

УДК 628.83

UDC 628.83

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences)

**ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВОЗДУХОВОДОВ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ФЕРМ СОДЕРЖАНИЯ КРС С ВОПРОСАМИ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА**

**PRACTICAL BASICS OF MANUFACTURING AIR DUCTS OF VENTILATION SYSTEMS FOR CATTLE FARMS WITH ISSUES OF LABOR SAFETY**

Липкович Игорь Эдуардович  
доктор технических наук, доцент  
РИНЦ SPIN-код: 1176-1210  
LipkovichIgor@mail.ru

*Азово-Черноморский инженерный институт  
ФГБОУ ВО Донской ГАУ в г. Зернограде, г.  
Зерноград, Ростовская область, Россия*

Lipkovich Igor Eduardovich  
Doctor of Technical Sciences, assistant professor  
RSCI SPIN-code: 1176-1210  
LipkovichIgor@mail.ru

*The Azov-Black Sea Engineering Institute FSBEI HE  
«Don State Agrarian University» in Zernograd,  
Zernograd, the Rostov region, Russia*

Псюкало Сергей Петрович  
кандидат технических наук, доцент  
РИНЦ SPIN-код: 8928-4869  
sergei\_psyukalo44@mail.ru

*Азово-Черноморский инженерный институт  
ФГБОУ ВО Донской ГАУ в г. Зернограде, г.  
Зерноград, Ростовская область, Россия*

Psyukalo Sergey Petrovich  
Candidate of Technical Sciences, assistant professor  
RSCI SPIN-code: 8928-4869  
sergei\_psyukalo44@mail.ru

*The Azov-Black Sea Engineering Institute FSBEI HE  
«Don State Agrarian University» in Zernograd,  
Zernograd, the Rostov region, Russia*

Егорова Ирина Викторовна  
кандидат технических наук  
РИНЦ SPIN-код: 1003-8910  
OrishenkoIrina@mail.ru

*Азово-Черноморский инженерный институт  
ФГБОУ ВО Донской ГАУ в г. Зернограде, г.  
Зерноград, Ростовская область, Россия*

Egorova Irina Victorovna  
Candidate of Technical Sciences  
RSCI SPIN-code: 1003-8910  
OrishenkoIrina@mail.ru

*The Azov-Black Sea Engineering Institute FSBEI HE  
«Don State Agrarian University» in Zernograd,  
Zernograd, the Rostov region, Russia*

Петренко Надежда Владимировна  
кандидат технических наук, доцент  
РИНЦ SPIN-код: 5942-7170

*Азово-Черноморский инженерный институт  
ФГБОУ ВО Донской ГАУ, в г. Зернограде, г.  
Зерноград, Ростовская область, Россия*

Petrenko Nadezhda Vladimirovna  
Candidate of Technical Sciences, assistant professor  
RSCI SPIN-code: 5942-7170

*The Azov-Black Sea Engineering Institute FSBEI HE  
«Don State Agrarian University» in Zernograd,  
Zernograd, the Rostov region, Russia*

Пятикопов Сергей Михайлович  
кандидат технических наук, доцент  
РИНЦ SPIN-код: 5409-2713  
Pjatikopov@mail.ru

*Азово-Черноморский инженерный институт  
ФГБОУ ВО Донской ГАУ в г. Зернограде, г.  
Зерноград, Ростовская область, Россия*

Pyatikopov Sergey Mikhailovich  
Candidate of Technical Sciences, assistant professor  
RSCI SPIN-code: 5409-2713  
Pjatikopov@mail.ru

*The Azov-Black Sea Engineering Institute FSBEI HE  
«Don State Agrarian University» in Zernograd,  
Zernograd, the Rostov region, Russia*

В статье рассмотрен технологический процесс изготовления изделий систем вентиляции. Представлено из каких частей состоят воздухопроводы в системах вентиляции сельскохозяйственных помещений, а также какой материал и форма сечения используется при их изготовлении. Приведены способы соединения звеньев воздухопроводов при монтаже вентиляционных систем на животноводческих фермах. Ввиду большой металлоемкости, недолговечности в условиях агрессивных сред животноводческих помещений,

The article discusses the technological process of manufacturing ventilation system products. It is presented what parts the air ducts in ventilation systems for agricultural premises consist of, as well as what material and cross-sectional shape is used in their manufacture. Methods for connecting air duct sections when installing ventilation systems on livestock farms are given. Due to the high metal consumption, fragility in the conditions of aggressive environments of livestock buildings, high cost, labor intensity of manufacturing and installation of metal air ducts, the

дороговизны, трудоемкости изготовления и монтажа металлических воздуховодов, потребности в специальном станочном оборудовании и приспособлений рекомендовано для животноводческих предприятий использование воздуховодов из нестабилизированной пленки. Механик, изготавливающий воздуховоды для систем вентиляции на животноводческих фермах, должен соблюдать правила внутреннего трудового распорядка. К работам по изготовлению воздуховодов систем вентиляции крупного рогатого скота допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр, вводный инструктаж, производственное обучение, а также проверку знаний законодательства об охране труда. Работник должен быть обеспечен спецодеждой, спецобувью и другими средствами индивидуальной защиты. В условиях сельскохозяйственных предприятий, изготовление воздуховодов вентиляционных систем является достаточно сложным технологическим процессом и требует от персонала точное соблюдение требований проектной документации и правил охраны труда

Ключевые слова: СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ, КРУПНЫЙ РОГАТЫЙ СКОТ, БЕЗОПАСНОСТЬ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ОХРАНА ТРУДА, ПЕРСОНАЛ, СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ, ВОЗДУХОВОД, МОНТАЖ, ФЛАНЕЦ, ФАСОННАЯ ЧАСТЬ, ПОЛИЭТИЛЕНОВАЯ ПЛЕНКА

need for special machine equipment and devices, it is recommended for livestock enterprises to use air ducts made of unstabilized film. A mechanic who makes air ducts for ventilation systems on livestock farms must comply with internal labor regulations. Persons at least 18 years of age who have undergone a medical examination, induction training, industrial training, and testing of knowledge of labor protection legislation are allowed to work on the manufacture of air ducts for cattle ventilation systems. The employee must be provided with special clothing, safety shoes and other personal protective equipment. In the conditions of agricultural enterprises, the manufacture of air ducts for ventilation systems is a rather complex technological process and requires personnel to strictly comply with the requirements of design documentation and labor protection rules

Keywords: AGRICULTURAL ENTERPRISES, CATTLE, SAFETY, TECHNOLOGICAL PROCESS, LABOR PROTECTION, PERSONNEL, VENTILATION SYSTEM, AIR DUCT, INSTALLATION, FLANGE, FITTINGS, POLYETHYLENE FILM

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-198-016>

Сельскохозяйственное производство характеризуется эксплуатацией большого количества зданий и сооружений, в которых находятся вентиляционные системы, отвечающие за технологический процесс и обеспечение нормативных требований к воздуху рабочих зон. Поэтому изготовление воздуховодов является одним из основных элементов работ при монтаже и эксплуатации оборудования на фермах содержания крупного рогатого скота (КРС) [1].

С целью комплектной поставки систем вентиляции для монтажа на животноводческих предприятиях изготавливают прямые и фасонные части воздуховодов. Следует отметить, что в системах вентиляции сельскохозяйственных помещений количество прямых участков в среднем составляет 70% от общего количества воздуховодов.

<http://ej.kubagro.ru/2024/04/pdf/16.pdf>

Воздуховоды приточной и вытяжной вентиляции выполняют круглого и прямоугольного сечения, используя в основном черную листовую сталь толщиной от 0,55 до 2 мм. Воздуховоды для транспортировки воздуха повышенной влажности рекомендуется изготавливать из оцинкованной стали. Воздуховоды, предназначенные для работы в агрессивных средах, в зависимости от свойств среды изготавливают из специальных материалов (листового алюминия, нержавеющей стали, винипласта и др.). Воздуховоды, по которым предусмотрено перемещение воздуха температурой выше 100 °С, изготавливают из листовой стали толщиной не менее 1 мм. Воздуховоды приточной вентиляции для животноводческих и птицеводческих ферм рекомендуется изготавливать из полиэтиленовой пленки толщиной 0,6-0,2 мм, а также из стеклоткани [3].

Технологический процесс изготовления металлических воздуховодов характеризуется способом соединения листов и отдельных элементов между собой. Существуют два способа соединения – фальцевое и сварное, имеющие свои особенности в организации технологического процесса. На технологический процесс изготовления воздуховодов также влияет конструкция изделий (прямые или фасонные части), форма и размеры применяемого материала. Воздуховоды из стали толщиной до 1,5 мм изготавливают на фальцах или сваркой, а при толщине листа более 1,5 мм – только сваркой. Фасонные части воздуховодов изготавливают из листовой стали, а прямые участки – из листа и ленты шириной до 750 мм.

Технологический процесс изготовления воздуховодов из стальных листов на фальцевом соединении начинается с подготовки поверхности листов и их окраски с обеих сторон. Стальные листы ввиду ограниченности их размеров соединяют между собой в ленту. Ширина ленты равняется длине соединяемых между собой листов. Следующими операциями являются разметка и раскрой ленты на заготовки, изготовление прямых участков и фасонных частей воздуховодов,

офланцовка их, комплектование вентиляционных систем и маркировка [4].

При изготовлении стальных воздуховодов на сварке применяют следующие виды сварных соединений: стыковые, угловые, внахлестку и с отбортовкой. Перед сваркой края листов необходимо очистить от грязи, масла, ржавчины и окалины. По окончании сварки швы должны быть очищены от шлака и брызг электродного металла. В настоящее время при сварке листов в ленту и воздуховодов широко применяют сварку в среде углекислого газа на полуавтоматах и автоматах. Ручную электродугую сварку применяют только в отдельных случаях. Применять газовую сварку не рекомендуется ввиду ее низкой производительности.

Операция разметки заключается в нанесении на плоскость ленты развертки изделия. Развертка прямых участков воздуховодов представляет собой прямоугольник. При разметке должны быть предусмотрены припуски на фальцы при фальцевом соединении изделий и припуски на нахлестку при сварном соединении внахлестку. Размер припуска на один фальц зависит от вида фальцевого шва и равен 6-30 мм. Величина нахлестки должна составлять 8-10 мм и не более 15 мм.

Соединение звеньев воздуховода между собой и с фасонными частями на фланцах наиболее распространено при монтаже вентиляционных систем. Фланец на фальцевом воздуховоде закрепляют путем отбортовки на него торца звена воздуховода. Ширину отбортовки принимают равной 10-15 мм, при этом отбортовка не должна закрывать отверстия для болтов во фланцах. Для закрепления фланца на звене воздуховода прокатывают упорный валик. На специализированных предприятиях офланцовку звеньев воздуховодов выполняют механизированным вальным способом.

На специализированных предприятиях широко внедряется новый метод изготовления прямых звеньев воздуховодов круглого сечения из рулонной стали путем скручивания стальной ленты в виде спирали. Механизированное формование воздуховодов со спиральным швом

проводят на специальном стане [5].

Следует несколько подробнее остановиться на технологическом процессе изготовления фасонных частей. Основной объем ручных работ составляет разметка их заготовок. Объясняется это сложностью выполняемых операций при разметке картин на заготовки. Второй причиной является то, что, несмотря на стандартизацию, количество размерностей фасонных частей остается большим. Поэтому встречаются детали, требующие частного вида развертки, и это значительно снижает значение специальной оснастки и требует значительных затрат на ее изготовление. Фасонные части представляют собой правильные геометрические фигуры или их сочетания. Следовательно, развертку можно проводить графическим способом. Этот способ чаще всего применяют при изготовлении шаблонов, по которым элементы фасонных частей размечают при их массовом изготовлении.

При монтаже вентиляционных систем на животноводческих фермах стальные фасонные части соединяют с прямыми участками воздуховодов как при помощи фланцев, так и без фланцев. При фланцевом соединении воздуховодов операция закрепления фланцев на концах фасонных частей довольно трудоемка. Применение специальных механизмов позволяет снизить трудоемкость и облегчить труд рабочих. Для офланцовки фасонных частей (отводов, тройников, крестовин) круглого и прямоугольного сечения применяют механизм ВМС 58, характеризующийся следующими данными: диаметр офланцовываемых изделий от 165 до 1600 мм, максимальная толщина стенки изделий 2 мм, скорость забортовки 9,5 м/мин.

На специализированных предприятиях фланцы воздуховодов круглого и прямоугольного сечения изготавливают из угловой стали. Существуют два способа изготовления круглых фланцев. При первом способе угловую сталь на приводном фланцегибочном станке изгибают в

спираль, которую на прессе специальным штампом рубят на кольцевые заготовки. Кольца сваривают и калибруют, после чего на прессе, используя специальный штамп, пробивают отверстия. Конструкция штампа позволяет выдерживать нужное расстояние между отверстиями по хорде. Второй способ отличается от первого тем, что угловую сталь сначала рубят на мерные заготовки, которые на фланцегибочном станке СТД-42 затем изгибают в кольца [6].

Для изгиба угловой стали в спираль широко применяют фланцегибочный механизм ВМС-94, который характеризуется следующими показателями [4]:

профиль прокатываемого материала, мм:

наименьший размер угловой стали.....25×25×3

наибольший размер угловой стали.....36×36×4

минимальный диаметр прокатываемого фланца, мм: .....200

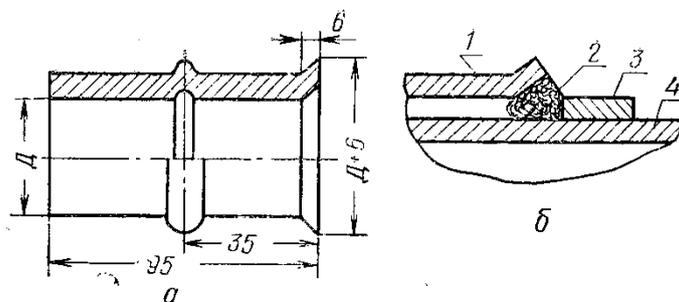
из угловой стали 25х25х3.....200

из угловой стали 36х36х4.....600

Прямоугольные фланцы изготавливают в такой последовательности: угловую сталь на пресс-ножницах рубят на мерные отрезки, рихтуют их и сваривают во фланец, в котором пробивают отверстия под болты. Для получения прямых углов во фланцах при их сварке применяют кондукторы.

Однако фланцевые соединения воздухопроводов имеют ряд существенных недостатков, важнейшие из которых: большая трудоемкость сборки воздухопроводов на объекте монтажа, связанная с установкой большого числа болтов; значительный расход профильного проката, метизов и прокладочных материалов; большая трудоемкость изготовления фланцев даже при механизированном способе их производства; недостаточная эстетичность смонтированных вентиляционных систем. При бесфланцевом соединении звеньев воздухопроводов между собой и

фасонными частями надобность в выполнении операций офланцовки и изготовления фланцев отпадает. Поэтому немаловажную роль в повышении производительности труда при вентиляционных работах играет замена фланцевых соединений воздухопроводов бесфланцевыми [4].



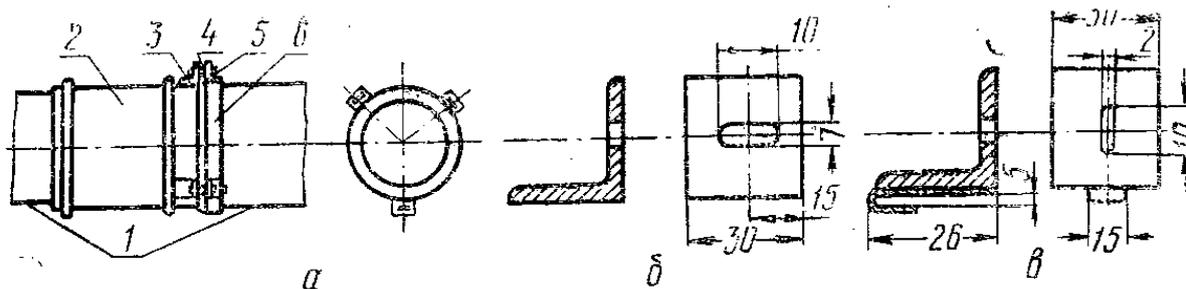
а – раструб; б – общий вид соединения; 1 – раструб;

2 – герметизирующая прокладка; 3 – обруч жесткости; 4 – воздуховод

Рисунок 1 – Бесфланцевое соединение звеньев воздухопроводов при помощи приставного раструба

В результате анализа отечественного и зарубежного опыта применения различных видов бесфланцевых соединений воздухопроводов для воздухопроводов диаметром 100-450 мм рекомендована конструкция бесфланцевого соединения при помощи приставного раструба (рисунок 1). При данном виде соединения раструб надевают на соответствующий конец звена воздуховода на глубину 30 мм, прихватывают его точечной сваркой в нескольких местах по периметру и на зигмашине прокатывают зиг, герметизирующий место соединения воздуховода с раструбом. Раструб устанавливают на прямые участки воздуховода с одной стороны, на фасонные части с двух сторон. Изготавливают раструб из тонколистовой стали толщиной 1,0-1,5 мм. Обруч жесткости надевают на конец воздуховода на глубину 60 мм и прихватывают точечной сваркой с шагом 75-100 мм. Изготавливают обруч жесткости из полосовой стали размерами 25x4 мм, внутренним диаметром, равным наружному диаметру воздуховода. Обруч жесткости можно заменить прокаткой упорного зига на воздуховоде.

Кроме вышеуказанного вида бесфланцевого соединения, рекомендуется болтовое раструбное соединение (рисунок 2), при котором к раструбу, закрепленному на конце воздуховода, приваривают три уголка из угловой равнобокой стали 25x25x3 мм. К обручу жесткости крепят три подвижных уголка из той же стали и таких же размеров, что и неподвижные [4].



- а – общий вид; б – уголок неподвижный; в – уголок подвижный;  
 1 – соединяемые воздухопроводы; 2 – раструб; 3 – уголок неподвижный;  
 4 – болт с гайкой; 5 – уголок подвижный; 6 – обруч жесткости

Рисунок 2 – Болтовое раструбное соединение звеньев воздухопроводов

Заслуживают внимания работы по применению эпоксидных клеев при бес-фланцевом соединении воздухопроводов. Эксперименты показали, что при соединении воздухопроводов можно широко использовать клей. Применение его в качестве уплотнителя позволит исключить расход сортового металла и болтов на соединениях звеньев стальных воздухопроводов.

Применяется бесфланцевое соединение круглых звеньев воздухопроводов при помощи ниппеля. Ниппель делают из более толстого металла, чем стыкуемые участки воздуховода, с допусками наружного диаметра, которые колеблются в зависимости от диаметра воздухопроводов от 0,45 до 2 мм. Такие же допуски установлены и для внутренних диаметров стыкуемых участков воздухопроводов. Длина ниппеля в зависимости от диаметра может быть от 80 до 200 мм. Посередине ниппеля имеется зиг высотой 6 мм. Жесткие допуски ниппеля и участков воздухопроводов

позволяют обеспечить плотное прилегание ниппеля изнутри к соединяемым участкам воздуховодов. Стык собирают в такой последовательности: на ниппель наносят слой эластичной мастики, после чего его вставляют в конец соединяемой трубы до зига, конец второй трубы надвигают на ниппель. Для жесткости стыка устанавливают по четыре заклепки с одного и другого концов соединяемых труб. Такие бесфланцевые соединения воздуховодов имеют простую и надежную конструкцию и при соблюдении технических условий и допусков обеспечивают не меньшую плотность, чем фланцевые.

В большинстве существующих типовых проектов животноводческих ферм и других помещений в системах вентиляции предусматривают воздуховоды из оцинкованной или черной с антикоррозийным покрытием листовой стали толщиной 0,5-1,0 мм. Эти конструкции воздуховодов с большим количеством соединительных фланцев металлоемки, недолговечны в условиях агрессивных сред животноводческих помещений, дорогостоящи, плохо вписываются во внутренний вид здания, нетранспортабельны. Технологический процесс изготовления и монтажа металлических воздуховодов трудоемок и требует специальные станочное оборудование и приспособления. Анализ типовых проектов животноводческих помещений показывает, что для раздаточного воздуховода в коровниках на 200 голов или свинарниках-откормочниках на 2 тыс. голов требуется 250-300 м<sup>2</sup> листовой стали, т. е. более 2 т. Стоимость изготовления и монтажа такой системы вентиляции более 10 млн. рублей. Неэкономичность применения на животноводческих фермах металлических воздуховодов вынудила изыскивать для этих целей заменители металла. За последние годы в этом направлении широкое применение получили изделия из полиэтилена. Такие положительные качества полиэтиленовых пленок, как легкость, малый коэффициент шероховатости, противодействие агрессивной среде, способность

сваривания и склеивания, привлекли внимание специалистов.

Исследования и производственная проверка воздуховодов, изготовленных из нестабилизированной пленки толщиной 0,1 мм, показали, что они выдерживают давление, в 2-5 раз превышающее рабочее центробежных вентиляторов Ц-4-70 и Ц-9-57, которыми укомплектованы почти все вентиляционно-отопительные установки с автоматическим регулированием микроклимата. Температура размягчения пленки колеблется в пределах 108-120°C, что значительно выше температуры транспортируемого воздуха в воздуховодах при калориферном отоплении зданий, а температура хрупкости составляет -70 °С. Производственная проверка показала, что при отсутствии прямого ультрафиолетового облучения пленка практически не теряет своей эластичности, прочности и других физико-механических свойств.

Пленочные воздуховоды не требуют покраски, не портятся при дезинфекции животноводческих помещений. Бесшумны в эксплуатации, позволяют транспортировать воздух с повышенными скоростями.

Приведенные выше технические данные о полиэтиленовой пленке говорят о возможности применения ее для изготовления распределительных воздуховодов систем приточной вентиляции животноводческих и птицеводческих помещений. Это также подтверждается многими испытаниями пленочных воздуховодов в коровниках, свинарниках, птичниках и других помещениях.

Воздуховоды из пленки имеют большие преимущества перед металлическими и по экономическим показателям. Так, например, масса пленочных воздуховодов для коровника на 200 голов равна 25-30 кг, а стоимость с учетом монтажа – в десятки раз меньше, чем металлических.

В таблице 1 для сравнения приведены экономические показатели по пленочным и металлическим воздуховодам [3, 4].

Таблица 1 – Экономические показатели металлических и пленочных

**ВОЗДУХОВОДОВ**

Показатели	Металлические воздуховоды	Пленочные воздуховоды, изготовленные	
		на простейших приспособлениях	на полуавтоматической линии (проект)
Диаметр, мм	500	500	500
Масса 1 пог. м, кг	12,7	0,145	0,145
Норма времени на изготовление 1 пог. м воздуховода, чел.-ч	0,37	0,04	0,013
Норма времени на монтаж 1 пог. м воздуховода, чел.-ч	0,57	0,08	0,08
Срок службы, лет	5-10	5-7	5-7

Вентиляционные системы животноводческих помещений характеризуются специфическими особенностями, создающими благоприятные условия для применения пленочных воздуховодов: воздуховоды приточной вентиляции составляют 90% всех воздуховодов, монтируемых в зданиях, примерно 85% этих воздуховодов составляют прямые участки круглого сечения; номенклатура диаметров воздуховодов ограничивается 4-5 типоразмерами; вентиляционные системы расположены в одноэтажных зданиях и их распределительные воздуховоды в одном помещении, не имеющем внутренних стен и перегородок; по техническим требованиям вентиляционные системы эксплуатируются круглосуточно [1].

Выбор технологических параметров сварки (температуры, давления и продолжительности по времени) зависит от толщины пленки и способа сварки. В процессе тепловой сварки полиэтиленовой пленки тепло подводят различными способами, но чаще всего нагретым газом или нагретым инструментом.

Сущность способа сварки нагретым газом заключается в том, что свариваемые поверхности нагревают до температуры сварки, разогретой струей газа. В качестве газа-теплоносителя чаще всего используют воздух. Температура газа на выходе его из сопла должна на 50-150 °С превышать температуру, необходимую для нагрева свариваемых поверхностей. Расстояние между наконечником и поверхностью сварного шва следует по

возможности поддерживать постоянным и равным 5-8 мм. Каждой температуре сварки соответствует оптимальная скорость процесса. Например, при сварке полиэтиленовой пленки толщиной 60 мкм необходимо выдерживать расстояние между наконечником и поверхностью свариваемого материала 5 мм, температуру воздуха 290-320 °С, расход воздуха 3,5-4,5 л/мин, скорость сварки 0,5- 1,0 м/мин. При этом прочность сварного шва составляет 85-95% от прочности основного материала. Скорость сварки можно увеличить до 1,5-2 м/мин за счет повышения температуры газа-теплоносителя до 350-360 °С и расхода его до 7-8 л/мин. Прочность сварного шва в этом случае составляет 70-80% от прочности основного материала. Замена воздушного теплоносителя инертным газом способствует достижению максимальной прочности шва (93-94%), но скорость сварки несколько ниже скорости сварки воздухом.

Разновидностью способа сварки нагретым газом является сварка открытым пламенем, или сварка оплавлением. При соединении пламенной сваркой края пленки накладывают друг на друга и зажимают между двумя плитами из теплопроводного материала таким образом, чтобы кромки листов пленки выступали за края прижим. Под действием открытого пламени выступающие кромки оплавляются до образования монолитного шва. Этот способ пригоден для соединения полиэтилена низкой плотности. Сварные швы, полученные пламенной сваркой, обладают высокой прочностью, но низкой морозостойкостью.

Для сварки нагретым газом полиэтиленовой пленки непрерывным швом используют автоматические и полуавтоматические машины. Сварочные машины МПС-2, СПК-М 1 МПС-54 имеют механизмы для непрерывной подачи материала в сварочную головку. Машина СПК-М характеризуется следующими показателями: толщина свариваемой пленки 50-500 мкм, ширина рулонов свариваемой пленки 1,5 м, скорость сварки 0,5-5 м/мин.

Сварка нагретым инструментом наиболее универсальный способ соединения пленки. Контактный нагрев свариваемых материалов осуществляется больше всего способом, при котором нагреватель соприкасается с внешней поверхностью изделия и тепло передается свариваемой поверхности через толщину материала.

При сварке пленки нагретым инструментом наибольшее применение нашли соединения внахлестку. При данном способе сварки можно за один цикл соединять изделие по всей длине или соединять последовательно. Для получения непрерывного шва значительной протяженности используют роликовые или ленточные аппараты. Прочность соединения, близкая к прочности основного материала, достигается в том случае, если температура свариваемых поверхностей соответствует температуре перехода данного полимера в вязкотекучее состояние. Для получения швов большой протяженности разработаны и применяют сварочные машины с непрерывной подачей свариваемого материала при помощи роликов или бесконечных лент. Ролики могут служить одновременно и нагревательным инструментом. Широко применяют универсальную машину МСП-5М, предназначенную для полуавтоматической сварки пленок прямолинейным швом внахлестку, Т-образным и криволинейным швом. Машина состоит из шкафа с электроаппаратурой, стола и стойки с консолью, к которой крепятся сменные сварочные головки, позволяющие осуществлять двусторонний нагрев инструментом, газом-теплоносителем или инфракрасным излучением. Машина МСП-5М характеризуется следующими техническими показателями: толщина свариваемого материала 25-300 мкм, ширина шва 3,5 мм, давление на материал 0-3 кгс/см<sup>2</sup>, скорость сварки 0,4-10 м/мин, максимальная температура нагрева воздуха 350 °С.

Для получения прочного шва при любом способе сварки полиэтиленовой пленки необходимо, чтобы на пленке в месте сварки не

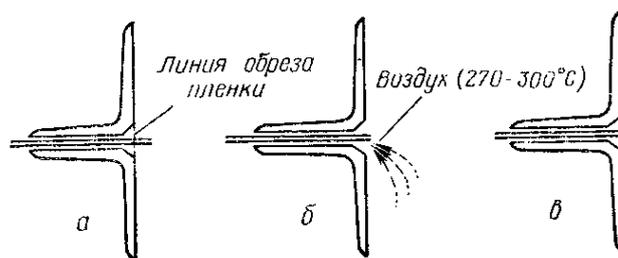
было жирных пятен, грязи и пыли.

В различных рекомендациях по применению полиэтиленовой пленки для распределительных воздуховодов приточной вентиляции животноводческих помещений предлагаются различные способы их изготовления. Так, предлагается сваривать воздуховод двойным швом нагревательным прибором через стеклоткань, а раздаточные отверстия прорезать острым предметом на объекте монтажа, когда воздуховод подключен к вентилятору и находится под полным статическим давлением.

Нагревательным прибором может служить электрический утюг с терморегулятором, настроенным на шерсть или хлопчатобумажную ткань.

В других рекомендациях предлагается следующий способ изготовления воздуховодов из полиэтиленовой пленки. Пленку необходимого размера складывают вдвое по длине, зажимают между двумя дюралевыми уголками (рисунок 3), отрезают так, чтобы оставались свободные кромки шириной 3-4 мм, и сваривают способом оплавления. Нагревательным прибором служит простейший электрический подогреватель мощностью 1,8-2 кВт. Температура нихромовой спирали должна быть в пределах 800-900 °С, а расстояние от спирали до свариваемой кромки пленки 9-10 мм. Раздаточные отверстия диаметром 40 мм прорезают специальным устройством так, чтобы в заполненном состоянии воздуховода они были расположены симметрично под углом 30-40° к вертикали.

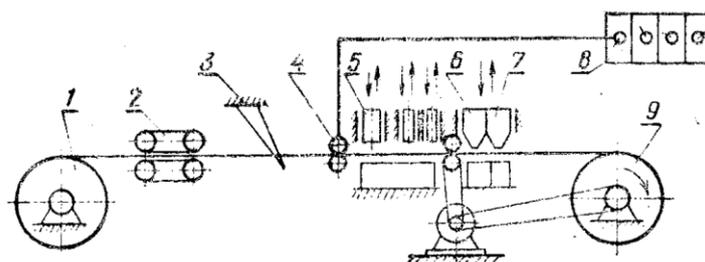
Однако все эти способы малопродуктивны и их можно успешно применять только при незначительном объеме работ. При массовом изготовлении распределительных воздуховодов приточной вентиляции из полиэтиленовой пленки технологические операции необходимо механизировать и автоматизировать.



а – установка пленки в приспособление до сварки; б – процесс сварки;  
 в – пленка в приспособления после сварки

Рисунок 3 – Сварка полиэтиленовой пленки

Спроектирована поточная полуавтоматическая линия изготовления воздухопроводов из полиэтиленовой пленки, позволяющая полностью механизировать все технологические операции: сварку пленки в рукав, пробивку распределительных отверстий требуемого диаметра и с нужным шагом, поперечную сварку и отрезку воздухопровода заданной мерной длины. Схема линии приведена на рисунке 4.



1 – размоточное приспособление; 2 – сварочная машина МСП-5М; 3 – приспособление для продольной резки; 4 – измеритель длины; 5, 6 и 7 – приспособления для поперечной резки; 8 – реле импульсов; 9 – барабан

Рисунок 4 – Схема полуавтоматической линии для изготовления воздухопроводов из полиэтиленовой пленки

Технологический процесс изготовления воздухопроводов на линии начинается с установки полиэтиленовой пленки в виде рукава или полотна, намотанной в рулон в центре размоточного приспособления 1. Приспособление можно регулировать по ширине, что позволяет устанавливать рулоны различной ширины. При изготовлении воздухопроводов из рукава надобность в продольной сварке отпадает. Сваривают пленку в

рукав на сварочной машине 2. Длина свариваемого рукава равна длине исходного материала. После продольной сварки на приспособлении для продольной резки 3 от рукава отрезают отходы. Нож приспособления имеет возможность устанавливаться на заданную ширину резки. Рукав и отходы сматываются на приемный барабан 9. Пробивка раздаточных отверстий, поперечная сварка рукава и поперечная резка его на воздуховоды определенной длины выполняются приспособлениями 5, 6, 7, которые работают в автоматическом режиме по заранее заданной программе. Программа задается счетному устройству, состоящему из измерителя длины 4 и реле импульсов 8. Счетное устройство позволяет настраивать на заданные диаметры распределительных отверстий, расстояния между отверстиями и длину воздуховода [1, 4].

Механизм для пробивки распределительных отверстий 5 имеет три сменных пуансона различных диаметров, которые работают по заданной программе независимо друг от друга. Приспособления для поперечной сварки и резки рукава 6 и 7 позволяют одновременно получить в торце воздуховода дополнительное раздаточное отверстие. Изготовленный воздуховод наматывается на приемный барабан 9, который снабжен фрикционным механизмом, обеспечивающим равномерную намотку рукава независимо от диаметра намотки.

В зависимости от конструкции изготавливаемых воздухопроводов и применяемого материала (лента или рукав) в линии можно отключить при необходимости одно или несколько устройств продольной или поперечной отрезки и поперечной сварки.

Кроме того, при оборудовании и изготовлении воздухопроводов возникает достаточно много опасных и вредных производственных факторов, что приводит к необходимости рассмотреть вопросы охраны труда (таблица 2) [2, 8].

Таблица 2 – Операции по изготовлению воздухопроводов

Операции по изготовлению воздуховодов	Опасные и вредные производственные факторы, возникающие при изготовлении воздуховодов
Подготовка поверхности листов	Стружка, зона резания, привод оборудования, высокое напряжение электрической цепи, повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны, высокий уровень шума и вибрации, недостаточная освещенность рабочей зоны, наличие прямой и отраженной блескости, повышенная пульсация светового потока.
Окраска листов	Загазованность, запыленность; взрыво - и пожароопасность паров растворителей и красок; токсичные компоненты лакокрасочных материалов; повышенная температура, шум; инфракрасное и ультрафиолетовое излучение.
Разметка листов	Острые кромки, шероховатость листов и приспособлений
Раскрой на заготовки	Движущиеся части производственного оборудования, передвигающиеся изделия и заготовки; стружка обрабатываемых материалов, осколки инструментов, высокая температура поверхности обрабатываемых деталей и инструмента; повышенное напряжение в электроцепи или статического электричества.
Изготовление прямых участков и фасонных частей воздуховодов	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, заготовок, материалов, инструментов и оборудования, движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования – повышенное значение напряжения в электрической цепи.
Офланцовка	Подвижные части производственного оборудования; повышенная температура воздуха рабочей зоны; повышенная запыленность воздуха рабочей зоны; недостаточная освещенность рабочей зоны.
Комплектование вентиляционных систем	

К работам по изготовлению воздуховодов вентиляционных систем для ферм содержания КРС допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, вводный инструктаж, первичный инструктаж и обучение на рабочем месте, проверку знаний правил по охране труда.

Слесари по изготовлению воздуховодов для систем вентиляции должны [9]:

- знать порядок проверки и применения ручного и электроинструмента для слесарных работ, оборудования и мер защиты, обеспечивающих безопасность работ;

- выполнять только те работы, которые определены инструкцией по эксплуатации оборудования или должностной инструкцией, утвержденной административным отделом организации;

- соблюдать действующие на предприятии правила трудового распорядка и режим труда и отдыха;

- соблюдать действующие на предприятии правила трудового распорядка и режим труда и отдыха;

– уметь оказывать первую помощь пострадавшим при несчастных случаях под напряжением электрического тока и других происшествиях;

– выполнять инструкции по мерам пожарной безопасности.

При работе с ручным инструментом необходимо соблюдать требования инструкций, разработанных в соответствии с приказом № 835н от 27 ноября 2020 года «Правила по охране труда при работе с инструментом и приспособлениями».

При работе с электроинструментом необходимо соблюдать требования инструкции, разработанной в соответствии с ТОИ Р-45-068-97 «Типовая инструкция по охране труда при работе с электроинструментом, ручными электрическими машинами и ручными электрическими светильниками».

Работники обязаны выполнять требования приказа от 9 декабря 2014 г. № 997н «Типовые нормы бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам сквозных профессий и должностей всех видов экономической деятельности, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением» [7, 8, 10].

Слесарь изготовлению воздуховодов вентиляционных систем для ферм содержания КРС должен соблюдать правила трудового распорядка [11].

Таким образом, можно с уверенностью сказать, что изготовление воздуховодов вентиляционных систем является, в условиях сельскохозяйственных предприятий, достаточно сложным технологическим процессом и требует от персонала точное соблюдение требований проектной документации и правил охраны труда.

#### Литература

1. Обеспечение безопасности животноводства в условиях чрезвычайных ситуаций / Липкович И.Э., Пушенко Сл., Глобин А.Н., Украинцев М.М., Пятикопов С.М.,

Егорова И.В., Жолобова М.В., Петренко Н.В., Матвейкина Ж.В., Ковалева С.А., Гайда А.С. // *Зерноград*, 2023.

2. ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

3. Патент РФ 2193145 «Способ монтажа гибких воздухопроводов», автор Одроволов А.И., публикация патента: 20.11.2002.

4. Монтаж и наладка оборудования животноводческих ферм. Под ред. В.И. Дубовика. М., «Колос», 1977, 416 с.

5. Основы безопасности при выполнении монтажных работ на фермах крупного рогатого скота / Жолобова М.В., Егорова И.В., Деточенко У.П. // *Научный Альманах ассоциации France-Kazakhstan*. 2023. № 5. С. 113-122.

6. Обеспечение безопасности в сельскохозяйственной отрасли / Липкович И.Э., Пушенко С.Л., Украинцев М.М., Егорова И.В., Петренко Н.В., Пикалов А.В. // *Том Часть 1 Безопасность производства работ в основных отраслях сельскохозяйственного производства*. Зерноград, 2020.

7. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 9 декабря 2014 года № 997н «Типовые нормы бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам сквозных профессий и должностей всех видов экономической деятельности, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением».

8. Расчет системы вентиляции на аккумуляторном участке сельхозпредприятия / Липкович И.Э., Пятикопов С.М., Егорова И.В., Петренко Н.В. // *Сельский механизатор*. 2023. № 9. С. 22-25.

9. Позин Г.М., Самсонов А.Н. Исследование приточного устройства системы естественной вентиляции животноводческого помещения // *Техника в сельском хозяйстве*. – 2007. – №5. – с. 12-15.

10. Реконструкция животноводческих помещений и трубных систем их вентиляции Шемятин / А.М. // *Инновации. Наука. Образование*. 2021. № 45. С. 128-136.

11. Энергоэффективные системы микроклимата в помещениях для содержания животных / Новиков Н.Н. // *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства*. 2018. № 4 (32). С. 159-167.

### References

1. Obespechenie bezopasnosti zhivotnovodstva v uslovijah chrezvychajnyh situacij / Lipkovich I.Je., Pushenko S.L., Globin A.N., Ukrainev M.M., Pjatikopov S.M., Egorova I.V., Zholobova M.V., Petrenko N.V., Matvejkina Zh.V., Kovaleva S.A., Gajda A.S. // *Zernograd*, 2023.

2. GOST 12.0.003-2015 «Sistema standartov po bezopasnosti truda. Opasnye i vrednye proizvodstvennye faktory. Klassifikacija».

3. Patent RF 2193145 «Sposob montazha gibkih vozduhovodov», avtor Odrovolov A.I., publikacija patenta: 20.11.2002.

4. Montazh i naladka oborudovanija zhivotnovodcheskih ferm. Pod red. V.I. Dubovika. M., «Kolos», 1977, 416 s.

5. Osnovy bezopasnosti pri vypolnenii montazhnyh rabot na fermah krupnogo roगतого skota / Zholobova M.V., Egorova I.V., Detochenko U.P. // *Nauchnyj Al'manah asociacii France-Kazakhstan*. 2023. № 5. S. 113-122.

6. Obespechenie bezopasnosti v sel'skohozjajstvennoj otrasli / Lipkovich I.Je., Pushenko S.L., Ukrainev M.M., Egorova I.V., Petrenko N.V., Pikalov A.V. // *Tom Chast' 1 Be-*

zopasnost' proizvodstva rabot v osnovnyh otrasljah sel'skohozhajstvennogo proizvodstva. Zernograd, 2020.

7. Prikaz Ministerstva truda i social'noj zashhity Rossijskoj Federacii ot 9 dekabnja 2014 goda № 997n «Tipovye normy besplatnoj vydachi special'noj odezhdy, special'noj obuvi i drugih sredstv individual'noj zashhity rabotnikam skvoznyh professij i dolzhnostej vseh vidov jekonomicheskoj dejatel'nosti, zanjatym na rabotah s vrednymi i (ili) opasnymi uslovijami truda, a takzhe na rabotah, vypolnjaemyh v osobyh temperaturnyh uslovijah ili svjazannyh s zagrizazneniem».

8. Raschet sistemy ventiljicii na akumuljatornom uchastke sel'hozpredpriyatija / Lipkovich I.Je., Pjatikopov S.M., Egorova I.V., Petrenko N.V. // Sel'skij mehanizator. 2023. № 9. S. 22-25.

9. Pozin G.M., Samsonov A.N. Issledovanie pritochnogo ustrojstva sistemy estestvennoj ventiljicii zhivotnovodcheskogo pomeshhenija // Tehnika v sel'skom hozjajstve. – 2007. – №5. – s. 12-15.

10. Rekonstrukcija zhivotnovodcheskih pomeshhenij i trubnyh sistem ih ventiljicii Shemjatin / A.M. // Innovacii. Nauka. Obrazovanie. 2021. № 45. S. 128-136.

11. Jenergojefektivnye sistemy mikroklimata v pomeshhenijah dlja sodержanija zhivotnyh / Novikov N.N. // Vestnik Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mehanizacii zhivotnovodstva. 2018. № 4 (32). S. 159-167.