Подготовка измерительной аппаратуры.
3. Проведение измерений.
4. Обработка результатов измерений.

Измерение параметров вибрации, действующей на оператора, проводилось при выполнении конкретной технологической операции. Вибропреобразователь устанавливался в месте контакта работающего с рукояткой пневмопистолета и на корпусе машины, т.е. на опорной поверхности (рис. 1).

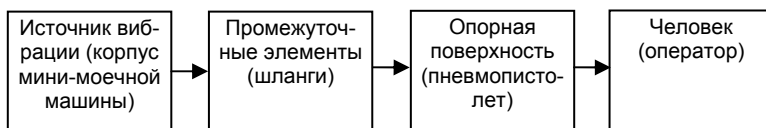


Рис. 1. Схема передачи вибрации оператору

Опорная поверхность контакта находится на рукоятке пневмопистолета. Установка вибропреобразователя производилась с помощью переходного элемента (адаптера). Он выполнен из легкого металлического сплава. Адаптер вставляется между пальцами рук и прижимается к опорной поверхности пневмопистолета. При проведении измерений соблюдались условия, установленные ГОСТ 12.1.043-84 «ССБТ. Вибрация. Методы измерения на рабочих местах в производственных помещениях» [4]. Измерения выполнялись в паспортном режиме, в процессе мойки ленточного транспортера методом спектрального анализа. Время отдельного измерения в полосе частот 6,3...22,4 Гц составило 4 с, для частот свыше 22,4 Гц – 3 с.

Контроль вибрационных параметров ручного пневматического пистолета проводился с целью определения вибрационных характеристик, выявления виброопасных машин, определения уровня вибробезопасности труда. Отмечено значительное сокращение вибрационного воздействия на оператора при использовании адаптера (рис. 2).

Изготовление адаптера из резины, ткани, сыпучих материалов позволит продолжить дальнейшие экспериментальные исследования.

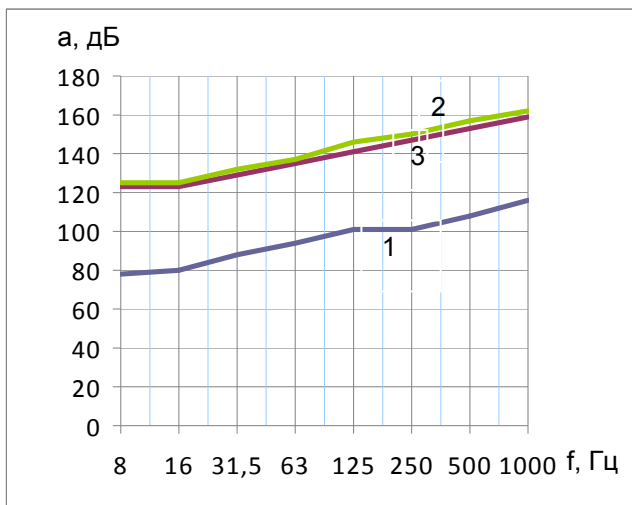


Рис. 2. Сравнительная оценка параметров вибрации: 1 – уровень вибрации на пневмопистолете с виброзащитой; 2 – без виброзащиты; 3 – предельно-допустимый уровень вибрации

Библиографический список

1. СН 2.2.4/2.1.566-96 Производственная вибрация в помещениях жилых и общественных зданий: Санитарные нормы. М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. 30 с.
2. Суворов Г.А., Бутковская З.М., Хунданов Л.Л. Производственная вибрация (гигиенические аспекты). М., 1996. 72 с.
3. ГОСТ 12.1.034-81 (СТ СЭВ 1931-79) ССБТ. Вибрация. Общие требования к проведению измерений.
4. ГОСТ 12.4.012-83 ССБТ. Вибрация. Средства измерения и контроля вибрации на рабочих местах. Технические требования.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ РЕШЕТОК, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В УСТАНОВКАХ С ВЗП ПРИ СУШКЕ ГИДРОБИОНТОВ

В.И. Погонец, Дальрыбвтуз, Владивосток

Предлагаются рекомендации в технологической последовательности изготовления газораспределительных решеток, которые используются в сушилках со взвешенно-закрученными потоками (ВЗП) теплоносителя. Авторы рекомендуют также расчетно-графические параметры расположения отверстий в трех зонах этих решеток.

Сушилки со взвешенно-закрученными потоками теплоносителя, используемые при сушке гидробионтов, комплектуются газораспределительными решетками, конструкцию которых разработали и предложили авторы [1]. Эти беспровальные решетки (рис. 1, 2) обеспечивают активную сушку измельченных морепродуктов, интенсифицируют процесс и одновременно предотвращают слипаемость и комкование частиц продукта, подвергаемых обезвоживанию.



Рис. 1. Газораспределительная решетка
(незаконченный вариант изготовления)

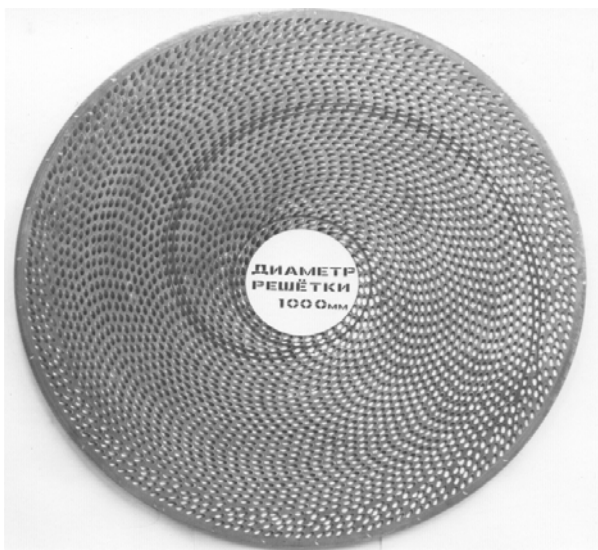


Рис. 2. Законченная конструкция газораспределительной решетки

Решетка представляет собой диск толщиной 20 мм, изготовленный из пищевого алюминия марки АМг-5 [2]. Диск (рис. 3, 4) имеет три зоны, ограниченных окружностями: центральную 3, ограниченную окружностью диаметром 121 мм, периферийную 4, в которой отверстия располагаются на 33 эвольвентах и пристеночную периферийную 1, в которой отверстия расположены на 33 зеркальных участках (кривых) эвольвент. Пристеночная периферийная зона состоит из 33 секторов 5. Каждый сектор ограничен двумя отрезками кривых (зеркальными участками эвольвент) и двумя окружностями (окружностью края решетки и окружностью перехода эвольвент в зеркальное отражение). Каналы отверстий 2 в периферийной и пристеночной периферийной зонах изготовлены под углом 30° к плоскости решетки, а в центральной зоне и примыкающем к ней участке под другими углами (рис. 4, сечения А-А, Б-Б, В-В, Г-Г, Д-Д, И-И).

На рис. 4 приведен увеличенный выносной элемент 1 центральной части газораспределительной решетки с отверстиями, где проставлены их параметры и приведены сечения каналов отверстий.

На машиностроительных предприятиях рыбной отрасли при выпуске сушилок со взвешенно-закрученными потоками теплоносителя возникают проблемы технологического плана, а именно в изготовлении газораспределительных решеток предложенной конструкции. В связи с этим авторы [2] рекомендуют следующую технологическую последовательность изготовления этих изделий, а также расчетно-графические параметры (таблица) расположения отверстий в зонах газораспределительных решеток.

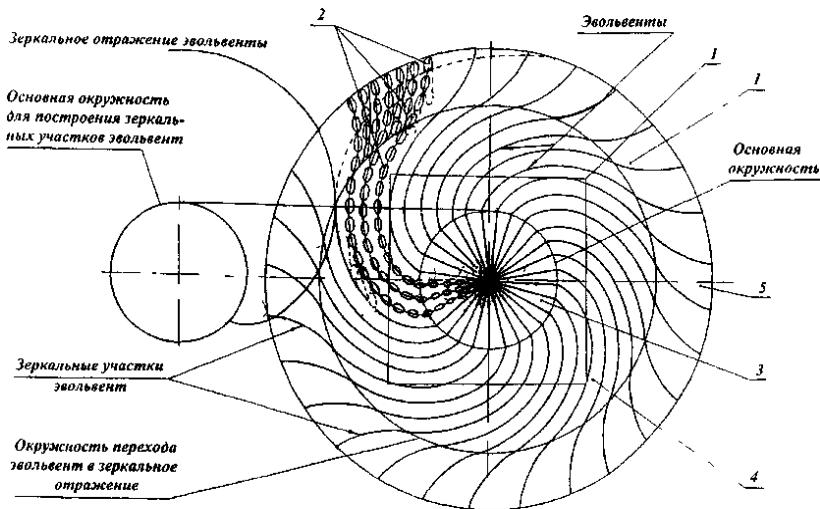


Рис. 3. Схема газораспределительной решетки

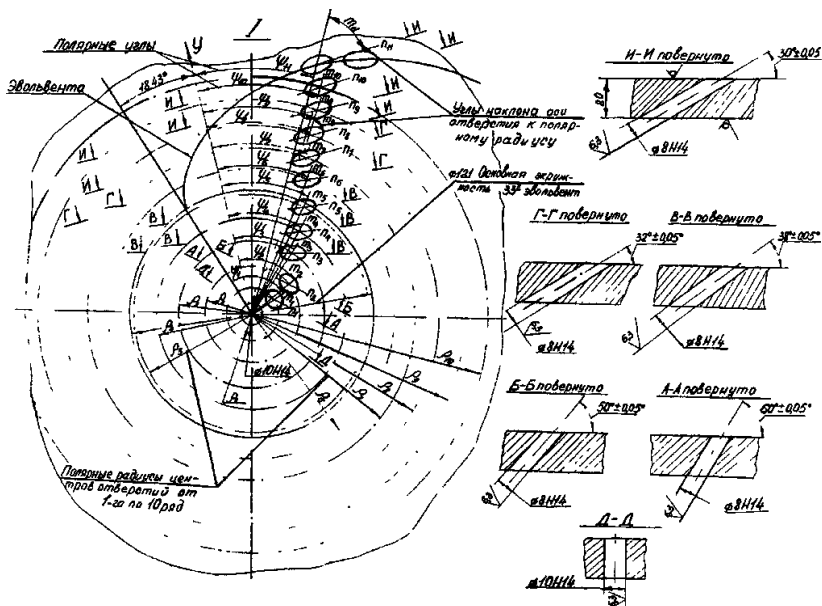


Рис. 4. Выносной увеличенный элемент 1 центральной части газораспределительной решетки

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Порядковый номер ряда отверстий | 13,29 | 23,71 | 36,29 | 47,76 | 59,41 | 71,21 | 81,94 | 94,08 | 107,17 | 119,02 | 129,49 | 139,39 | 148,64 |
| Полярный радиус ρ , мм | 70,20 | 65,05 | 46,89 | 42,87 | 39,26 | 36,14 | 32,64 | 31,88 | 30,55 | 27,85 | 36,22 | 44,16 | 51,73 |
| Полярный угол φ , град. | 59,30 | 65,45 | 58,61 | 60,13 | 62,24 | 60,86 | 61,16 | 61,06 | 58,12 | 62,15 | 64,28 | 65,98 | 67,39 |
| Угол наклона оси отверстия к оси полярного радиуса, град. | 60 | 50 | 38 | 38 | 38 | 32 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Угол наклона оси отверстия к плоскости решетки, град. | 6 | 9 | 12 | 15 | 20 | 20 | 24 | 26 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 |
| Кол-во отверстий в ряду одного полярного радиуса, шт. | 60 | 40 | 30 | 24 | 18 | 15 | 13,84 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 |
| Угол между отверстиями в ряду одного полярного радиуса, град. | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 114,49 | 125,58 | 135,75 | 145,24 |
| Радиус кривизны звольванты при соответствующих значениях ρ и φ , мм | | | | | | | | | | | | | |

Продолжение таблицы

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | |
| Порядковый номер ряда отверстий | 165,59 | 173,43 | 180,94 | 188,15 | 195,10 | 201,81 | 208,30 | 214,59 | 220,71 | 226,66 | 232,46 | 238,11 | 243,64 |
| Полярный радиус ρ , мм | 58,97 | 65,91 | 72,60 | 79,05 | 85,29 | 91,34 | 97,27 | 102,92 | 108,49 | 113,91 | 119,21 | 124,39 | 129,45 |
| Полярный угол φ , град. | 68,57 | 69,58 | 70,47 | 71,24 | 71,93 | 72,56 | 73,12 | 73,62 | 74,09 | 74,52 | 74,91 | 75,28 | 75,62 |
| Угол наклона оси отверстия к оси полярного радиуса, град. | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Угол наклона оси отверстия к плоскости решетки, град. | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 |
| Кол-во отверстий в ряду одного полярного радиуса, шт. | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 |
| Угол между отверстиями в ряду одного полярного радиуса, град. | 154,14 | 162,54 | 170,53 | 178,16 | 185,48 | 192,53 | 199,32 | 205,89 | 212,26 | 218,44 | 224,45 | 230,30 | 236,01 |
| Радиус кривизны звольванты при соответствующих значениях ρ и φ , мм | | | | | | | | | | | | | |

Продолжение таблицы

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Порядковый номер ряда отверстий | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 |
| Полярный радиус ρ , мм | 249,04 | 254,33 | 259,51 | 264,59 | 269,58 | 274,47 | 279,27 | 284,00 | 288,65 | 293,23 | 297,79 | 302,17 | 306,54 |
| Полярный угол φ , град. | 134,41 | 139,27 | 144,04 | 148,72 | 153,32 | 157,84 | 162,28 | 166,65 | 170,95 | 175,19 | 179,37 | 183,48 | 187,54 |
| Угол наклона оси отверстия к оси полярного радиуса, град. | 75,94 | 76,24 | 76,52 | 76,78 | 77,03 | 77,27 | 77,49 | 77,70 | 77,90 | 78,09 | 78,28 | 78,45 | 78,62 |
| Угол наклона оси отверстия к плоскости решетки, град. | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Кол-во отверстий в ряду одного полярного радиуса, шт. | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 |
| Угол между отверстиями в ряду одного полярного радиуса, град. | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 |
| Радиус кривизны эвольвенты при соответствующих значениях ρ и φ , мм | 241,58 | 247,03 | 252,36 | 257,58 | 262,70 | 267,72 | 272,64 | 277,48 | 282,24 | 286,92 | 291,58 | 296,05 | 300,51 |

Продолжение таблицы

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Порядковый номер ряда отверстий | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 |
| Полярный радиус ρ , мм | 310,85 | 315,10 | 319,30 | 323,44 | 327,54 | 331,57 | 335,56 | 339,50 | 343,40 | 347,26 | 351,07 | 354,84 | 358,57 |
| Полярный угол φ , град. | 191,55 | 195,50 | 199,40 | 203,25 | 207,05 | 210,81 | 214,53 | 218,20 | 221,84 | 225,43 | 228,99 | 232,51 | 235,99 |
| Угол наклона оси отверстия к оси полярного радиуса, град. | 78,78 | 78,93 | 79,08 | 79,22 | 79,36 | 79,49 | 79,61 | 79,75 | 79,85 | 79,97 | 80,08 | 80,19 | 80,29 |
| Угол наклона оси отверстия к плоскости решетки, град. | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Кол-во отверстий в ряду одного полярного радиуса, шт. | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 |
| Угол между отверстиями в ряду одного полярного радиуса, град. | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 |
| Радиус кривизны эвольвенты при соответствующих значениях ρ и φ , мм | 304,91 | 309,24 | 313,52 | 317,73 | 321,90 | 326,00 | 330,06 | 334,07 | 338,03 | 341,95 | 345,82 | 349,64 | 353,43 |

Продолжение таблицы

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Порядковый номер ряда отверстий | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 |
| Полярный радиус ρ , мм | 362,27 | 365,92 | 369,54 | 373,13 | 376,67 | 380,19 | 383,68 | 387,13 | 390,55 | 393,94 | 397,31 | 400,64 | 403,96 |
| Полярный угол φ , град. | 239,44 | 242,85 | 246,23 | 249,58 | 252,90 | 256,19 | 259,44 | 262,67 | 265,88 | 269,05 | 272,20 | 275,32 | 278,43 |
| Угол наклона оси отверстия к оси полярного радиуса, град. | 80,39 | 80,48 | 80,58 | 80,67 | 80,76 | 80,84 | 80,93 | 81,01 | 81,09 | 81,17 | 81,24 | 81,31 | 81,37 |
| Угол наклона оси отверстия к плоскости решетки, град. | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Кол-во отверстий в ряду одного полярного радиуса, шт. | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 |
| Угол между отверстиями в ряду одного полярного радиуса, град. | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 |
| Радиус кривизны эвольвенты при соответствующих значениях ρ и φ , мм | 357,18 | 360,88 | 364,55 | 368,19 | 371,78 | 375,35 | 378,88 | 382,37 | 385,84 | 389,27 | 392,68 | 396,05 | 399,40 |

Продолжение таблицы

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Порядковый номер ряда отверстий | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 |
| Полярный радиус ρ , мм | 407,24 | 410,50 | 413,72 | 416,92 | 426,00 | 420,11 | 431,00 | 423,27 | 422,20 | 433,00 | 451,20 | 427,13 | 440,00 |
| Полярный угол φ , град. | 281,49 | 284,54 | 227,57 | 290,57 | 291,78 | 293,56 | 294,90 | 296,51 | 297,00 | 298,06 | 299,31 | 299,41 | 300,64 |
| Угол наклона оси отверстия к оси полярного радиуса, град. | 81,46 | 81,52 | 81,59 | 81,66 | 85,34 | 81,72 | 83,74 | 81,78 | 77,44 | 79,37 | 68,90 | 75,94 | 73,90 |
| Угол наклона оси отверстия к плоскости решетки, град. | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Кол-во отверстий в ряду одного полярного радиуса, шт. | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 |
| Угол между отверстиями в ряду одного полярного радиуса, град. | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 |
| Радиус кривизны эвольвенты при соответствующих значениях ρ и φ , мм | 402,72 | 406,01 | 409,27 | 412,51 | 421,68 | 415,73 | 426,73 | 418,95 | 438,04 | 428,75 | 447,12 | 422,08 | 435,82 |

Окончание таблицы

| | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Порядковый номер ряда отверстий | | | | | | | | | |
| Полярный радиус ρ , мм | 453,80 | 433,96 | 452,80 | 442,47 | 455,00 | 453,32 | 465,50 | 479,30 | 494,50 |
| Полярный угол φ , град. | 301,38 | 302,21 | 303,57 | 304,87 | 305,75 | 307,42 | 309,70 | 311,78 | 313,66 |
| Угол наклона оси отверстия к оси полярного радиуса, град. | 54,34 | 70,23 | 58,12 | 64,67 | 63,16 | 59,15 | 53,84 | 49,10 | 44,40 |
| Угол наклона оси отверстия к плоскости решетки, град. | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Кол-во отверстий в ряду одного полярного радиуса, шт. | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 165 | 198 | 231 |
| Угол между отверстиями в ряду одного полярного радиуса, град. | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 10,91 | 2,18 | 1,82 | 1,56 |
| Радиус кривизны эвольвенты при соответствующих значениях ρ и φ , мм | 449,75 | 425,22 | 448,74 | 428,34 | 450,96 | 431,44 | 434,51 | 437,56 | 440,59 |

Вначале необходимо длину основной окружности (ее диаметр равен 121 мм) разделить на 33 отрезка. Из каждой полученной точки провести 33 эвольвенты до окружности, ограничивающей переход эвольвент в их зеркальное отражение, а затем от этой окружности построить 33 зеркальных участка эвольвент до окружности, ограничивающей рабочую зону решетки, диаметр которой равен 1000 мм.

Далее следует выбрать одну из эвольвент, т.е. ее начальную точку на основной окружности. Эту точку соединить прямой с центром решетки, от полученной прямой отложить угол $18,43^\circ$, а затем через центр решетки провести ось u . От оси u следует откладывать табличные значения полярных углов ψ на каждой концентрической окружности, а далее строить оси полярных радиусов, начиная с первого m_1 и до последнего m_{88} , при этом требуется строго соблюдать табличные значения углов наклона осей отверстий к осям полярных радиусов.

Далее необходимо просверлить центральное отверстие в решетке диаметром 10 мм и через это отверстие закрепить ее на фрезерном станке, а затем выполнить следующие технологические приемы:

- сверление отверстий в центральной зоне решетки с 1-го по 10 ряд произвести согласно таблице по пяти параметрам по концентрическим окружностям;

- сверление отверстий в периферийной зоне с 11-го по 72-й ряды произвести на 33 эвольвентах с учетом указанных параметров по табличным значениям;

- сверление отверстий в пристеночной периферийной зоне решетки с 73-го по 88-й ряды выполнить на зеркальном отражении эвольвент по табличным параметрам;

- отверстия в секторах изготовить, как показано на рисунках 2, 3;

- после сверления отверстий в решетке произвести зачистку кромок их входа и выхода, а также зачиститьлицевую и оборотную стороны решетки;

- предельные отклонения всех углов, указанных в таблице, не должны превышать 0,02 (за исключением угла наклона оси отверстий к плоскости решетки);

- неуказанные предельные отклонения размеров $\pm \frac{IT14}{2}$;

- общее количество отверстий в газораспределительной решетке должно быть 3400 штук;

- живое сечение решетки составляет 17,1 %.

Библиографический список

1. Пат. 1570438. Россия. Газораспределительная решетка сушилки кипящего слоя / А.Н. Доронин, В.И. Погонец, А.В. Давыдкин, В.А. Фирсенков, А.Ю. Нитченко. 1990. № 4.

2. *Погонец В.И.* Сушка морепродуктов во взвешенно-закрученных потоках: Моногр. Владивосток, 2000. 193 с.

КИНЕМАТИКА РАСПЫЛИТЕЛЬНЫХ СУШИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Л.К. Юрченко; С.П. Григорьева; И.В.Пищулина,
Дальрыбвтуз, Владивосток

По формулам шага винтовой линии и тангенса угла наклона линейной скорости частицы к образующей цилиндрической распылительной сушильной установки сделан вывод об уменьшении прилипания частиц к стенкам камеры.

За последние годы проведена объемная работа по усовершенствованию распылительных методов сушки сырья (крови и продуктов ее переработки, таких, как плазма и сыворотка, ферментные элементы; бульон от варки мясных продуктов, субпродуктов и кости; содержимого яиц кур). Внедрен метод сушки жидких продуктов животного происхождения в виброкипящем слое инертного материала [1].

Дальнейшее развитие этого метода сушки получило в аппаратах со встречно-закрученными слоями инертных носителей [2]. В этом аппарате частицы движутся во взвешенном слое, закрученном вокруг конической вставки. Для повышения эффективности скалывания высушиваемого материала в верхней части аппарата установлена вторая газораспределительная решетка, которая создает поток, закручивающий второй слой инертного носителя (пищевой фторопласт в виде кубиков) противоположно первому. В перечисленных аппаратах исходный продукт получаем в виде чешуек и пленок.

Для получения порошкообразных пищевых полуфабрикатов были сконструированы и исследованы различные экспериментальные распылительные сушильные установки [3]:

1) с параллельным током воздуха и распыляемых частиц продукта снизу вверх;

2) вихревая распылительная сушилка смешанного типа, у которой сушильная камера имеет вид центробежного циклона. Навстречу распыленному факелу раствора тангенциально движется поток горячего воздуха;

3) полупромышленная установка смешанного типа. Горячий воздух тангенциально закрученным потоком поступает сверху в сушильную камеру. Распылительный узел расположен в верхней части сушильной камеры, т.е. горячий воздух и высушиваемая смесь подаются параллельно сверху.

Положение частицы высушиваемого продукта можно определить цилиндрическими координатами (рис. 1): ρ , φ , z .

Проекции скорости находятся по формулам:

$$V_R = \dot{\rho}, \quad V_\phi = \rho\dot{\phi}, \quad V_z = \dot{z}.$$

Проекции ускорения на цилиндрические оси

$$\alpha_R = \ddot{\rho} - \rho\dot{\phi}^2, \quad \alpha_\phi = \rho\ddot{\phi} + 2\dot{\rho}\dot{\phi}, \quad \alpha_z = \ddot{z}.$$

Частица движется в цилиндрической камере радиусом R , впрыскивается параллельно образующим цилиндрической камеры со скоростью u . Горячий воздух тангенциально закрученным потоком захватывает частицы и имеет угловую скорость вращения ω относительно вертикальной неподвижной оси. Хотя движение происходит сверху вниз, будем рассматривать его направленным снизу, т.е. в привычном для применения теории виде (рис. 2). Цилиндрические координаты движущейся точки будут иметь вид:

$$\rho = R; \quad \phi = \omega t; \quad z = ut.$$

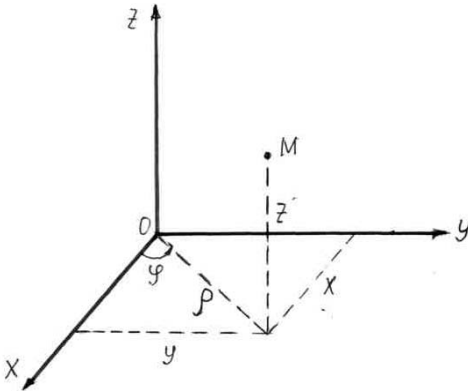


Рис. 1. Цилиндрические координаты точки М

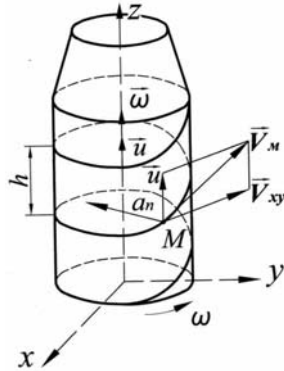


Рис. 2. Винтовая линия

Проекции скорости точки:

$$V_\rho = \dot{R} = 0; \quad V_\phi = R(\omega t)' = R\omega; \quad V_z = (ut)' = u.$$

Модуль скорости:

$$V = \sqrt{V_\rho^2 + V_\phi^2 + V_z^2} = \sqrt{R^2\omega^2 + u^2}.$$

Проекции ускорения:

$$\begin{cases} \alpha_\rho = \ddot{R} - R(\omega t)''^2 = -R\omega^2; \\ \alpha_\varphi = R(\omega t)'' + 2\dot{R}(\omega t)' = 0; \\ \alpha_z = (ut)'' = 0. \end{cases}$$

Модуль ускорения:

$$\alpha = \sqrt{\alpha_\rho^2 + \alpha_\varphi^2 + \alpha_z^2} = R\omega^2.$$

Анализируя полученные результаты, можно сказать, что сложное движение точки складывается из вращательного вместе с закрученным потоком вокруг вертикальной оси с угловой скоростью ω и поступательного движения вместе с другим потоком вдоль этой оси со скоростью u . Такое движение называется винтовым. Скорость точки направлена по касательной к винтовой линии, а ускорение имеет только нормальную составляющую и направлено по R к оси вращения (на это указывает знак минус проекции α_ρ).

Для большей наглядности перейдем от цилиндрических к декартовым координатам. Обратимся к рис. 1: $\varphi = \omega t$. Тогда

$$x = R \cos \omega t; \quad y = R \sin \omega t; \quad z = ut. \quad (1)$$

Исключим параметр t из уравнений движения:

$$t = \frac{z}{u}; \quad x = R \cos \omega \frac{z}{u}; \quad y = R \sin \omega \frac{z}{u}.$$

Полученные уравнения есть уравнения траектории в непараметрической форме. Это винтовая линия. Первые два уравнения системы (1) показывают, что проекция точки M на плоскость (x, y) описывает окружность за время $t = \frac{2\pi}{\omega}$.

За это время проекция точки на ось z переместится на величину

$$h = \frac{2\pi}{\omega} \cdot u. \quad (2)$$

Эта величина называется шагом винтовой линии. Как видим, шаг не зависит от диаметра камеры сушильной установки.

Проекции скорости точки на оси (x y z):

$$\begin{cases} V_x = \dot{x} = (R \cos \omega t)' = -R\omega \sin \omega t; \\ V_y = \dot{y} = (R \sin \omega t)' = R\omega \cos \omega t; \\ V_z = \dot{z} = (ut)' = u. \end{cases}$$

Модуль скорости:

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2} = \sqrt{R^2 \omega^2 \sin^2 \omega t + R^2 \omega^2 \cos^2 \omega t + u^2} = \sqrt{R^2 \omega^2 + u^2} .$$

Проекции ускорения:

$$\begin{cases} \alpha_x = \dot{V}_x = (-R\omega \sin \omega t)' = -R\omega^2 \cos \omega t; \\ \alpha_y = \dot{V}_y = (R\omega \cos \omega t)' = -R\omega^2 \sin \omega t; \\ \alpha_z = \dot{V}_z = (u)' = 0. \end{cases}$$

Модуль ускорения:

$$\alpha = \sqrt{\alpha_x^2 + \alpha_y^2 + \alpha_z^2} = \sqrt{R^2 \omega^4 \cos^2 \omega t + R^2 \omega^4 \sin^2 \omega t} = R\omega^2 .$$

Касательное ускорение:

$$\alpha_\tau = \dot{V} = 0, \text{ так как } V = \text{const} .$$

Нормальное ускорение:

$$\alpha_n = \sqrt{\alpha^2 - \alpha_\tau^2} = R\omega^2 .$$

Радиус кривизны траектории:

$$\rho = \frac{V^2}{\alpha_n} = \frac{R^2 \omega^2 + u^2}{R\omega^2} = R + \frac{u^2}{R\omega^2} .$$

Если сложить геометрически две составляющие скорости \vec{V}_x и \vec{V}_y , то получим скорость \vec{V}_{xy} , лежащую в плоскости, перпендикулярной оси вращения и направленную по касательной к поверхности цилиндра. По модулю она равна:

$$V_{xy} = \sqrt{R^2 \omega^2 \sin^2 \omega t + R^2 \omega^2 \cos^2 \omega t} = R\omega$$

Геометрическое сложение \vec{V}_{xy} и \vec{u} дает нам вектор скорости точки М, который лежит в касательной к цилиндру плоскости и образует угол α с осью цилиндра:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{V_{xy}}{u} = \frac{R\omega}{u}. \quad (3)$$

Определим закон движения точки по винтовой линии. Для этого определим дифференциалы координат движущейся точки:

$$dx = -R\omega \sin \omega t \, dt; \quad dy = R\omega \cos \omega t \, dt; \quad dz = u \, dt.$$

Дифференциал дуги:

$$\begin{aligned} ds &= \sqrt{(dx)^2 + (dy)^2 + (dz)^2} = \sqrt{R^2 \omega^2 (\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t) + u^2} \, dt = \\ &= \sqrt{R^2 \omega^2 + u^2} \, dt; \end{aligned}$$

$$S = \int_0^t \sqrt{R^2 \omega^2 + u^2} \, dt = \sqrt{R^2 \omega^2 + u^2} \, t.$$

$S = \sqrt{R^2 \omega^2 + u^2} \, t$ – закон движения точки по винтовой линии.

На рис. 3 показано движение высушиваемого продукта в сушильной камере смешанного типа.

Очевидно, что для лучшего высушивания продукта нужно, чтобы этот продукт дольше задерживался в сушильной камере. Это значит, что шаг винтовой линии должен быть мельче. Формула (2) шага винта позволяет прийти к выводу, что при малых скоростях впрыскивания высушиваемого продукта и больших скоростях закручивания потока шаг винтовой линии будет мельче. По этой же формуле можно сказать, что шаг не зависит от диаметра камеры.

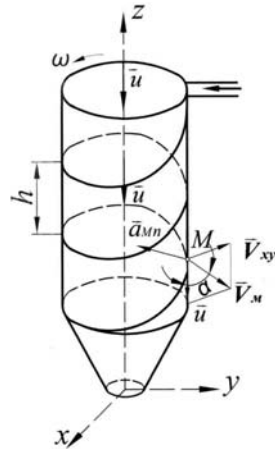


Рис. 3. Кинематические характеристики движения высушиваемого продукта

Согласно формуле (3), тангенс угла наклона вектора скорости частицы к образующей цилиндрической камеры будет увеличиваться, а, следовательно, будет увеличиваться угол наклона. Возможно, это будет способствовать меньшему налипанию продукта на стенки камеры.

Итак, для лучшего высушивания и уменьшения прилипания частиц к стенкам камеры необходимо уменьшить шаг винтовой линии и увеличить тангенс угла наклона линейной скорости частицы к образующей цилиндра. Это достигается путем увеличения ω и уменьшением u согласно формулам (2) и (3).

Библиографический список

1. *Файвишевский М.Л.* Оборудование для сушки жидких видов мясного сырья // Мясная индустрия. 2005. № 8. С. 66-68.
2. *Куцакова В.Е., Маценко Л.В., Исаков М.Х.* Сушка продуктов в аппаратах со встречно-закрученными слоями инертных носителей // Мясная индустрия. 2006. № 5. С. 49-50.
3. *Магомедов Г.О., Мальцев Г.П., Бывальцев А.И. и др.* Распылительные сушильные установки для получения порошкообразных пищевых полуфабрикатов // Пищевая промышленность. 2004. № 12. С. 28-31.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----|
| I. ИХТИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ | 3 |
| <i>Е.Н. Бауло.</i> Методы лазерной спектроскопии в исследованиях естественных вод | 3 |
| <i>В.Н. Казаченко.</i> Строение рыб и локализация на них паразитических копепод (Crustacea: Copepoda)..... | 10 |
| <i>С.А. Каткова, О.А. Апанасенко, Н.Н. Жамская, Л.С. Бянкина,</i> <i>И.Г. Хальченко.</i> Физико-химические методы очистки сточных вод | 21 |
| <i>И.А. Кашин, С.И. Масленников, Е.В. Смирнова.</i> Сообщества обрастания причальных сооружений в бухтах Житкова и Парис (о-в Русский, залив Петра Великого, Японское море) | 26 |
| <i>В.И. Ковалева.</i> Морфология фолликулярных клеток в яичнике у травяного шримса <i>Pandalus Latirostris</i> | 35 |
| <i>В.И. Ковалева.</i> Сезонное изменение репродуктивной биологии травяного шримса <i>Pandalus Latirostris</i> | 40 |
| <i>С.И. Масленников, А.Г. Подкорытов.</i> Особенности распределения дальневосточного трепанга на открытой акватории Амурского залива | 45 |
| <i>Н.В. Островская, Л.В. Дуболазова.</i> Исследование отходов упаковочных материалов из пластмассы с целью их дальнейшей утилизации..... | 54 |
| <i>И.Г. Рыбникова.</i> Водные биологические ресурсы и российское законодательство | 60 |
| <i>И.Г. Рыбникова, Г.М. Пушникова, Л.С. Швецова.</i> О зараженности тихоокеанской сельди личинками нематод | 64 |
| II. ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО. АКУСТИКА | 69 |
| <i>С.М. Балабаев, Н.Ф. Ивина.</i> Полный спектр нормальных волн цилиндрического пьезоактивного волновода | 69 |
| <i>Е.С. Гиреева, Я.А. Новикова, В.И. Семененко.</i> Биотехническое обоснование использования санитарной марикультуры для очистки водных акваторий от промышленных и бытовых сбросов | 77 |
| <i>В.В. Карасев, С.А. Верещагин, В.Н. Коломоец.</i> Анализ корреляционных способов измерения скорости корабля..... | 82 |
| <i>В.В. Карасев, С.А. Верещагин, В.Н. Коломоец.</i> Обоснование требований к повышению точности измерения скорости корабля и точности счисления | 91 |
| <i>В.В. Карасев, В.Н. Коломоец.</i> Анализ способов обработки сигналов в вычислительных устройствах корреляционных лагов..... | 97 |
| <i>Э.Н. Ким, Е.В. Осипов, В.В. Чернецов.</i> Совершенствование методов проектирования кутковой части тралов с учетом обеспечения качества уловов | 103 |

| | |
|--|-----|
| <i>В.В. Кудакеев, А.Н. Бойцов, В.В. Чернецов, О.А. Висягин.</i> | |
| Устройства горизонтального раскрытия тралов | 108 |
| <i>Л.Д. Полищук.</i> Дискретное преобразование меллина в применении к решению гидроакустических задач | 118 |
| <i>В.И. Семененко, В.В. Чернецов.</i> Совершенствование тралового промысла с использованием искусственных физических полей | 120 |
| <i>П.А. Стародубцев, В.В. Карасев, С.В. Гуторова.</i> Процесс формирования дальней зоны излучения и приема гидроакустических преобразователей рыбопоисковых систем при нелинейном взаимодействии гидроакустических сигналов | 126 |
| <i>О.В. Телятник.</i> Новая технология постройки ставных неводов | 131 |
| III. СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ, УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ | 140 |
| <i>Е.И. Есипенко.</i> Гидродинамический стенд для моделирования движения морской воды | 140 |
| <i>Н.П. Кадочникова.</i> Исследование давления на фундамент механизма ножниц для резки металла | 148 |
| <i>Л.К. Капран, В.В. Маницын, З.П. Старовойтова.</i> Уравнение регрессий основных конструктивных характеристик корпуса упорно-опорного подшипника судового валопровода | 152 |
| <i>Б.И. Руднев, О.В. Повалихина.</i> Аспекты численного моделирования процессов локального теплообмена в камере сгорания дизельного двигателя | 163 |
| IV. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ | 169 |
| <i>А.Ф. Бурков.</i> Исследование несимметричных режимов работы судовых электроприводов переменного тока | 169 |
| <i>А.Ф. Бурков.</i> Применение метода гармонического анализа к исследованиям режимов работы электродвигателей переменного тока | 175 |
| <i>А.Ф. Бурков.</i> Применение метода переменных состояний к исследованиям режимов работы электродвигателей переменного тока | 182 |
| <i>А.Ф. Бурков, Н.Д. Крицкий.</i> Расчет контактных систем контакторов при их работе в специальных режимах | 186 |
| <i>В.В. Веревкин, В.В. Миханюшин.</i> Расчет величины напряжения и емкости аккумуляторной батареи для комбинированной энергоустановки | 195 |
| <i>В.А. Герасимов, В.К. Усольцев, А.Н. Шейн.</i> Управление световым потоком рыбопромыслового светотехнического оборудования | 201 |

| | |
|--|------------|
| <i>В.Н. Густилин.</i> Повышение эффективности эксплуатации электрооборудования траловых лебедек..... | 205 |
| <i>В.Н. Густилин.</i> Поиск неисправностей и построение технической структуры диагностики опреснительной установки ТР «Иван Айвазовский» | 209 |
| <i>Е.И. Есипенко.</i> Исследование влияния гелиевого сосуда на характеристику первичного преобразователя | 214 |
| <i>С.А. Лоншаков.</i> Управляемый судовым электропривод | 218 |
| <i>В.Я. Молочков, И.Д. Молочкова.</i> Компьютерный тренажер судовой электростанции | 223 |
| <i>В.Я. Молочков, И.Д. Молочкова.</i> Экспертные системы в практике обслуживания и ремонта электрооборудования судов | 227 |
| <i>Н.П. Сологуб.</i> Способ токового нагрева обмоток находящегося в эксплуатации электродвигателя переменного тока | 232 |
| V. УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ МОРЕПЛАВАНИЯ И ПОДГОТОВКА МОРСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ | 235 |
| <i>В.В. Бойко, Л.М. Гунько.</i> Буксиры «тракторного» типа | 235 |
| <i>В.В. Бойко, Л.М. Гунько.</i> О буксирах рыбного порта Владивосток | 237 |
| <i>В.Н. Ломакин, И.С. Карлушин.</i> Динамический стереотип в судовождении | 239 |
| <i>В.Н. Ломакин, И.С. Карлушин.</i> Динамический стереотип «плавание в условиях ограниченной видимости» | 246 |
| <i>О.К. Митракова.</i> Ценностные ориентации в системе профессионально важных качеств личности судоводителя рыбопромыслового флота | 252 |
| <i>О.К. Митракова.</i> Стратегии поведения в конфликте будущих специалистов-судоводителей | 260 |
| <i>О.В. Немцев, А.А. Иванова, Г.Ю. Бочарникова.</i> Подготовка морских специалистов в вузе | 268 |
| <i>В.П. Тунеголовец, Ю.В. Веселкова.</i> Применимость индекса обледенения для судов рыбной отрасли | 273 |
| VI. ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ | 280 |
| <i>В.Д. Богданов, К.М. Олейникова.</i> Характеристика крупнокусковых колбасных изделий из гидробионтов | 280 |
| <i>Н.В. Дементьева.</i> Применение бактериальных заквасок в производстве мясных колбасных изделий | 289 |
| <i>Э.Н. Ким, Н.В. Нагайцева, В.Л. Марьясов, Т.В. Правдина.</i> Применение пищевых полифосфатных добавок при производстве продукции из гидробионтов | 292 |

| | |
|---|-----|
| <i>В.В. Кращенко, Е.М. Панчишина. Исследование влияния поваренной соли на характеристики рыбных бульонов</i> | 298 |
| <i>В.В. Кращенко, В.А. Сполохова. Использование метода конвея для определения активности воды в пищевых системах</i> | 302 |
| <i>Л.Ю. Лаженцева, О.В. Наумова, Л.В. Тринько, Э.Н. Ким. Обоснование технологии диетических паштетообразных консервов из кальмара</i> | 306 |
| <i>Т.В. Молоткова, Э.Н. Ким. Исследование физико-химического состава и функционально-технологических свойств кожи осьминога</i> | 313 |
| <i>А.В. Панкина. Исследования качества консервов с растительными структурорегулирующими композициями</i> | 317 |
| <i>В.И. Погонец. Способ сушки шинкованной ламинарии, обработанной сухой крупкой, полученной из водоросли, и гидродинамика процесса ее кипения</i> | 321 |
| <i>С.В. Старостина, С.В. Леваньков, М.А. Чернова, Н.Г. Тунгусов, Н.В. Костюк, А.А. Попков, А.Г. Щинова. Исследование свойств коллагенсодержащих продуктов при ферментативной модификации белковых рыб</i> | 326 |
| <i>Е.В. Суворцева, Л.Н. Игнатюк, С.Н. Максимова. Исследование антиокислительной способности хитозана</i> | 331 |
| VII. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ И ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ | 335 |
| <i>Ю.В. Алешин. Основные требования, предъявленные к распиловочным машинам пищевых продуктов</i> | 335 |
| <i>Ю.В. Алешин. Теория резания пищевых продуктов с использованием дисковых ножей</i> | 337 |
| <i>Э.А. Врищ. Современное оборудование для упаковки пищевых продуктов</i> | 340 |
| <i>С.П. Григорьева, Л.К. Юрченко, И.В. Пищулина. Восходящее движение материальной точки</i> | 346 |
| <i>А.В. Дарменко, Ю.Г. Капустина, Г.Г. Огиенко, В.К. Поповкин, С.А. Самойличенко. Установка по очистке технологических сточных вод многопрофильного пищевого предприятия</i> | 350 |
| <i>Л.В. Дуболазова. Системы кондиционирования воздуха: история, типы, принцип работы</i> | 353 |
| <i>Л.В. Дуболазова, Н.В. Островская, В.Д. Чайка. Возможность применения трубопроводов из полимерных материалов для холодильных установок, работающих на хладоне R22</i> | 361 |
| <i>Ю.М. Зайцев, В.Д. Рогачев, А.К. Митин. Применение электронного ограничителя тока на автомобильной технике</i> | 367 |
| <i>Ю.М. Зайцев, В.В. Семьин. Методы снижения сажеобразования в дизеле</i> | 372 |

| | |
|---|-----|
| <i>Ю.М. Зайцев, В.В. Семьинин.</i> Новая концепция электромобиля | 374 |
| <i>Ю.М. Зайцев, В.В. Семьинин.</i> Тепловой двигатель с внешним подводом тепла | 379 |
| <i>Ю.М. Зайцев, В.В. Семьинин, А.Д. Коленко.</i> Система облегчения пуска двигателя внутреннего сгорания при низких температурах окружающего воздуха | 385 |
| <i>В.В. Кирюха.</i> Оптимизация температурных нормативов воздушной среды при выборе и эксплуатации систем кондиционирования производственных помещений большой площади | 388 |
| <i>К.Ю. Мельников, С.Д. Угрюмова.</i> Экспериментальное исследование процесса вибросортирования рыбы | 399 |
| <i>И.В. Панюкова, С.Д. Угрюмова.</i> Методика измерения и контроля вибрационных параметров пневматического пистолета мини-моечной машины | 405 |
| <i>В.И. Погонец.</i> Технологическая последовательность изготовления газораспределительных решеток, используемых в установках с ВЗП при сушке гидробионтов | 409 |
| <i>Л.К. Юрченко, С.П. Григорьева, И.В. Пищулина.</i> Кинематика распылительных сушильных установок | 417 |