

**МДК.01.03. Управление обслуживанием холодильного оборудования
(по отраслям) и контроль за ним**

**Тема 5.5. Оборудование для создания и поддержания состава газовой среды
в камерах с РГС**

2. Скруббирующие установки

Регулирование концентрации углекислого газа в холодильной камере при естественном образовании газовой среды, а также в блоке очистки генераторов газовых сред при искусственном ее формировании представляет собой одну из наиболее важных задач с точки зрения технико-экономической эффективности хранения плодоовощной продукции в РГС. Эта задача решается с помощью скруббирующих установок.

Эффективность скруббирующих установок при проектировании оценивают по поглотительной способности скрубберов, эффективности поглотителя, скорости циркуляции газовой среды камеры, а также по стоимости изготовления и эксплуатации оборудования.

Поглотительная способность скрубберов показывает, какое количество углекислого газа поглощается в среднем в аппарате за 1 ч работы при уменьшении его начальной концентрации на 1% независимо от общего объема камер с РГС, обслуживаемых установкой.

Эффективность поглотителя характеризует пределы возможного снижения концентрации углекислого газа в среде холодильной камеры. Она определяется путем замера объемной долевой концентрации углекислого газа в смеси на выходе из поглотителя, когда на входе в установку концентрация углекислого газа составляет 1%.

Скорость циркуляции газовой среды камеры через скруббер определяет производительность вентилятора установки. Ее находят измерением концентрации углекислого газа на входе и выходе из поглотителя в начале и конце цикла его работы при концентрации углекислого газа в начале цикла 2 и 1%.

Стоимость изготовления и эксплуатации скруббирующей установки включает расходы на изготовление и монтаж оборудования, электроэнергию, топливо и другие ресурсы, отнесенные к 1 м³ поглощенного углекислого газа.

Оптимальные технические характеристики скруббирующих установок определяют исходя из параметров заданных газовых режимов в холодильных камерах с РГС. Исходными данными для расчета является начальная концентрация углекислого газа при заданной температуре, газовой среды. Относительную влажность, концентрацию кислорода и других газов не учитывают, так как они существенно не влияют на работу поглотителя.

Как показывают расчеты и опыт промышленной эксплуатации плодоовощных холодильников, при установившемся газовом сжиге в герметичной камере концентрация углекислого газа возрастает в результате дыхания плодов примерно на 1,0-1,5% свободного объема камеры в сутки.

Для установившегося режима хранения начальную и конечную концентрацию углекислого газа принимают исходя из допустимых пределов ее отклонений от требуемого значения, равных $\pm 1\%$. Продолжительность вывода камеры на режим задают исходя из реальных условий работы установки и количества обслуживаемых камер, но при этом она не должна превышать продолжительность односменной работы.

Скруббирующие установки могут быть автономными (на одну камеру) и централизованными (на группу камер).

В настоящее время в практике эксплуатации холодильных камер с РГС для фруктов и овощей наибольшее распространение получили автономные скруббирующие установки, которые по сравнению с централизованными имеют ряд существенных преимуществ:

резко сокращается длина трубопроводов подачи и забора газовой среды из камеры, что устраняет опасность нарушения герметичности системы и поступления в нее наружного воздуха;

соответственно снижается гидравлическое сопротивление трасс и, следовательно, повышается поглотительная способность скруббера; одновременно исключается образование конденсата в трубопроводах;

отпадает надобность в запорной арматуре большого диаметра и, в частности, в арматуре, работающей с электроприводом для автоматического дистанционного переключения камер; исключаются возможные повреждения указанной арматуры и ее электрических цепей управления;

максимально упрощается система контроля и регулирования состава газовой среды в камерах, облегчаются автоматизация работы и обслуживание установки;

сокращаются размеры и удельная стоимость установок; упрощаются их конструкция, транспортировка и монтаж;

снижаются эксплуатационные затраты и обеспечивается большая надежность работы оборудования.

В качестве автономных скруббирующих установок чаще всего используют аппараты очистки, входящие в состав генераторов газовых сред, выполненные в виде самостоятельных блоков.

В ряде стран (ФРГ, Италия, Швейцария, Франция и др.) изготовляют также автономные скруббирующие установки, не связанные с генераторами газовых сред. В большинстве из них в качестве адсорбента используется активированный уголь, обладающий хорошей поглотительной способностью. Для регенерации этого адсорбента применяют обычный атмосферный воздух без подогрева. По устройству эти установки аналогичны аппаратам очистки, входящим в комплект генераторных установок, и выпускаются средней мощностью, позволяющей обслуживать камеры с РГС вместимостью до 400—800 т.

Представляют интерес автономные поглотители CO_2 адсорбционного типа периодического действия, выпускаемые фирмой «Стал-Астра» (ФРГ). Установка (рис. 5.59) состоит из одного адсорбера 1 — пластмассовой емкости, заполненной активированным углем, воздуходувки 2 для циркуляции газовой смеси и атмосферного воздуха, системы переключающих соленоидных клапанов 3 на подводящих и отводящих трубопроводах и корпуса аппарата 4.

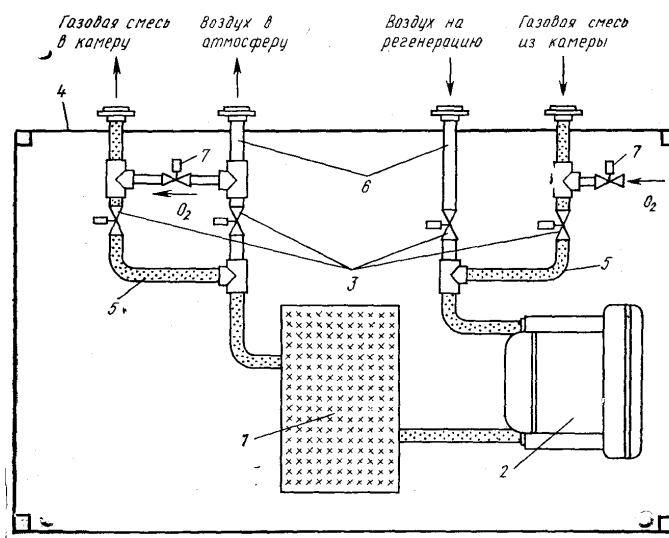


Рисунок 5.59. Скруббирующая установка «Стал-Астра» (ФРГ)

Газовая смесь из камеры с помощью воздуходувки прогоняется через адсорбер. Активный уголь поглощает из нее углекислый газ, и очищенная смесь возвращается в камеру. В этом процессе открыты два соленоидных клапана на трубопроводах 5 газовой смеси. После насыщения активированного угля адсорбер переключается на регенерацию атмосферным воздухом. При этом оба клапана газовой смеси закрываются и открываются два других соленоидных клапана на воздушных трубопроводах 6. В процессе регенерации засасываемый воздуходувкой атмосферный воздух продувается через активированный уголь адсорбера и выводится наружу. Два вспомогательных соленоидных клапана 7 на трубопроводах газовой смеси предназначены для

подачи в камеру свежего воздуха в случае понижения в ней концентрации кислорода ниже заданного значения.

Время переключения установки с режима адсорбции на режим регенерации задается электронным реле времени в зависимости от концентрации углекислого газа в камере. При этом считается, что процесс регенерации должен длиться столько же времени, сколько и процесс адсорбции. Оптимальная продолжительность цикла адсорбции или регенерации составляет для таких аппаратов 4—7 мин.

Установки «Стал-Астра» выпускаются в шести модификациях (тип 100, 200, 300, 400, 600 и 800) и предназначены для обслуживания камер с РГС вместимостью соответственно от 100 до 800 т. При этом поглощательная способность их колеблется от 20 до 110 кг CO_2 за 24 ч, а потребляемая мощность от 0,2 до 2,2 кВт. Отличительная особенность скрубберов «Стал-Астра» — небольшие габаритные размеры и малый расход электроэнергии, достигнутые благодаря наличию в аппарате одного адсорбера и одной воздуходувки.

Помимо адсорбционных скруббирующих установок с физическими поглотителями продолжают использовать также аппараты очистки абсорбционного типа, так называемые мокрые скрубберы, разработанные до появления адсорберов. Такие установки работают на непрерывно регенерируемом химическом поглотителе углекислого газа в виде водных растворов, например, этаноламинов и др. Регенерация поглотителя может осуществляться нагреванием раствора или продувкой через него атмосферного воздуха. К наиболее распространенным установкам этого типа относятся аппараты очистки «Халл» (Италия), «Зульцер» (Швейцария).

Аппарат очистки «Халл» (рис. 5.60) состоит из двух цилиндрических сосудов: верхнего — абсорбера и нижнего — регенератора. Газовая среда из камеры поступает в верхний сосуд, где из нее диэтаноломином абсорбируется CO_2 . Очищенная среда возвращается в камеру. Под действием силы тяжести насыщенный диэтаноламин переливается в нижний сосуд, здесь он нагревается с помощью трех электронагревателей мощностью по 2 кВт до 90°C . При этой температуре происходит обратный процесс, т. е. из диэтаноламина выделяется CO_2 . С помощью небольшого перекачивающего насоса теплая жидкость из нижнего сосуда подается в охлаждающий змеевик, а оттуда снова в абсорбер. Работа аппарата очистки автоматизирована.

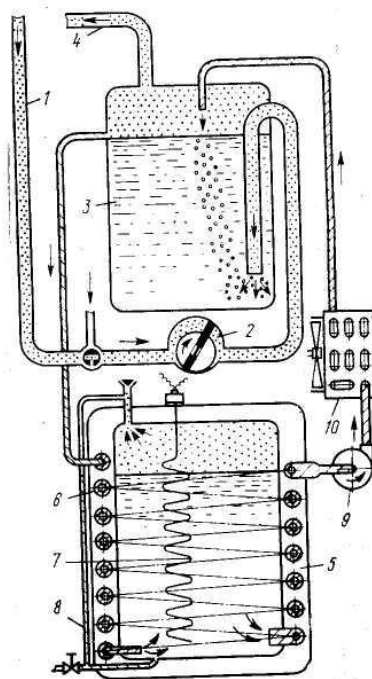


Рисунок 5.60. Аппарат очистки «Халл» (Италия):

- 1 — поступление газовой смеси из камеры; 2 — побудитель расхода (объемный компрессор);
- 3 — абсорбер CO_2 ; 4 — возврат газовой смеси в камеру; 5 — регенератор; 6 — противоточный теплообменник «труба в трубе»; 7 — электронагреватель; 8 — контроль уровня диэтаноламина;
- 9 — насос; 10 — охладитель абсорбента

Скруббирующая установка «Зульцер» (рис. 5.61) состоит из абсорбционного и регенерационного отсеков, имеющих общий сборник раствора. Центробежный насос подает из сборника одновременно в оба отсека раствор углекислого калия — поташа, который с помощью форсунок смешивается в абсорбционном отсеке с очищаемой газовой средой из камеры, а в регенерационном отсеке — с атмосферным воздухом. В верхней части абсорбционного отсека очищенная газовая среда отделяется от раствора и возвращается в холодильную камеру. В верхней части регенерационного отсека воздух с повышенной концентрацией CO_2 также отделяется от раствора и удаляется из установки наружу. Отделившаяся жидкость из обоих отсеков переливается в сборник раствора и засасывается насосом на повторную циркуляцию. Постоянный уровень в сборнике раствора поддерживается поплавковым регулятором на трубопроводе подачи воды.

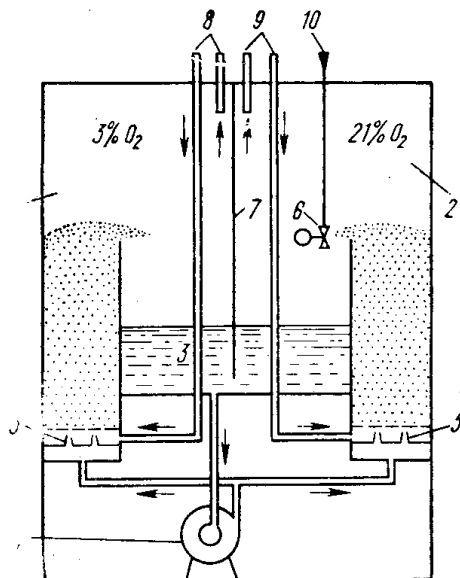


Рисунок 5.61. Скруббирующая установка «Зульцер» (Швейцария):

- 1 — абсорбционный отсек; 2 — регенерационный отсек; 3 — сборник раствора; 4 — центробежный насос; 5 — форсунки; 6 — поплавковый регулятор; 7 — разделительная перегородка; 8 — трубопроводы газовой среды; 9 — трубопроводы атмосферного воздуха; 10 — трубопровод подачи воды

К общим недостаткам абсорбционных скруббирующих установок относят несколько повышенный расход электроэнергии и увеличенные габаритные размеры по сравнению с адсорбционными аппаратами, а также трудность поддержания режимов в камерах при концентрациях углекислого газа ниже 3—4 %.

3. Диффузные газообменные и газоразделительные установки

Регулирование газового состава среды может производиться с применением диффузионных газообменных и газоразделительных установок.

Действие *диффузионных газообменных установок* (рис. 5.62) основано на принципе избирательной проницаемости газов через пластические пленочные материалы.

Газовый состав среды регулируется с помощью силиконо-каучуковой пленки, обладающей различной проницаемостью для газов: большей для углекислого газа и меньшей для кислорода и азота. Стенки плёнок образуют ряд параллельных каналов, через которые с помощью вентиляторов циркулирует газовая среда камеры. В результате диффузии газов через пленку из циркулирующего воздуха удаляются избытки углекислого газа, вредные душистые вещества и частично азот. Вместо них в очищенный воздух подводится некоторое количество кислорода из атмосферы. Специальные распорные кольца ограничивают расширение каналов и улучшают контакт газовой среды с пленкой.

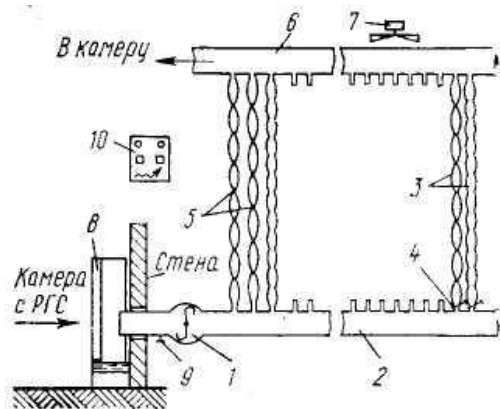


Рисунок 5.62. Диффузионная газообменная установка:

1 — вентилятор для циркуляции газовой смеси; 2 — распределительный коллектор; 3 — каналы из силиконо-каучуковой пленки; 4 — зажимы для выключения каналов; 5 — промежуточные кольца; 6 — приемный коллектор; 7 — вентилятор для циркуляции наружного воздуха; 8 — воздушный фильтр; 9 — пробка для слива конденсата; 10 — шкаф управления

Регулирование диффузионной поверхности газообменника производится зажимами, установленными на гибких пластмассовых трубках, соединяющих каналы с распределительным газовым коллектором. Вентиляторы, расположенные над диффузионным газообменником, создают циркуляцию воздуха с наружной стороны каналов и обеспечивают отвод избытка углекислого газа и вредных душистых веществ в атмосферу. На входе газовой среды в диффузионный газообменник предусматривается фильтр тонкой очистки для предохранения внутренних стенок каналов от засорений. Влага, образующаяся в фильтре, вследствие конденсации водяного пара из газовой среды собирается в поддоне и удаляется через гидравлический затвор в канализацию.

Газообменник устанавливают вне камеры, в смежном помещении, в котором постоянно поддерживается положительная температура воздуха и предусматривается естественная или принудительная вентиляция; фильтр размещают непосредственно в камерах, у места засасывания среды в аппарат, чтобы предотвратить конденсацию влаги на рабочей поверхности, повысить эффективность и надежность его работы.

Распределительный и сборный коллекторы, а также воздухопроводы для подключения аппарата к камере выполняют из пластмассовых труб и фасонных частей к ним с соединениями на раструбах. Герметичность трубных соединений обеспечивается с помощью резиновых прокладок и герметизирующей мастики.

Работа газообменника контролируется дифференциальным наклонным микроманометром и электросигнализационным шкафом с магнитными пускателями электродвигателей вентиляторов.

Наиболее подходящим материалом для изготовления диффузионных стенок газообменника являются силиконовые эластомеры. Эти виды каучука весьма проницаемы для этилена, ароматических веществ, кислорода и углекислого газа. При этом проницаемость их для кислорода и углекислого газа практически не зависит от температуры.

Диффузионную поверхность аппаратов устанавливают в зависимости от температуры хранения, вида и количества хранимых плодов. Так, для яблок сорта Голден Делишес при температуре воздуха в камере 3°C удельная поверхность диффузионных стенок каналов составляет 0,6 м², а расход газовой смеси, циркулирующей через аппарат, — 5 л/мин на 1 т хранимой продукции.

По сравнению со скруббирующими установками описанная система регулирования газовой среды холодильных камер характеризуется компактностью, простотой монтажа и обслуживания, малым расходом энергии, большим сроком службы и возможностью одновременного (без дополнительных устройств) удаления из камер вредных ароматических веществ и этилена. Недостатком ее специалисты считают невозможность раздельного регулирования концентраций O₂ и CO₂ в камере, а также большую продолжительность, выхода камеры на режим (3—4 недели).

Для создания и поддержания необходимого газового состава в камерах с РГС в нашей стране разработана и внедрена отечественная диффузионная газоразделительная установка типа

БАРС. Установка позволяет отдельно регулировать концентрации O_2 и CO_2 в камере и ускорять выход на заданный режим при использовании диффузионных мембран из полимерных материалов с избирательной газопроницаемостью.

Схема установки БАРС (рис. 5.63) включает блок азотного снабжения, в котором происходит генерирование из воздуха азота, направляемого в камеры; вакуумный насос, центробежный и осевые вентиляторы; систему трубопроводов, запорную и регулирующую арматуру, приборы автоматического контроля газовой среды и работы оборудования.

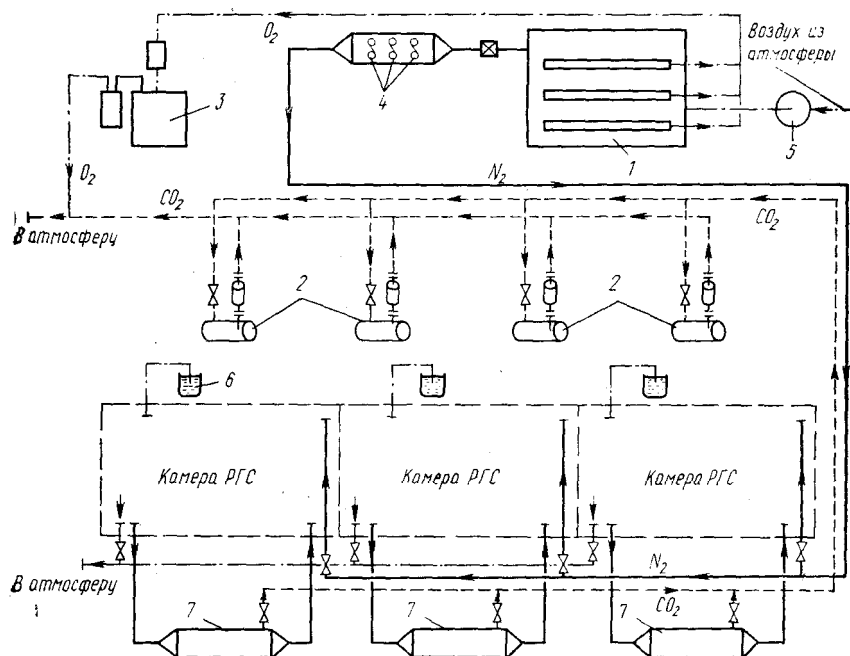


Рисунок 5.63. Диффузионная газоразделительная установка БАРС:

- 1 — центральный мембранный газоразделительный аппарат; 2 — вакуумные насосы ВВН-3;
- 3 — вакуумный насос ВВН-6; 4 — осевые вентиляторы СВМ-4;
- 5 — центробежный вентилятор ВД-2; 6 — гидравлический затвор;
- 7 — блоки автоматического регулирования газовой среды — газообменники

Для быстрого выведения камер на режим используют центральный разделительный аппарат, с помощью которого получают газ с концентрацией азота до 96%. По трубопроводу его подают в любую из камер с РГС. Поступающий в камеру азот вытесняет из нее воздух, который по специальному трубопроводу удаляется в атмосферу.

Заданный состав газовой среды в камерах поддерживается блоками автоматического регулирования — газообменниками. Каждая камера имеет отдельный блок, который состоит из мембранного газоразделительного аппарата, осевых вентиляторов, регулирующей и запорной арматуры и трубопроводов.

Работа газообменника основана на методе мембранного разделения газовых смесей. Разделение обеспечивается вследствие неодинаковых значений скорости проникновения молекул разных газов через разделительную мембрану в результате перепада парциальных давлений.

Верхний и нижний пределы концентраций углекислого газа и кислорода задаются и могут изменяться в зависимости от вида хранимых плодов и овощей: по кислороду от 3 до 10%, по углекислому газу от 4 до 10%.

С помощью газообменника избыток углекислого газа удаляется, а газовая смесь обогащается кислородом из воздуха. Для удаления избытка углекислого газа из камер совместно с газообменником работает блок вакуумных насосов.

Достоинство регулирования газового состава среды с применением диффузионных газообменников — это отсутствие газогенератора, что упрощает и удешевляет оборудование камер. Однако при использовании диффузионных газообменников возрастает продолжительность создания необходимого состава газовой среды в камерах при ее первоначальной загрузке

фруктами. Кроме, того, в камерах с диффузионными газообменниками нежелательна частичная загрузка и выгрузка фруктов в процессе их хранения.

Наибольший эффект описанные выше системы диффузионного типа могут дать в сочетании с азотными установками, применяемыми для ускорения выхода камер на режим и для корректировки его по кислороду в случае недостаточной герметичности камер. Целесообразно использовать азотные установки, работающие на бросовом азоте воздухоразделительных или других промышленных предприятий, расположенных в районе, строительства холодильника. Блок азотного снабжения диффузионного мембранного типа в установке БАРС заменяют в этом случае на азотную емкость.

Список рекомендованных источников

1. Янюк В.Я., Бондарев В.И. Холодильные камеры для хранения фруктов и овощей в регулируемой газовой среде. - М.: Легкая и пищевая промышленность. – 1984. – 128 с.

Составить опорный конспект, сделать скрин и прислать – **vitaliy.buruyan@mail.ru**