

УДК 621.569.92.041

Чернокнижников К. М.

Студент, магистрант.

Кожмяченко А.В.

Преподаватель кафедры «АТиТО»

Чащин М.О.

Студент, бакалавр.

**РАЗРАБОТКА СПОСОБА И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ
УДАЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ИЗ
ПОДСИСТЕМ АГРЕГАТА СПЛИТ-СИСТЕМ**

Аннотация: В статье рассмотрен способ удаления эксплуатационных отложений из внутренних полостей подсистем герметичного агрегата сплит-системы, а также технические средства для его реализации

Ключевые слова: Способ, удаление, эксплуатационные отложения, внутренние полости, сплит-система, технические средства, реализация

Chernoknizhnikov K. M.

Student, undergraduate.

Kozhemyachenko A.V.

Lecturer of the department "ATiTO"

Chashin M.O.

Student, bachelor.

**DEVELOPMENT OF A METHOD AND TECHNICAL MEANS FOR
REMOVING OPERATIONAL DEPOSITS FROM THE SUBSYSTEMS
OF A SPLIT-SYSTEM UNIT**

Abstract: The article considers a method for removing operational deposits from the internal cavities of the subsystems of the hermetic unit of the sleep system, as well as technical means for its implementation.

Keywords: Method, removal, operational deposits, internal cavities, split system, technical means, implementation

Рабочая среда холодильного агрегата практически никогда не бывает чистой. Наиболее полно процессы взаимодействия компонентов рабочей среды и материалов элементов герметичных агрегатов изучены при моделировании реальных условий эксплуатации холодильных машин в запаянных трубках методами Элси и Филиппа-Тиффани [208].

Основным катализатором образования большинства загрязнений является влага, наличие которой во внутренней системе холодильного агрегата обусловлено:

- недостаточной степенью обезвоживания хладагента и смазочного масла;
- недостаточной степенью вакуумирования;
- недостаточной степенью осушки подсистем перед сборкой агрегата;
- попадание в систему агрегата с частицами флюса;
- использования гигроскопических материалов во встроенном электродвигателе хладонового компрессора [157,168,186,199,202,212,213].

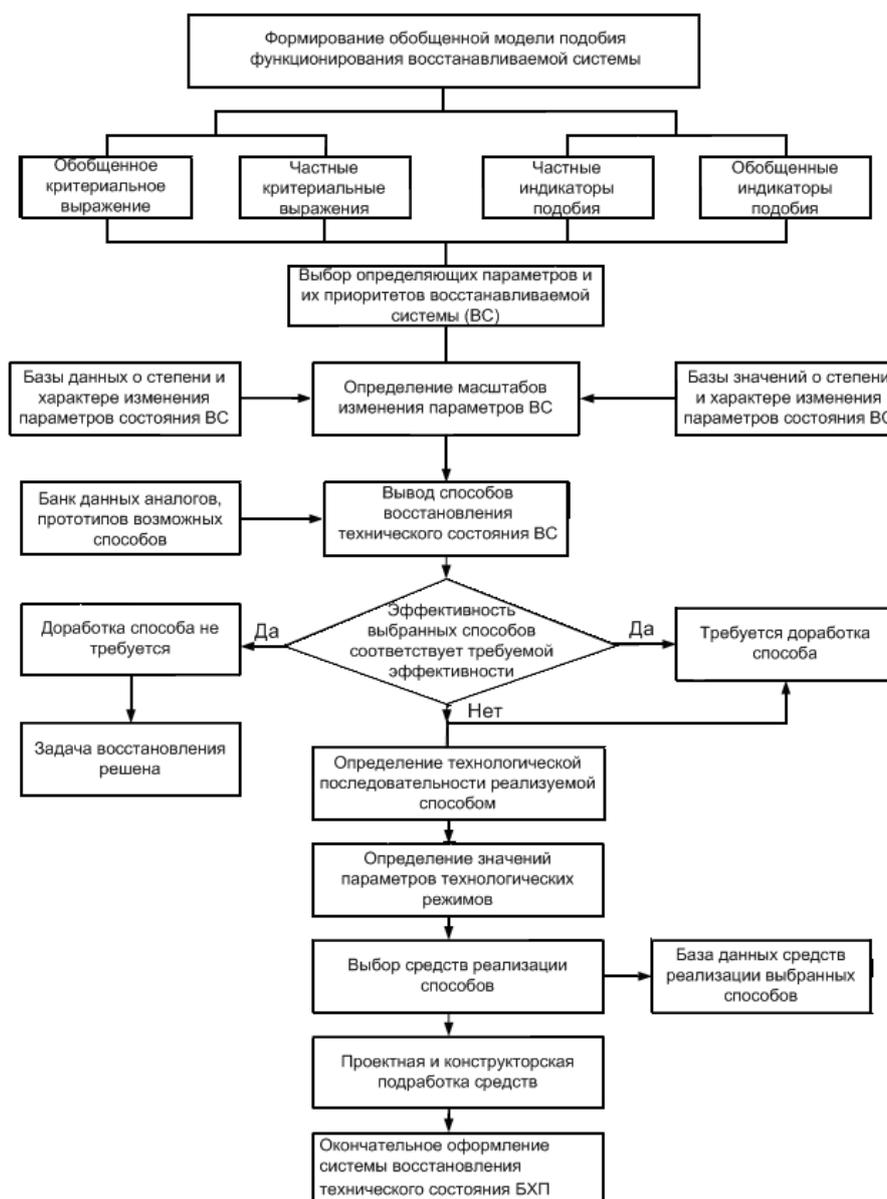


Рисунок 1.2 - . Алгоритм методологии создания систем восстановления технического состояния бытовых сплит-систем

Кроме того, как указывает автор работы [120], вода дополнительно может образовываться даже в тщательно осушенной системе за счет распада гидроперекиси, являющейся промежуточным продуктом окисления смазочного масла.

Наличие воды способствует гидролизу хладагентов и их разложению, побочные продукты которого составляют шлам, смолистые осадки, хлориды алюминия, меди и другие включения.

Имеет место присутствие также ряда органических и минеральных кислот (н-валериановая, н-капроновая, н-стеариновая) [185].

Вследствие абразивного изнашивания поверхностей трибосопряжений деталей хладонового компрессора происходит выделение продуктов износа в рабочую среду и на внутренние поверхности элементов агрегата в виде частиц металлов [67,151].

В условиях работы холодильного агрегата сплит-систем к загрязнениям необходимо отнести и примеси в масло-хладоновой смеси, под которыми понимают вещества и соединения, образующие с рабочими веществами истинные и коллоидные растворы, размеры частиц которых соизмеримы с размерами молекул компонентов рабочих веществ [92,94].

Наличие вышеперечисленных загрязнений снижает теплоэнергетические и функциональные показатели сплит-систем. Этот факт указывает на необходимость обязательной очистки внутренних холодильных агрегатов сплит-систем в процессе ремонтных работ

В настоящее время очистка внутренних полостей холодильных агрегатов осуществляется путем заполнения их жидким хладагентом с последующей продувкой воздухом барботированием через слой хладагента в противоположном рабочему движению хладагента направлению, причем давление воздуха на 0,01-0,02 МПа больше давления слоя хладагента [161].

Недостатком данного способа является его неэкономичность, так как кроме хладагента для очистки используется воздух под давлением. Причем ни хладагент, ни воздух не регенерируются.

Существует способ очистки внутренних полостей холодильного агрегата путем промывки очищаемых полостей жидким хладагентом и последующей их продувки [97].

Однако недостатком этого способа является отсутствие регенерации хладагента, что приводит к неоправданно большому его расходу.

Качество очистки и обезжиривания в существенной степени определяет надежность работы холодильной техники после ремонта. Необходимость очистки при ремонте холодильной техники намного выше, чем при ее изготовлении. Это обусловлено тем, что перед началом ремонта герметичного агрегата следует удалить следы смазочного масла, продуктов распада и деструкции компонентов рабочих веществ и материалов деталей. Если при изготовлении агрегатов загрязненность поверхности оценивают как слабую (удельная загрязненность до 1 г/м^2), то при ремонте сталкиваются со средней и сильной степенью загрязненности, окисленности и замасленности (от 5 до 20 г/м^2) [91].

Выбор способа удаления загрязнений зависит от вида загрязнения, вида очищаемого изделия (рода и состава материала детали, конфигурации обрабатываемой поверхности), свойств хладагента (состав, агрегатное состояние и др.).

При ремонте сплит-систем используют преимущественно жидкие, газообразные и смешанные очищающие среды. Жидкие среды могут быть щелочными, кислыми и нейтральными, а по составу – одно- и многокомпонентными. Как правило, это однородная смесь (органический растворитель + водный раствор кислот, щелочей, солей), реже неоднородная (эмульсия, несмешивающиеся вещества) [75].

Однородная смесь (моющий раствор) должна характеризоваться следующими основными физико-химическими свойствами:

- обладать хорошей проникающей способностью в загрязнения и отделять (растворять) их от очищаемого объекта;

- образовывать суспензии твердых или эмульсии жидких загрязнений для более легкого их удаления проточной водой с очищаемой поверхности;

- не оставлять после очистки вторичных загрязнений;

- не оказывать вредного необратимого воздействия на материал детали.

Технологические параметры очистки определяются температурой моющего раствора, его давлением и равномерностью распределения по очищаемой поверхности, способом контакта с обрабатываемой поверхностью и продолжительностью воздействия.

Условно процесс очистки разделяют на следующие этапы: механическое воздействие моющего раствора, смачивание и температурное воздействие, адсорбирование и смыв.

В ремонтном производстве климотехники широко распространены струйные машины тупикового и проходного типа с электрическим или паровым обогревом, в которых угол падения струи составляет 318–363 К. Применяется пульсирующая струя, которая примерно в 15 раз быстрее разрушает загрязнения, чем непрерывная. Наиболее оптимальны следующие параметры струйной очистки:

давление раствора, кПа	200...300
продолжительность очистки, с	60...120
температура раствора, К	353...363

Для обезжиривания и очистки внутренних полостей агрегатов бытовых холодильных машин и их деталей при ремонте в настоящее время все шире применяют хлорированные и фторированные органические

растворители: трихлорэтилен, тетрахлорэтилен, хладон 30, хладон 113, хладон 11, свойства которых приведены в таблице 5.1.

Таблица 1.1 Свойства органических растворителей, применяемых при ремонте бытовых холодильных приборов

Растворитель	Температура, К		Горючесть	Предельно допустимая концентрация в воздухе, мг/м ³	Растворимость в воде, %
	кипения	самовоспламенения			
1	2	3	4	5	6
Трихлорэтилен	360,3	653	Горюч	10	0,013...0,125
Перхлорэтилен	393,8	638	Негорюч	10	0,04
Хладон 11	269,7	973	Негорюч	1000	0,01...0,3
Хладон 30	313,1	829	Пожароопасен	50	2,5...0,53
Хладон 113	320,6	973	Негорюч	3000	0,01...0,03

Эти растворители обладают хорошей растворяющей способностью, относительно стабильны в присутствии различных конструкционных материалов, регенерируются, достаточно быстро испаряются и легко конденсируются. Небольшое поверхностное натяжение позволяет им проникать в минимальные зазоры и трещины и растворять находящиеся там загрязнения. Основной их недостаток – они пожароопасны.

Применение хладонов в качестве растворителей позволяет при ремонте холодильных агрегатов совместить операции сушки и

обезжиривания деталей компрессора в сборе. Особенно эффективно использование для этих целей хладона 113 и хладона 30. Остатки хладонов в очищенной системе в количестве до 5 % не влияют на стабильность работы и характеристики бытовых холодильных машин.

Очистка герметичного агрегата хладонами наиболее эффективна при использовании их в жидкой фазе. При продувке системы холодильного агрегата хладонами в газообразной фазе в отдельных случаях возможно затверждение загрязнений (охлаждение), из-за чего эффективность такой очистки снижается [184].

Решение данной проблемы возможно посредством применения метода подобию функционирования технических систем.

В соответствии с изложенной методологией была разработана установка для сбора и регенерации хладагента

На основании вышеизложенного были разработаны способ очистки внутренних полостей холодильного агрегата сплит-системы и технические средства для его реализации.

Эффективность реализации способа достигается путем промывки и продувки очищаемых полостей одним и тем же рабочим телом соответственно в жидком и газообразном состояниях с дополнительной его регенерацией в замкнутом цикле.

На рис. 1.3 изображена принципиальная схема установки для реализации способа очистки внутренних полостей холодильного агрегата сплит-системы.

Установка содержит последовательно соединенные в замкнутом цикле бак 16 с чистым рабочим телом, насос 18, герметичный агрегат 1, фильтр 5 жидкостной линии, испаритель 9 и конденсатор 13. К испарителю 9 подключен нагреватель 10, а к конденсатору 13 – охладитель 14.

Установка снабжена также дополнительным фильтром 8 на парожидкостной линии, вход которого подключен к выходу герметичного агрегата 1, а выход – к конденсатору 13. На всех линиях связи установлены запорные вентили 10–21, позволяющие производить работу установки в режимах промывки и продувки герметичного агрегата 1.

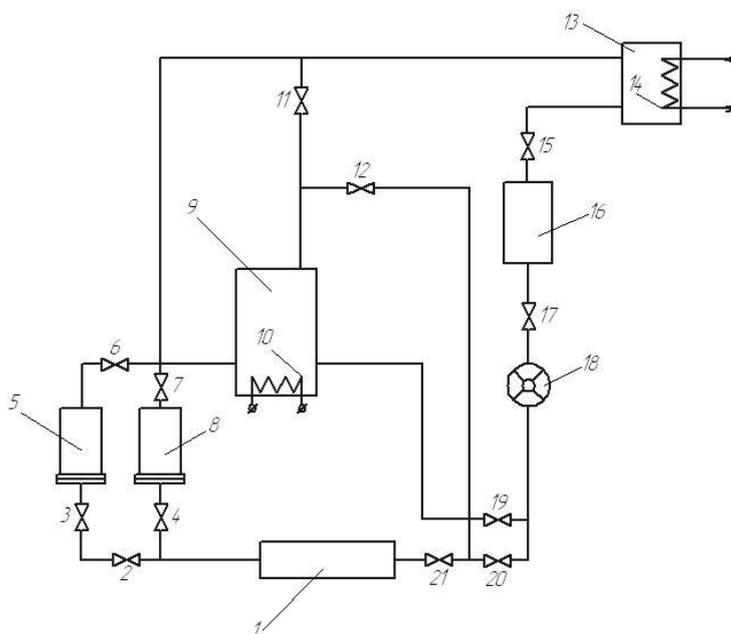


Рисунок 1.3 - Принципиальная схема установки для реализации способа очистки внутренних полостей холодильных агрегатов

При реализации способа в режиме промывки чистое рабочее тело из бака 13 насосом 18 в жидком состоянии подается в герметичный агрегат 1. Удаление загрязнений осуществляется путем растворения масел жидким рабочим телом и вытеснение твердых частиц гидродинамической силой его давления. Загруженное жидкое тело после промывки герметичного агрегата 1 направляется на регенерацию. Сначала проходит фильтр 5, осуществляющий задержание металлических частиц, а затем испаритель 9, где за счет подвода тепла от нагревателя 10 разделяется на две фазы – газообразную, представляющую собой чистое рабочее тело, и загрязнения, оседающие на внутренней поверхности испарителя. Парообразная фаза

конденсируется в конденсаторе 13 за счет теплообмена с охладителем 14 и самотеком сливается в чистом виде в бак 16. Чистое рабочее тело готово для повторной промывки.

В режиме продувки чистое жидкое рабочее вещество из бака 16 насосом 18 подается в испаритель 9, где полностью испаряется с поднятием давления в паровой фазе. Парообразное рабочее вещество под давлением направляется в герметичный агрегат 1 для удаления оставшихся загрязнений и рабочего вещества. После герметичного агрегата 1 парообразное рабочее вещество поступает на регенерацию в фильтр 8, а затем на конденсацию в конденсатор 13, после чего в жидком состоянии сливается в бак 16.

В процессе осуществления режима промывки герметичного агрегата 3 вентили 10...17 открыты, а остальные закрыты, в режиме продувки вентили 10, 18...21 открыты, остальные закрыты.

В качестве рабочего вещества применяется хладон-113. Объем рабочего вещества должен быть не менее двойного объема герметичного агрегата. Хладон-113 в жидком состоянии при давлении 0,3 МПа подается насосом 18 в герметичный агрегат 1 для промывки. Жидкий хладон-113 поступает в фильтр 5 на регенерацию, а далее – в испаритель 9, где испаряется за счет подвода тепла нагревателя 10 с образованием чистого парообразного хладона-113, давление паров которого $0,0227 \cdot 10^5$ МПа. При средней температуре 373К из испарителя 9 парообразный хладон-113 подается в конденсатор 13, где конденсируется за счет теплообмена с водой, циркулирующей в охладителе 14. Поскольку теплофизические свойства хладона-113 и чистой воды близки, то давление хладона-113 в конденсаторе 13 соответствует $0,0486 \cdot 10^5$ МПа при средней температуре 343К. Жидкий хладон-113 из конденсатора 13 самотеком стекает в бак 16.

При продувке герметичного агрегата 1 в жидкий хладон-113 подается насосом 18 в испаритель 9, где испаряется с поднятием давления до $0,016 \cdot 10^5$ МПа при 393К. Указанная температура достигается подачей мощности 1 кВт к нагревателю 10. Парообразный хладон-113 подается для продувки герметичного агрегата 1, а затем направляется на регенерацию в фильтр 8 и в конденсатор 13. После конденсации под давлением $0,0291 \cdot 10^5$ Па жидкость сливается в бак 16. Указанное давление соответствует средней рабочей температуре 365 К.

В дальнейшем была произведена модернизация установки для очистки внутренних полостей герметичных агрегатов бытовых холодильных приборов. Установка (рис. 1.4) содержит циркуляционный жидкостной контур 22 с фильтром 12, насосом 1 и ресивером 30, в котором между насосом 1 и фильтром 12 выполнен разъем для включения очищаемого агрегата 11. Установка содержит также конденсатор 24, подключенный входом к контуру 22 между фильтром 12 и ресивером 30, испаритель 10, один выходной патрубок которого связан линией 17 отвода хладагента с входом в конденсатор 24 и с входом в очищаемый агрегат 11 и компрессор 14, маслоотделитель 18 с охлаждающим змеевиком 19, установленным на линии 21 отвода хладагента от испарителя 10.

При этом маслоотделитель 18 расположен ниже ресивера 30 и компрессора 14 и соединен с нагнетательным патрубком компрессора 14 с выходным патрубком ресивера 30 трубопроводом 28, а выходной патрубок конденсатора 24 последовательно связан трубопроводом 26 с охлаждающим змеевиком 19 маслоотделителя 18 и далее трубопроводом 28 с входом в ресивер 30.

Входной патрубок испарителя 10 через трубопровод 4 подключен к нагнетательной линии насоса 1, а второй выходной патрубок испарителя 10 связан трубопроводом 9 с циркуляционным контуром перед

очищаемым агрегатом 11, всасывающий патрубок компрессора 14 подключен к трубопроводу 9.

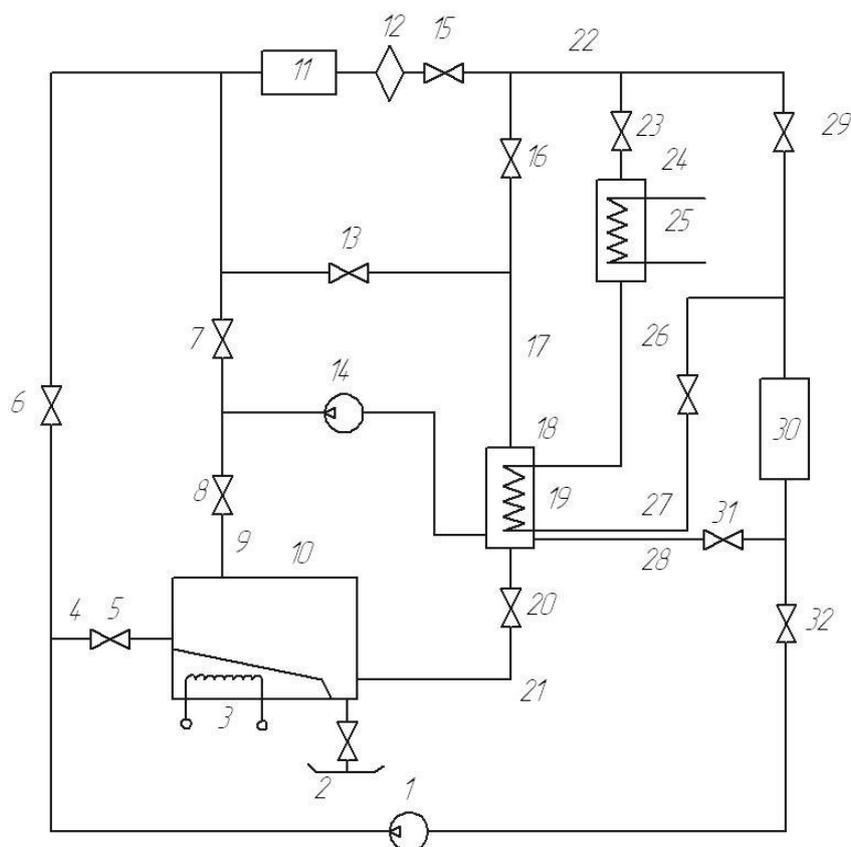


Рисунок 1.4 - Принципиальная схема установки для очистки внутренних полостей холодильных агрегатов

На циркуляционном контуре и связывающих трубопроводах установлены регулирующие вентили 2, 5, 6, 7, 8, 13, 15, 16, 20, 23, 29, 31, 32. В испарителе 10 установлен электронагреватель 3. В конденсаторе 24 установлен змеевик 25 водяного охлаждения.

В процессе работы установки при промывке агрегата 11 открываются вентили 6, 15, 29, 32, остальные закрыты. При включении насоса 1 чистое рабочее тело из ресивера 30 нагнетается в очищаемый агрегат 11, очищая внутренние поверхности от эксплуатационных загрязнений и смазочного масла, и направляется через фильтр 12, где

происходит предварительная очистка загрязненного рабочего тела в ресивер 30.

Заполнение испарителя 10 установки производится открытием вентиля 5 в процессе промывки агрегата.

При продувке очищаемого агрегата открываются вентили 8, 15, 23 и 26, остальные закрыты. Предварительно при дополнительно открытом вентиле 31 осуществляется заполнение маслоотделителя 18 рабочим веществом, поступающим самотеком из ресивера 30.

При подводе необходимого количества тепла от электронагревателя 3 образовавшиеся пары рабочего вещества отсасываются компрессором 14, обеспечивая тем самым поддержание постоянного низкого давления 0,1...0,2 МПа кипения в испарителе 10 и под давлением нагнетания 0,9...1,0 МПа подаются в маслоотделитель 18, где в процессе пропускания их через жидкое рабочее вещество осуществляется отделение паров масла из парообразной маслохладоновой смеси.

Очищенные от масла пары холодильного агента под давлением нагнетания поступают в очищаемый агрегат 11, где осуществляется удаление остатков загрязнения и жидкого рабочего вещества. После прохождения через очищаемый агрегат 11 отработанные пары через фильтр 12 поступают в конденсатор 24, где превращаются в жидкость за счет теплоотдачи воде, протекающей по змеевику 25. Из конденсатора 24 охлажденное рабочее вещество поступает в змеевик 19 маслоотделителя 18, понижая температуру жидкости в маслоотделителе 18, поступают далее через трубопровод в ресивер 30.

По окончании продувки объем очищаемого агрегата 11 заполнен парами рабочего вещества. Удаление остатков рабочего вещества после продувки осуществляется следующим образом.

Вентили 7, 16, 22 и 26 открыты, остальные закрыты. Пары отсасываются компрессором 14, проходят через маслоотделитель 18 и под давлением нагнетания подаются в конденсатор 24, где конденсируются и в жидкой фазе, проходя через змеевик 19 маслоотделителя 18, поступают в ресивер 30.

При регенерации отработанного хладагента открываются вентили 8, 16, 23 и 26, остальные закрыты. Предварительно при дополнительно открытых вентилях 32 и 5 жидкое рабочее вещество из ресивера 30 перекачивается насосом 1 в испаритель 10, где нагревается, образовавшиеся пары отсасываются компрессором 14 и нагнетаются, проходя через маслоотделитель 18 в конденсатор 24 с водяным змеевиком 25. Здесь очищаемый хладагент конденсируется и, проходя через змеевик маслоотделителя 19, поступает в ресивер 30.

Регенерация рабочего вещества, находящегося во внутренней полости маслоотделителя 18, осуществляется следующим образом.

Дополнительно открывается вентиль 20. Рабочее вещество сливается в испаритель 10, где испаряется, образовавшиеся пары отсасываются компрессором 14 в конденсатор 24, конденсируются и в жидкой фазе собираются в ресивере 30. По окончании процесса регенерации давление в испарителе 10 поддерживается равным атмосферному. Удаление остатков масла из испарителя 10 после регенерации рабочего вещества производится при открытом вентиле 2. Размещение маслоотделителя 18 с охлаждающим змеевиком 19 на линии отвода хладагента от испарителя 10 ниже ресивера 30 и компрессора 14 обеспечивают полную очистку рабочего вещества от органических и неорганических кислот, оказывающих отрицательное влияние на долговечность очищаемого агрегата 11. При этом очистка рабочего вещества от кислот реализуется в установке при операции продувки агрегата горячим паром и при выполнении операции по регенерации рабочего вещества.

В соответствии с исходными требованиями на проектирование установки и апробации опытного образца авторами работы [161] установлено, что для очистки внутренних полостей сборочных единиц и деталей БКХП при реализации процесса продувки очищаемых изделий необходимо обеспечение давления пара рабочего вещества на входе в изделие в пределах 0,9...1 МПа.

При подключении нагревательного элемента испарителя установки происходят нагрев и испарение холодильного агента при давлении, не превышающем 0,2 МПа и обеспечивающем нормальную работу компрессора (типа ХКВ) установки. Пары рабочего вещества, сжатые в компрессоре до давления 0,9...1 МПа, подаются в маслоотделитель и очищаемый агрегат.

Суммарные затраты энергии на реализацию данной операции определяются из выражения

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + A_{км}, \quad (5.1)$$

где Q_1 – затраты теплоты на подогрев рабочего вещества до температуры насыщения при давлении 0,2 МПа; Q_2 – затраты теплоты на испарение рабочего вещества при давлении 0,2 МПа; Q_3 – потери теплоты; $A_{км}$ – тепловой эквивалент работы компрессора.

Указанные затраты тепловой энергии на реализацию данного процесса при использовании в качестве рабочего вещества хладона 113 составляют из расчета на 1 кг рабочего вещества 235 кДж.

При реализации данной операции для достижения требуемого для продувки давления затраты энергии определяются из выражения

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4, \quad (5.2)$$

где Q_4 – затраты электроэнергии на перегрев подаваемого пара. При этом $Q=295$ кДж/кг.

Применение данного способа очистки холодильных агрегатов позволяет снизить удельные затраты теплоты [99].



Рисунок 1.5 - . Установка для очистки внутренних полостей агрегатов сплит-систем

Использованные источники:

1. Бабакин Б.С., Выгодин В.А. Бытовые холодильники и морозильники. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Колос, 2000. – 656 с.: ил. (Справочник).

2. Данилова Г.Н., Богданов С.Н., Иванов О.П., Медникова Н.М. Теплообменные аппараты холодильных установок – Л.: Машиностроение, 1978, – 328 с.

3. Якобсон В.Б. Малые холодильные машины // Легкая промышленность. – М., – 2002. – №9. – С. 24–25.