

УДК 621.569.92.041

**ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ РАБОЧЕЙ СРЕДЫ
НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН**

**INFLUENCE OF CONTAMINATION OF THE WORKING ENVIRONMENT
ON THE PERFORMANCE OF REFRIGERATING MACHINES**

*А.В. КОЖЕМЯЧЕНКО, Т.П. ТУЦКАЯ, М.А. ЛЕМЕШКО, Ю.Г. ФОМИН, А.В. НОВИКОВ
A.V. KOZHEMYACHENKO, T.P. TUTSKAYA, M.A. LEMESHKO, YU.G. FOMIN, A.V. NOVIKOV*

(Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал)
Донского государственного технического университета,
Ивановский государственный политехнический университет. Текстильный институт)
(Institute of the Service Sector and Businesses (branch) of Don State Technical University,
Ivanovo State Polytechnic University. Textile Institute)
E-mail: vova1572@rambler.ru; ameli168@mail.ru; lem-mikhail@ya.ru; corppi@yandex.ru

В статье представлены классификация примесей и загрязнений рабочей среды герметичных агрегатов холодильных машин и результаты их воздействия на работоспособность элементов агрегатов, выполнен анализ работы капиллярной трубки в условиях наличия загрязнений.

The article presents the classification of impurities and pollution of the working medium sealed refrigeration units and their impact on the performance of the elements of the units, analyzed the work of the capillary tube in the presence of contaminants.

Ключевые слова: холодильная машина, эксплуатационные загрязнения, капиллярная трубка, холодопроизводительность.

Keywords: refrigeration machine, operational pollutions, capillary tube, the cooling capacity.

Условия работы малых холодильных машин компрессионного типа, используемых в текстильной промышленности, например, для охлаждения раствора щелочи при обработке пряжи или ткани на красильно-отделочных операциях, создают предпосылки для сложных гомогенных и гетерогенных необратимых процессов между маслом, хладоном и различными

материалами деталей и узлов холодильного агрегата, в результате которых возникают различные побочные продукты в виде примесей и загрязнений [1].

Примеси и загрязнения в рабочей среде могут возникать при сборке холодильных агрегатов на заводе-изготовителе или ремонте и в процессе эксплуатации. При этом они встречаются в рабочей среде холодиль-

ников и морозильников практически во всех агрегатных состояниях: твердом, жидком, полужидком и газообразном. Классификация примесей и загрязнений рабочей среды

герметичных агрегатов холодильных машин и причины их возникновения представлены на рис. 1 [2].

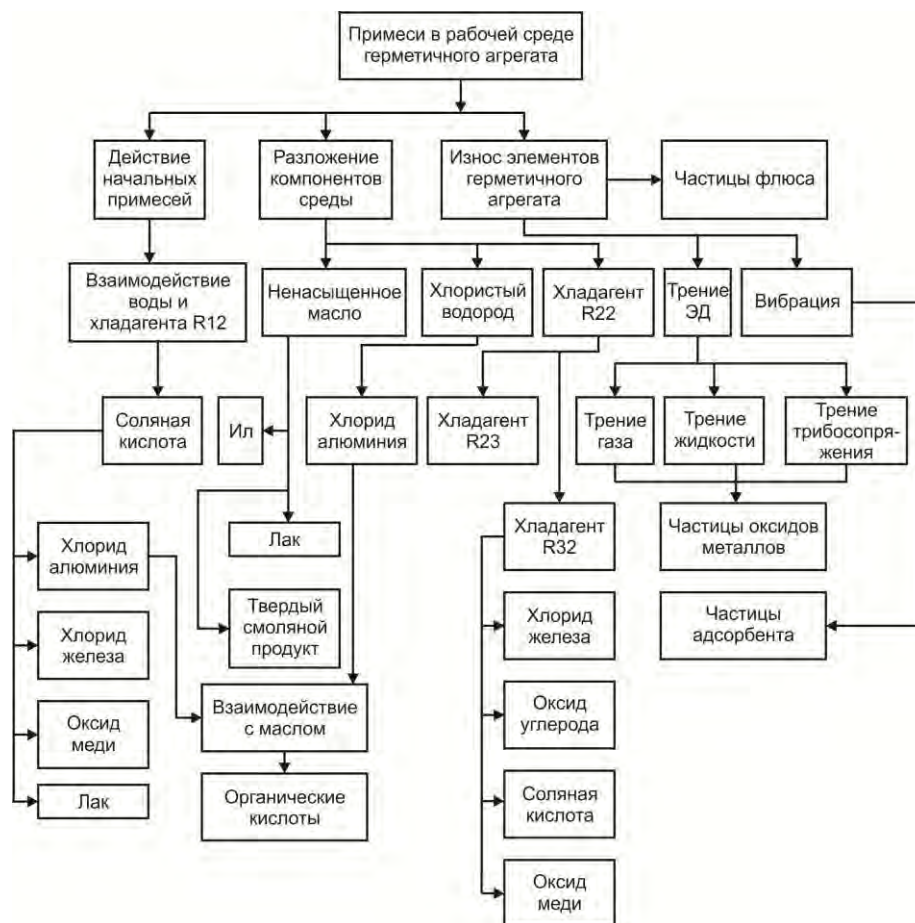


Рис. 1

Главным источником образования большинства примесей и загрязнений рабочей среды является влага. В связи с этим по требованиям современной технологии сборки герметичных агрегатов в процессе изготовления или ремонта концентрация влаги во внутренней системе не должна превышать $10 \cdot 10^{-4}$ мас. % рабочей среды. Это обеспечивается требованиями ГОСТа 5546–86 и ГОСТа 19212–87 к влажности хладона и масла перед заправкой, а также к воздуху или азоту, которыми осушаются элементы герметичной системы. Так, точка росы воздуха должна соответствовать -55°C , влажность масла должна быть не более $5 \cdot 10^{-4}$ мас. %, влажность хладона – не более $6 \cdot 10^{-4}$ мас. %. Однако соблюдение этих требований не исключает наличия влаги в герметичной системе.

Влага может находиться в составе воздуха, оставшегося после вакуумирования, выделяться из флюса и припоя, используемых в процессе сборки, и из элементов, составляющих холодильный агрегат, особенно из электроизоляционных обмоток встроенного электродвигателя хладонового компрессора. Концентрация влаги в рабочей среде измеряется в миллионных долях.

Образование влаги во время работы холодильной машины возможно также вследствие химических реакций, протекающих между компонентами рабочей среды.

Интенсивность протекания химических реакций увеличивается с повышением температуры при каталитическом действии металлических деталей холодильного агрегата.

Влага вызывает окисление медных трубопроводов, алюминиевых испарителей, стальных деталей хладонового компрессора.

При выходе из дроссельного устройства вследствие испарения хладагента и понижения температуры вода выделяется в виде льда, который закупоривает проходное сечение капиллярной трубки. Поступление хладагента в испаритель прекращается, и весь хладагент скапливается в конденсаторе, что может привести к перегрузке компрессора, поломке нагнетательных клапанов. Этот эффект наблюдается при наличии влаги в герметичной системе агрегата в количестве 50... 100 мг.

К числу вредных примесей в рабочей среде относятся и абразивные частицы, некоторое количество которых попадает в герметичную систему во время сборки холодильного агрегата. Их количество зависит от чистоты внутренних поверхностей испарителя, конденсатора, компрессора, трубопроводов, фильтр-осушителя, а также чистоты хладагента, масла и качества пайки [3].

В процессе эксплуатации дополнительно образуются абразивные частицы металла

и оксидные пленки в результате гидроабразивного изнашивания при трении рабочей среды в жидкой и газообразной фазах о внутренние поверхности каналов теплообменников и трубопроводов, а также при износе трибосопряжений деталей компрессора.

Определенное количество абразивных частиц образуется в результате износа гранул адсорбента, который подвергается вибрации при пуске, работе и остановке хладонового компрессора. В результате образуется мелкодисперсный порошок, перемещаемый рабочей средой по всей системе агрегата.

Таким образом, рабочая среда герметичных агрегатов холодильников и морозильников практически никогда не бывает чистой, и содержание в ней примесей зависит от большого числа факторов.

Различные примеси и загрязнения оказывают в разной степени отрицательное воздействие на работоспособность холодильного агрегата и долговечность его отдельных деталей (рис. 2 – влияние загрязнений рабочей среды на работоспособность холодильного агрегата).



Рис. 2

Твердые частицы в виде солей и оксидов металлов, частиц металлов и адсорбента,

смешиваясь с илом, лаком и смолами, образуют массу, обладающую большой

плотностью и адгезией. Оседая на внутренних поверхностях конденсатора, испарителя, компрессора, трубопроводов и фильтра-осушителя, эта смесь смолистых и твердых веществ увеличивает тепловую нагрузку на компрессор, уменьшает пропускную способность капиллярной трубки и фильтра-осушителя, снижает теплопроводность конденсатора и испарителя.

Вся совокупность примесей и загрязнений снижает холодопроизводительность холодильной машины [4], [5].

Капиллярные трубки с внутренним диаметром 0,8...0,85 мм, выполняющие в холодильных агрегатах функцию дросселя и соединяющие линии нагнетания и всасывания, в большей степени подвержены влиянию загрязнений, что сопровождается снижением их пропускной способности и холодопроизводительности. В момент прохождения жидкого хладагента через отверстие в трубке давление его понижается, и расход жидкости пропорционален разности давлений конденсации и кипения в агрегате, которая обеспечивается за счет гидравлического сопротивления по всей длине. Для эффективной и сбалансированной работы холодильной машины расход хладагента через трубку должен быть равен объемной производительности компрессора.

Загрязненность капиллярной трубки через параметр d_1 непосредственно влияет на скорость движения хладагента.

Скорость потока на входе W_1 и выходе W_2 капиллярной трубки [6]:

$$W_1 = (4G_a \cdot V_1) / \pi d_1^2$$

и

$$W_2 = (4G_a \cdot V_2) / \pi d_1^2, \quad (1)$$

где G_a – массовый расход хладагента для цикла с низкотемпературным уровнем кипения; V_1 и V_2 – удельные объемы жидкого хладагента на входе и выходе капиллярной трубки соответственно; d_1 – внутренний диаметр трубки.

Величина падения давления в капиллярной трубке:

$$\Delta P = \Delta P_{тр} + \Delta P_m + \Delta P_y \pm \Delta P_{ст} = P_1 - P_2, \quad (2)$$

где $\Delta P_{тр}$, ΔP_m , ΔP_y и $\Delta P_{ст}$ – потери давления на преодоление силы трения в местных гидравлических сопротивлениях в результате парообразования и в вертикальном столбе жидкости соответственно; P_1 , P_2 – давление хладагента на входе и выходе капиллярной трубки.

Потери давления $\Delta P_{тр}$ и гидравлический коэффициент трения определяются для условий адиабатического дросселирования капиллярной трубки.

По формуле Альтшуля для турбулентного режима течения потока хладагента имеем:

$$\xi = 0,11(\Delta / d_1 + 68 / Re)^{0,25}, \quad (3)$$

где Δ – значение эквивалентной абсолютной шероховатости внутренней поверхности капиллярной трубки; Re – число Рейнольдса.

$$Re = W_{cp} \cdot d_1 / \gamma_{cp},$$

где W_{cp} и γ_{cp} – средние значения скорости и коэффициента вязкости хладагента.

Потерями давления ΔP_m для сборных капиллярных трубок и не наматываемых в спираль, пренебрегаем.

Значения ΔP_y находим из выражения:

$$\Delta P_y = (W_{cp} / \gamma_{cp})^2 V'', \quad (4)$$

где V'' – удельный объем парожидкостной смеси хладагента на входе в испаритель.

Потери давления в вертикальном столбе жидкости:

$$\Delta P_{ст} = (H \cdot \varphi \cdot g) / V', \quad (5)$$

где H – высота подъема капиллярной трубки; φ – степень заполнения капиллярной трубки; g – ускорение свободного падения; V' – удельный объем жидкого хладагента в капиллярной трубке.

Уменьшение внутреннего диаметра d_1 капиллярной трубки в рабочем режиме холодильной машины при наличии в ней загрязнений в соответствии с выражениями (2)...(5) сопровождается увеличением перепада давления ΔP , уменьшением про-

пусковой способности и холодопроизводительности капиллярной трубки Q_k [7]:

$$Q_k = G_a \cdot C_p \cdot \Delta T, \quad (6)$$

где G_a – массовый расход хладагента; C_p – теплоемкость хладона; ΔT – разность температур хладона.

ВЫВОДЫ

1. Предложена классификация примесей и загрязнений рабочей среды герметичных агрегатов холодильных машин и установлено их влияние на работоспособность элементов агрегатов.

2. Выполнен анализ воздействия загрязнений на конструктивные и технологические показатели капиллярной трубки и условия снижения холодопроизводительности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Холодильная техника. Энциклопедический справочник в трех книгах / Под ред. Ш.Н. Кобулашвили. – М.: Госторгиздат, 1961.

2. *Кожмяченко А.В.* Влияние загрязнений на работоспособность герметичных агрегатов бытовых холодильников и повышение их эксплуатационных характеристик при ремонте: Дис.... канд. техн. наук. – М., 1988.

3. *Кожмяченко А.В., Болгов И.В.* Факторы, влияющие на долговечность фильтр-осушителей герметичных агрегатов бытовых холодильников // Сб. научн. тр. Московск. технолог. ин-та. – 1986, вып. 61. С. 8...12.

4. *Розенфельд Л.М., Ткачев А.Г.* Холодильные машины и аппараты. – М.: Госторгиздат, 1962.

5. *Кожмяченко А.В., Петросов С.П., Лемешко М.А., Рукасевич В.В.* Теоретические принципы обеспечения технического состояния бытовых холодильных приборов на этапе их технической эксплуатации // Изв. вузов. Сев.-Кавк. региона. Техн. науки. – 2013, №3. С. 107...110.

6. *Поляков В.А.* Основы технической диагностики. – М.: НИЦ Инфра-М, 2013.

7. *Якобсон В.Б.* Малые холодильные машины. – М.: Пищевая промышленность, 1977.

REFERENCES

1. *Holodil'naja tehnika. Jenciklopedicheskiy spravochnik v treh knigah / Pod red. Sh.N. Kobulashvili.* – М.: Gostorgizdat, 1961.

2. *Kozhemjachenko A.V.* Vlijanie zagrjaznenij na rabotosposobnost' germetichnyh agregatov bytovyh holodil'nikov i povyshenie ih jekspluatacionnyh harakteristik pri remonte: Dis.... kand. tehn. nauk. – М., 1988.

3. *Kozhemjachenko A.V., Bolgov I.V.* Faktory, vlijajushhie na dolgovechnost' fil'tr-osushitelej germetichnyh agregatov bytovyh holodil'nikov // Sb. nauchn. tr. Moskovsk. tehnolog. in-ta. – 1986, vyp. 61. S. 8...12.

4. *Rozenfel'd L.M., Tkachev A.G.* Holodil'nye mashiny i apparaty. – М.: Gostorgizdat, 1962.

5. *Kozhemjachenko A.V., Petrosov S.P., Lemeshko M.A., Rukasevich V.V.* Teoreticheskie principy obespechenija tehnicheskogo sostojanija bytovyh holodil'nyh priborov na jetape ih tehnicheskoy jekspluatacii // Izv. vuzov. Sev.-Kavk. regiona. Tehn. nauki. – 2013, №3. S. 107...110.

6. *Poljakov V.A.* Osnovy tehnicheskoy diagnostiki. – М.: NIC Infra-M, 2013.

7. *Jakobson V.B.* Malye holodil'nye mashiny. – М.: Pishhevaja promyshlennost', 1977.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильного отделочного оборудования ТИ ИВГПУ. Поступила 25.05.15.