

Информационно-аналитическая записка о переводе сектора бытовой холодильной техники на озонобезопасные вещества и технологии

Краткий обзор сектора бытовой холодильной техники

Ежегодно в мире производится приблизительно 100 млн бытовых холодильников и морозильников. Типовое устройство оснащается герметичной парокомпрессионной холодильной машиной заводской сборки с асинхронным двигателем мощностью 50–250 Вт (или с недавних пор линейным индукторным двигателем), в которой содержится от 50 до 250 г хладагента. В отдельных устройствах применяются альтернативные (не парокомпрессионные) технологии, например, в гостиничных минибарах – абсорбционные холодильные машины. Разброс сроков службы систем, установленных во всем мире, чрезвычайно широк. Средний срок службы составляет от 9 до 19 лет эксплуатации. В силу долгого срока службы изделий и больших годовых объемов производства общее количество бытовых холодильных систем в мире оценивается в 1,5-1,8 млрд единиц.

В структуре производства крупногабаритной бытовой техники в Российской Федерации холодильники и морозильники занимают первое место в стоимостном и натуральном выражениях. Их производством занимаются около 10 компаний, из которых лишь меньшая половина производит товары под отечественными марками (ФГУП «Завод имени Серго», г. Зеленодольск, Республика Татарстан, ООО «СЭПО-ЗЭМ», г. Саратов, ОАО «КЗХ «Бирюса», г. Красноярск и ООО «ТПК «Орские заводы», г. Орск, Оренбургская обл.).

На российском рынке холодильной техники довольно высока доля импорта: более трети ввозится из-за рубежа. Большая часть иностранных товаров – продукция крупнейших корпораций.

Следует отметить, что морозильники в России выпускаются не на всех предприятиях, производящих холодильники. Так, выпуск морозильников налажен на заводах «Индезит Интернэшнл» (ЗАО «Завод холодильников «Стинол»), ОАО «КЗХ «Бирюса», ФГУП «ПО «Завод им. Серго», ООО «СЭПО-ЗЭМ» и ООО «ТПК «Орские заводы». Большинство зарубежных производителей предпочитает поставлять на российский рынок морозильники под своими марками из-за рубежа.

Подразделения по выпуску встраиваемой техники также имеются не у всех производителей. Среди компаний, выпускающих и/или экспортирующих в Российскую Федерацию товары этой группы, можно выделить Indesit, Bosch, Electrolux, Miele, Liebherr, Gorenje.

Высокий уровень конкуренции со стороны международных компаний, разместивших свои производственные мощности в России, и увеличение цен на материалы и комплектующие создают дополнительные барьеры для деятельности российских производителей. За последние годы некоторые участники рынка приостановили производство холодильников в России. Среди них: ООО «Техпроминвест», ООО «Норд-Спринт», ОАО «Московский завод домашних холодильников», ОАО «Айсберг» и др.

Тем не менее, положительной стороной возрастающего уровня конкуренции является улучшение качества российской продукции, стремление производителей следовать международным стандартам. При этом цены на отечественные товары сравнительно низки, в связи с чем спрос на них достаточно высок, особенно на региональных рынках. Самые прочные позиции среди компаний, производящих холодильную технику в России, сохраняет российское подразделение компании Indesit Company ЗАО «Завод холодильников «Стинол». В тройку лидеров также входят ОАО «КЗХ «Бирюса» и ООО «ЛГ Электроникс Рус» (LG).

Наибольшей популярностью по состоянию на сегодняшний день в секторе производства бытовой холодильной техники пользуются холодильники, производимые компаниями Electrolux, Liebherr, Vestfrost и LG, как наиболее экономичные, удобные в обращении и имеющие привлекательный

дизайн. Среди производителей холодильников Таможенного союза лидирует ЗАО «Атлант» (Республика Беларусь), имеющий наиболее оптимальное соотношение «цена-качество».

С учетом того, что ввоз оборудования, содержащего ОРВ, запрещен только с 1 января 2013 г. (Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии № 158 от 18 сентября 2012 г. «О внесении изменений в разделы 1.1 и 2.1 Единого перечня товаров, к которым применяются запреты или ограничения на ввоз или вывоз государствами – членами Таможенного союза в рамках Евразийского экономического сообщества в торговле с третьими странами»), потенциально возможен ввоз в Российскую Федерацию до этой даты БХО, пенополиуретановая изоляция которого была изготовлена с использованием ГХФУ-141b.

Оценка потребления озоноразрушающих веществ в секторе бытовой холодильной техники

В секторе бытовой холодильной техники до 2002-2003 гг. широко применялись ХФУ-11 – в качестве вспенивателя теплоизоляции и ХФУ-12 – в качестве хладагента. Производство этих хладагентов было полностью прекращено в стране в конце 2000 г., но их потребление в секторе сохранялось как за счет созданных самими предприятиями – производителями бытовой холодильной техники запасами, так и запасами, сформированными предприятиями – производителями ОРВ и их дочерними структурами.

Отказ от ХФУ-11 и переход на ГХФУ-141b оказался для предприятий сектора не очень затратным мероприятием в виду того, что эта замена практически не сопровождалась технологическим перевооружением (оборудование для вспенивания теплоизоляции осталось прежним).

В связи с тем, что использование мотор-компрессоров, сконструированных для ХФУ-12, невозможно даже в случае применения наиболее близкого к нему по физико-химическим и термодинамическим свойствам альтернативного хладагента ГФУ-134a, а мощности по производству мотор-компрессоров этого типа оставались в стране значительными (свыше 4 млн шт.), многими предприятиями сектора был выбран путь поэтапной конверсии.

Для производства нового бытового холодильного оборудования, а также ретрофита и сервисного обслуживания находящихся в эксплуатации бытовых холодильников и морозильников в 2000-е гг. достаточно широко применялись смесевые хладагенты российского производства на основе ГХФУ, которые не требуют замены компрессора и минерального масла ХФ12-16.

Таблица 1 – Состав российских смесевых хладагентов – заменителей ХФУ-12 на основе ГХФУ

Наименование хладагента	Содержание компонентов, %				
	R-21	R-22	R-142b	R-134a	R-318
АФ1	-	60,0	40,0	-	-
С10М1А	5,0	65,0	30,0	-	-
С10М1Б	15,0	65,0	20,0	-	-
С10М1В	20,0	65,0	-	15,0	-
С10М1Г	20,0	50,0	30,0	-	-
С10М2	24,7	60,5	-	14,8	-
Экохол 3	-	40,0	48,0	-	-
М1LE марка А	20,0	50,0	30,0	-	-

Также российской промышленностью было освоено производство ряда озонобезопасных смесевых хладагентов на основе ГФУ (R-134a, R-152a, R-218) и углеводородов (изобутан – R-600a, бутан – R-600) для использования в действующем холодильном оборудовании в качестве заменителя ХФУ-12.

Таблица 2 – Состав российских озонобезопасных смесевых хладагентов – заменителей ХФУ-12

Наименование хладагента	Содержание компонентов, %				
	R-134a	R-152a	R-218	R-600	R-600a
C1	-	70,0	-	-	30,0
CM1	62,0	-	33,0	5,0	-

Ситуация с продолжающимся до настоящего времени потреблением в стране ХФУ-12 осложняется его использованием в основном для сервисного обслуживания бытовой холодильной техники, т. е. находящихся в настоящее время в эксплуатации у населения «озонопасных» холодильников и морозильников, эксплуатируемых постоянно в квартирах и частных домах, и периодически – на дачных и приусадебных участках.

В целом можно считать, что сектор производства бытовой холодильной техники включает в себя не только само производство холодильников и морозильников, но и его сервисное обслуживание и ремонт (как правило, крупные предприятия – производители обладают своей собственной сетью мастерских по ремонту и сервисному обслуживанию бытовых холодильников и морозильников). На территории Российской Федерации имеется также несколько тысяч юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, оказывающих услуги по ремонту находящихся в эксплуатации холодильников и морозильников. Ремонт находящегося в эксплуатации бытового холодильного оборудования на территории Российской Федерации осложняется достаточно широкой номенклатурой применяемых хладагентов по типу (ХФУ, ГХФУ, ГФУ и УВ) и двумя видами масла, несовместимыми друг с другом (минеральное и синтетическое). Этими обстоятельствами обуславливается необходимость сервисных центров и организаций иметь в наличии соответствующие расходные материалы (хладагенты, масла) с учетом возможного ретрофита, а также оснастку и наборы инструментов.

В значительном количестве случаев ремонт бытовых холодильников оказывается нецелесообразным в связи с тем, что его стоимость может достигать 30-40% от цены нового агрегата аналогичного класса в озонобезопасном исполнении.

Учитывая значительный возраст основной части бытового холодильного оборудования, работающего на ХФУ (от 15 до 50 и более лет), ежегодно в ремонте с полной заменой хладагента нуждаются около 0,8-1,2 млн холодильных агрегатов. С учетом типовой нормы заправки, составляющей 0,15 кг, общий годовой объем ХФУ-12 или его заменителей, необходимый для обеспечения функционирования холодильников и морозильников старого образца, оценивается в 150 мт. При этом реальный уровень потребления этих веществ может существенно отличаться от указанных объемов (отказ владельцев от ремонта, потери при заправке, рециклинг хладагента и т. д.).

Ситуация с наличием в эксплуатации БХО, содержащего ГХФУ несколько иная: вышеуказанные смесевые хладагенты применялись в качестве замены ХФУ-12 лишь на российских предприятиях, а на приобретенных зарубежными компаниями активах конверсия на озонобезопасные хладагенты была осуществлена в большинстве случаев еще до 2000 г. Тенденция с применением ГХФУ-141b в качестве вспенивателя была практически аналогичной, но сдвинутой во времени на несколько лет (потребление сохранилось до настоящего времени на ряде отечественных предприятий – ООО «ТПК «Орские заводы», ООО «СЭПО-ЗЭМ», ОАО «Айсберг»).

С учетом вышеизложенного представляется полезным оценить количество озоноразрушающих ХФУ и ГХФУ, которое может быть извлечено из бытового холодильного оборудования для рекуперации, восстановления, рециркуляции (рециркулирования) и уничтожения.

Следует отметить, что в середине 1990-х гг. российскими заводами – производителями БХО были закуплены 4 комплектные линии по производству мотор-компрессоров мощностью 1 млн шт. каждая. Средства для конверсии этих линий на ГФУ-134a или R-600a у предприятий отсутствовали, в связи с чем в производимых на них мотор-компрессорах применялись вышеуказанные смесевые хладагенты на основе ГХФУ.

Учитывая технологическую сложность и экономическую нецелесообразность извлечения из холодильного контура БХО и последующего разделения на отдельные компоненты с помощью ректификации смесевых хладагентов на основе ГХФУ предлагается организовать их 100 %-е уничтожение в рамках системы сбора и утилизации БХО.

Таблица 3 – Оценка находящегося в эксплуатации БХО в Российской Федерации, содержащего ХФУ-11 и ХФУ-12, млн шт.

Годы (2002-2014)												
2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
40,7	41,2	39,2	37,1	34,8	32,0	29,1	27,0	24,7	21,9	18,8	15,8	12,5

Таблица 4 – Оценка находящегося в эксплуатации БХО в Российской Федерации, содержащего ГХФУ-21, ГХФУ-22, ГХФУ-142b и ГХФУ-141b (производство + импорт), млн шт.

Годы (2002-2014)												
2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0,9	1,8	2,4	4,5	7,6	11,3	14,3	15,4	16,6	18,1	19,3	20,6	21,8

В бытовых холодильниках и морозильниках приблизительно с 2002-2003 гг. стали использовать вместо ХФУ-11 ГХФУ-141b в качестве вспенивателя теплоизоляции.

Принимая во внимание, что ХФУ-11 и ГХФУ-141b, применявшиеся в качестве вспенивателя теплоизоляции БХО в озоноопасном исполнении, технически сложно извлечь из пенополиуретана и регенерировать (восстановить), целесообразно рассмотреть возможность их 100 %-ого уничтожения (сжигания) в рамках проведения мероприятий по сбору и утилизации БХО. Следует отметить, что подобный подход полностью соответствует практике, сложившейся в развитых странах.

Для извлечения ХФУ-12 из холодильного контура холодильников и морозильников требуются недорогие и доступные оборудование и оснастка, которыми могут оснащаться создаваемые в настоящее время мощности по утилизации БХО.

С учетом типовой нормы заправки БХО (0,15 кг) количество ХФУ-12, которое по состоянию на начало 2015 г. потенциально может быть извлечено из холодильников и морозильников для рекуперации, восстановления, рециркуляции (рециркулирования) или уничтожения, составляет 1 875 т.

Перспективы применения озонобезопасных хладагентов в бытовом холодильном оборудовании

Практически во всех производимых в мире новых бытовых холодильниках вместо ХФУ-12 используются новые хладагенты, не содержащие ОРВ. Основными хладагентами в настоящее время являются R-600a и ГФУ-134a. Более 50 % бытовых холодильных устройств, выпускаемых в настоящее время в мире, содержит R-600a, практически все остальные – ГФУ-134a. Около 1 % устройств работает на ГФУ-152a, ГХФУ-22 или смесях на их основе. Таким образом, в странах, не входящих в список Статьи 5 Монреальского протокола (развитые страны), ежегодно потребляется около 3,8 тыс. т, а в странах Статьи 5 Монреальского протокола (развивающиеся страны) – 7,7 тыс. т ГФУ-134a. Причина такой разницы заключается в региональных различиях: подавляющее большинство холодильников и морозильников, производимых в Европе, содержат R-600a, в то время как в других регионах этот хладагент менее распространен. Производство устройств, работающих на

R-600a, широко распространено в Азии, немного меньше – в Южной и Центральной Америке и Южной Африке, практически отсутствует в Северной Америке и начинает расти в Австралии.

Основные усилия при разработке новых бытовых холодильников и морозильников направлены на повышение энергоэффективности посредством использования усовершенствованных компонентов, например, компрессоров с регулируемой скоростью (фактически все новые продукты высокого класса в Европе оснащены устройствами изменения частоты) и вакуумными изоляционными панелями. Экономия энергии достигается также за счет установки электронных устройств управления.

С развитием технологий продолжается постепенное внесение изменений в конструкцию изделий, целью которого является переход от ГФУ-134а на R-600a.

После вывода ХФУ-12 из обращения ГФУ-134а стал основным хладагентом, используемым в бытовых холодильных устройствах. Этот хладагент относится к классу безопасности A1 (низкотоксичное и трудногорючее вещество) и, следовательно, не представляет угрозы для безопасной эксплуатации бытовых холодильников и морозильников.

ГФУ-134а обладает такими же показателями энергоэффективности, как и ХФУ-12, однако постоянное усовершенствование холодильных агрегатов, работающих на ГФУ-134а, привело к значительному росту их эффективности. Стоимость систем, работающих на ГФУ-134а, существенно выше в силу большего размера.

R-600a является основной альтернативой ГФУ-134а. При внедрении R-600a в 1994 г. в Европе наблюдалась обеспокоенность его высокой горючестью. К настоящему времени вопрос уже закрыт, в частности, благодаря уменьшению количества хладагента в бытовых холодильниках (менее 150 г; типовое – 65 г). До настоящего времени не было разработано новых альтернатив, обладающих такой же энергоэффективностью и конкурентной ценой.

С учетом законодательных требований к безопасности (например, стандарта ИЕС-60335-2-89) R-600a идеально подходит для бытовых холодильников, поскольку при его использовании повышаются показатели энергоэффективности и снижается уровень шума (по сравнению с оборудованием, работающем на ГФУ-134а). Стоимость R-600a ниже, чем ГФУ-134а, однако увеличение размера компрессоров и необходимость соблюдать установленные требования к безопасности влекут за собой дополнительные капиталовложения и увеличение производственных затрат.

В целом существенных препятствий для использования R-600a нет, что подтверждается наличием на рынке на сегодняшний день более 500 млн бытовых холодильников, работающих на этом хладагенте. Однако в некоторых регионах (например, в США) R-600a практически не используется, чему может быть несколько причин. Это общие проблемы обеспечения общественной безопасности (или ее восприятия) и заблуждения по поводу безопасности и аварий, связанных с его горючестью, что находит отражение в ограничительных национальных стандартах и нежелании инициировать распространение R-600a в регионе. Несмотря на то, что законодательство США до сих пор ограничивает использование R-600a, в 2011 г. Агентство по охране окружающей среды (EPA) включило R-600a и смесь углеводородов (R-441A) в Политику новых значимых альтернатив (SNAP) для бытовых и малых коммерческих (торговых) холодильников и морозильников. После этого некоторые производители в США начали производство высококлассных продуктов, работающих на вышеуказанных хладагентах.

R-600a является практически стандартным хладагентом, используемым в бытовых холодильниках и морозильниках в Европе. Ежегодно в мире производится более 50 млн приборов, работающих на R-600a. Повышение энергоэффективности значительно уменьшило воздействие бытовых холодильников на климат благодаря снижению прямых (выбросы хладагента) и косвенных (выбросы CO₂, связанные с потреблением электроэнергии) выбросов.

Использование ГФО-1234yf в бытовых холодильниках и морозильниках технически возможно и может быть промежуточным этапом при переходе от ГФУ-134а к R-600a в некоторых странах, так как давление и мощность ГФО-1234yf немного ниже, чем у ГФУ-134а, а горючесть меньше, чем у R-600a.

Меньшая горючесть облегчает применение этого хладагента в странах, где действуют строгие ограничения на использование R-600a.

Начались исследования возможностей использования ГФО-1234yf вместо ГФУ-134a, но эти разработки не рассматриваются в качестве первоочередной задачи (в отличие от использования в автомобильных кондиционерах). Согласно предварительным оценкам эффективность ГФО-1234yf может быть такой же, как у ГФУ-134a, однако на практике она зачастую немного ниже. По этой причине капиталовложения в оборудование на 1 % выше, чем при использовании технологий на основе ГФУ-134a в силу увеличения поверхности теплообменников (компенсация более низкой энергоэффективности). Принимая во внимание цену, этот процент определяется по стоимости хладагента при первой заправке.

В настоящее время диоксид углерода – R-744 (включая транскритические системы) представляется единственной перспективной альтернативой, пригодной для использования в обычных парокомпрессионных бытовых холодильниках. Опыт использования хладагента получен на базе многолетней эксплуатации большого числа торговых автоматов, которые схожи с бытовыми холодильниками, но содержат небольшое количество хладагента.

Дополнительные расходы могут быть связаны с большим весом материалов, необходимых для обеспечения минимального уровня эффективности, в частности, морозильников в любых климатических условиях или холодильников и морозильников в теплом климате. Однако в силу использования большинства таких устройств внутри помещений влияние температуры наружного воздуха на температуру окружающей среды и эффективность системы уже не имеет прежнего значения. Более высокая стоимость также обусловлена конструкцией испарителя, который должен соответствовать высокому давлению R-744.

Основные препятствия для использования R-744 связаны с большими затратами на материалы, что снижает конкурентоспособность оборудования, работающего на нем. Кроме того, имеются дополнительные препятствия, например – общее опасение перед высоким давлением, влияние национальных и международных стандартов, требования которых увеличивают стоимость конечного продукта, отсутствие учебных материалов и высокая стоимость сервисного обслуживания.

До сих пор ни один из основных производителей бытовых холодильников не наладил серийный выпуск систем, работающих на R-744, поэтому его широкое распространение в этом секторе не представляется вероятным в течение ближайших 10-15 лет.

С учетом вышеизложенного следует отметить, что все предприятия сектора БХО, принадлежащие зарубежным компаниям-производителям холодильной техники, осуществили поэтапный отказ от использования в качестве хладагента ГФУ-134a в пользу R-600a (изобутан). Исключением является только ЗАО «Завод холодильников «СТИНОЛ», которое сохранило в своей производственной программе порядка четырех моделей холодильников, заправляемых ГФУ-134a. Реализация комплексного подхода (наряду с конверсией на циклопентан в изготовлении теплоизоляции бытовых холодильников и морозильников) позволила перейти этой группе предприятий на выпуск продукции с высокими показателями энергоэффективности (класс «А» и выше). Предприятиям, принадлежащим государственным и частным российским владельцам (ОАО «КЗХ «Бирюса», ФГУП «Завод имени Серго», ООО «СЭПО-ЗЭМ» и ООО «ТПК «Орские заводы»), для сохранения конкурентоспособности на российском рынке еще предстоит осуществить отказ от использования ГФУ-134a в качестве хладагента и переход на R-600a.

Отказ от потребления ГХФУ-141b и конверсия на озонобезопасные вспениватели при изготовлении ППУ-изоляции в секторе бытового холодильного оборудования

По состоянию на сегодняшний день в секторе производства бытовой холодильной техники полностью отказались от потребления ГХФУ-141b и перешли на использование циклопентана ООО «Беко» (г.

Киржач Владимирской обл.), ООО «Вестел-СНГ» (г. Александров Владимирской обл.), ООО «БСХ Бытовые приборы» (г. Санкт-Петербург), ЗАО «Завод холодильников «Стинол» (г. Липецк), ОАО «КЗХ «Бирюса» (г. Красноярск), ООО «Логера» (г. Руза Московской обл.) и ООО «Завод «Океан» (г. Уссурийск Приморского края). Таким образом, в секторе производства БХО вопросы конверсии на альтернативные вспениватели во многом уже решены. В настоящее время в рамках Проекта ЮНИДО / ГЭФ – Минприроды России «Поэтапное сокращение потребления ГХФУ и стимулирование перехода на не содержащее ГФУ энергоэффективное холодильное и климатическое оборудование в Российской Федерации посредством передачи технологий» завершается реализация подпроектов конверсии на озонобезопасные технологии (циклопентан) на ФГУП «Завод имени Серго» (г. Зеленодольск, Республика Татарстан) и ООО «СЭПО-ЗЭМ» (г. Саратов). Предполагается, что до конца 2015 г. аналогичная программа перевода производственных мощностей на циклопентан будет в значительной части реализована на ООО «ТПК «Орские заводы» (г. Орск Оренбургской обл.), а ОАО «КЗХ «Бирюса» будет оказана помощь во внедрении энергоэффективных технологических решений.

К настоящему времени практически все производители БХО в мире отказались от использования ГХФУ-141b в качестве вспенивающего агента и осуществили конверсию на циклопентан. Переход на циклопентан, предприятие получает целый ряд преимуществ, таких как существенное повышение качества и класса энергопотребления выпускаемой бытовой холодильной техники, освоение современных технологий, не оказывающих отрицательного воздействия на озоновый слой и климат Земли, возможность экспорта выпускаемой продукции за пределы Российской Федерации, а также возможность сотрудничества и совместной деятельности с основными мировыми производителями БХО.

Перевод предприятия, производящего БХО, на циклопентан представляет собой довольно сложную с технической точки зрения задачу, поскольку речь идет о замене/модернизации всей технологической линии. Более того, из-за взрывоопасности циклопентана на всех стадиях подготовки и реализации проекта по отказу от ГХФУ-141b предприятием должно уделяться особое внимание вопросам безопасности.

Таблица 5 – Сравнение озонобезопасных альтернативных вспенивателей, рекомендуемых для применения в секторе БХО

Вспениватель	Преимущества	Недостатки	Примечание
Циклопентан и смеси циклопентана и изопентана	Низкий ПГП	Горючи	Высокие суммарные капитальные затраты (оказываются приемлемыми для большинства предприятий сектора БХО)
	Низкие эксплуатационные затраты		Международный отраслевой стандарт
	Хорошие термоизоляционные и механические характеристики пеноматериалов		
ГФУ-245fa	Негорючи	Высокий ПГП	Низкие суммарные капитальные затраты
	Хорошие термоизоляционные и механические характеристики пеноматериалов	Высокие эксплуатационные затраты	Высокие термоизоляционные характеристики (по сравнению с углеводородами)
			Отработанная технология
ГХФО / ГФО	Низкий ПГП	Высокие эксплуатационные затраты	Отработанная в течение последних лет технология

	Негорючи		Многообещающие показатели энергоэффективности (равны или лучше, чем у насыщенных ГФУ)
			Низкие суммарные капитальные затраты

Перечень основного технологического оборудования, которое необходимо заменить/модернизировать в рамках отказа от ГХФУ-141b и перехода на циклопентан в секторе бытового холодильного оборудования

Склад хранения циклопентана

В большинстве случаев речь идет о емкостях для хранения циклопентана объемом 30-40 куб. м, вынесенных за пределы заводских помещений. В зависимости от географического положения, а также местных норм и требований органов сертификации и контроля емкости могут быть расположены как на поверхности, так и полностью или частично под землей. Как правило, требуется не менее двух таких емкостей: одна – для непосредственного использования, другая – для аварийного слива циклопентана в случае аварии. К установке подготовки рабочей смеси циклопентан подается соответствующими насосами.

Если предполагаемые объемы потребления циклопентана относительно невелики, возможен более экономичный вариант склада. Циклопентан в бочках объемом чуть более 200 л складывается в специально отведенном для хранения месте на открытом воздухе, но обязательно под навесом, обеспечивающим защиту бочек от осадков. Со склада бочки поступают к станции смешивания, где в условиях, обеспечивающих необходимую безопасность, циклопентан посредством специального насоса подается для подготовки смеси с полиолом. На всех этапах хранения, транспортировки и смешивания циклопентана должна быть обеспечена надежная система защиты от возможного воспламенения и взрыва.

Станция смешивания полиола с циклопентаном

Станции смешивания полиола с циклопентаном устанавливаются в специальном помещении с повышенной степенью защиты. Назначением этой станции является замешивание циклопентана в полиол, являющийся одним из двух компонентов в составе полиуретана. Подача и смешивание компонентов осуществляются в полностью автоматическом режиме, после чего смесь поступает либо напрямую к пенозаливочным машинам или же, в зависимости от особенностей производства, в цеховую рабочую емкость объемом от 500 до 1 000 л.

Станции смешивания изолируются от основного помещения специальными защитными боксами, оснащенными датчиками-газоанализаторами, системой вентиляции с двухскоростным режимом, системой освещения во взрывобезопасном исполнении, а также пультом управления всеми системами контроля и обеспечения безопасности.

Система подачи смеси полиола и циклопентана к пенозаливочной технике

Полученная в цехе (участке) подготовки смесь полиола с циклопентаном подается к пенозаливочным машинам по системе трубопроводов, соединяющей все пенозаливочные машины. Данный трубопровод изготавливается из высококачественной стали, все сварочные работы производятся на месте специалистами высшей категории с целью полного исключения возможных протечек.

Пенозаливочная техника

Традиционные заливочные машины, как правило, не предназначены для работы с циклопентаном (за исключением машин, изготовленных в «предпентанизированном» исполнении). Для этого используются машины, все части и узлы которых, находящиеся в контакте с циклопентаном, имеют специальное взрывобезопасное исполнение и защиту, в частности:

- электрооборудование в варианте исполнения по классу «EX»;
- клапанные системы во взрывобезопасном исполнении как на подаче компонента в расходную емкость, так и между самой емкостью и насосом;
- система поддержания азотной среды в расходной емкости с компонентом;
- система заземления всех частей машины;
- сливной поддон под расходной емкостью с компонентом в комплекте с соответствующими датчиками уровня на случай пролива компонента;
- защитный бокс;
- система двухскоростной вентиляции бокса на случай аварийной ситуации.

При разработке проекта конверсии предприятия сектора БХО следует принимать во внимание то обстоятельство, что с учетом морального и физического износа пенозаливочной техники ее модернизация при переходе на циклопентан зачастую не представляется экономически обоснованной, а иногда и технически возможной. В каждом отдельном случае данный вопрос требует отдельного рассмотрения с участием специалистов компании – изготовителя пенозаливочного оборудования.

Линии изготовления ППУ теплоизоляции шкафов и дверей БХО

Если степень износа оборудования не слишком высока, существует потенциальная возможность технического перевооружения, включающего в себя перевод электрооборудования во взрывобезопасное исполнение, заземление всех основных частей установки, оборудование защитного бокса с системой вентиляции и установку датчиков газоанализаторов в местах возможной утечки компонента.

Инертизация азотом

При использовании циклопентана в качестве вспенивающего агента вместо обычной воздушной среды в складских, промежуточных и расходных емкостях должен использоваться азот, создающий инертную невзрывоопасную среду.

Азот может поставляться в стандартных баллонах или производиться непосредственно на месте использования. Имеет смысл поставлять азот в баллонах в случае потребления в небольших и средних объемах, в то время как при больших объемах потребления рекомендуется производить азот с помощью специального оборудования и распределять его по системе трубопроводов непосредственно к потребителям. Кроме того, азот используется для продувки («инертизации») проемов шкафов холодильников непосредственно перед заливкой пенополиуретана. Выполняется это с помощью специального азотного клапана, смонтированного непосредственно на заливочной головке или на борту тележки, обеспечивающей загрузку заготовок шкафов холодильников в линию заливки. При этом автоматически будет выбрана правильная доза азота для продувки шкафа холодильника в зависимости от его модели и объема.

Защитный вентилируемый бокс

Все части и узлы линии заливки шкафов и дверей холодильников и морозильников, где предполагается наличие циклопентана в чистом виде или в смеси с полиолом, должны быть изолированы с целью предельного сокращения зон с повышенным классом пожаро- и взрывоопасности. Для этой цели используются специальные боксы, внутри которых поддерживается разряженная среда, а в конструкции применяются исключительно материалы, обладающие антистатическими свойствами. Кроме того, боксы имеют аварийные системы доступа и снабжаются системой вытяжной вентиляции, а сама система вентиляции – дублирующим двухскоростным вентиляционным оборудованием.

Основная система вентиляции работает в постоянном режиме, в случае же появления паров циклопентана и срабатывания системы аварийной безопасности к ней подключается и вторая, аварийная, система вентиляции. Благодаря этому даже в случае выброса смеси с циклопентаном или циклопентана в чистом виде низший взрывной предел LEL (англ. Low Explosion Limit) не будет превзойден ни при каких обстоятельствах, что гарантирует безопасность персонала и производственного оборудования.

Система обеспечения безопасности

Система аварийной безопасности предполагает наличие датчиков газоанализаторов, датчиков уровня на случай возможной утечки компонента, датчиков входных дверей и датчиков наличия инертной среды и работоспособности вентиляционного оборудования. Показания всех этих систем слежения выводятся на один общий или несколько локальных пультов управления и контроля.

Сами пульты управления системой безопасности оснащаются двойной системой электропитания – основной и аварийной, переключение с первой на вторую производится в автоматическом режиме. При этом обеспечивается поддержание в активном режиме всех аварийных и вентиляционных систем в момент отключения электроэнергии.

Все аварийные сигналы дублируются на специальном пульте управления, устанавливаемом в таком месте, где гарантируется постоянное нахождение оператора. Таким образом обеспечивается своевременное оповещение службы безопасности о наступлении аварийной ситуации даже в ночные часы, а также в праздничные и выходные дни.

Система электроснабжения

С целью гарантии максимального уровня безопасности предусматривается двойная (основная и аварийная) система электроснабжения на основе двух независимых источников питания. При этом подключение аварийной системы энергоснабжения произойдет автоматически, что, с одной стороны, подстрахует работу основной в случае выхода ее из строя, а с другой – исключит даже малейшую возможность отключения оборудования и в первую очередь оборудования системы безопасности от источника энергоснабжения.

В случае отсутствия двух независимых линий подачи электроэнергии необходимо обеспечить наличие специального источника питания, который будет автоматически введен в действие в случае отключения электроэнергии от основного источника.

Производственные помещения

Производственные помещения, в которых устанавливается технологическое оборудование по запениванию пенополиуретаном шкафов и дверей холодильников и морозильников, оборудуются системой аварийного выхода, системой освещения во взрывобезопасном исполнении и системой аварийной безопасности в полном соответствии с требованиями общих и местных правил и норм.

Обучение персонала

Включение в технологический цикл такого взрывоопасного вещества, как циклопентан, предполагает повышенный уровень ответственности со стороны как руководящего, так и обслуживающего персонала предприятия. В этой связи важным компонентом проекта конверсии становится обучение персонала всех уровней правилам эксплуатации оборудования и систем безопасности, а также действиям в условиях наступления аварийной ситуации.

Проектная, нормативная и разрешительная документация

Компания – поставщик оборудования обязана предоставить предварительный проект (план) мероприятий по переводу оборудования на циклопентан. При этом данный проект, как правило, выполненный на основе зарубежных норм, непременно должен быть адаптирован к требованиям

действующих российских правил, что подразумевает непременно подключение российских проектных учреждений и организаций, имеющих соответствующие разрешения и лицензии.

Кроме того, все помещения, задействованные под хранение, смешивание и заливку систем с циклопентаном, должны соответствовать требованиям российских общих и местных правил и норм.

Ведущими производителями пенозаливочного оборудования являются преимущественно итальянские компании (Cannon Afros Spa., SAIP S.u.r.l. и др.).

Оценка затрат на осуществление конверсии на озонобезопасный циклопентан в секторе бытового холодильного оборудования

С учетом перечня основного технологического оборудования, которое необходимо заменить / модернизировать в рамках отказа от ГХФУ-141b и перехода на циклопентан в секторе БХО, была осуществлена усредненная оценка затрат. В связи с тем, что оборудование для вспенивания ППУ-изоляции в Российской Федерации не производится, все оценки были произведены в долл. США.

Устанавливаемое оборудование должно соответствовать следующим европейским и российским нормам:

- ИЕС 79-16 «Оборудование электрическое для взрывоопасных газовых сред»;
- ИЕС 79-10 «Классификация взрывоопасных зон»;
- ИЕС 79-14 «Электрооборудование во взрывоопасных зонах»;
- EN 50054 «Электрооборудование для обнаружения и измерения горючих газов, Общие требования и методы испытаний»;
- EN 50057 «Электрооборудование для обнаружения и измерения горючих газов – эксплуатационные требования для группы II с указанием нижнего предела взрываемости на 100 %»;
- VDMA 24 169 «Bauliche Explosionsschutzmaßnahmen an Ventilatoren»;
- Заключение № 330056, выданное итальянским экспериментальным центром по топливу: «Химические и физические свойства смесей полиола и циклопентана»;
- Заключение № SIN 93/026498, выданное итальянским экспериментальным центром по электротехнике (CESI) «Классификация зон с опасностью взрыва в связи с работой заливочных машин для ППУ в составе следующих агрегатов: система смешивания полиола-циклопентана, заливочная машина, емкость, смесительная головка».

Компания, осуществляющая модернизацию имеющихся у российских предприятий заливочных машин в «предпентанизированном» исполнении должна их оснастить оборудованием, соответствующим нормам АТЕХ. В подтверждение этого на оборудование должна быть нанесена маркировка: Ex II 3/-G IIA T3 (0°C ≤ Tamb ≤ +40°C) X

Таблица 6 – Оценка затрат на осуществление конверсии на озонобезопасный циклопентан предприятия сектора бытового холодильного оборудования

№№ п/п	Наименование	Кол-во, шт	Стоимость, долл. США	Общая стоимость, долл. США	Примечание
-----------	--------------	---------------	-------------------------	----------------------------------	------------

1.	Оборудование склада хранения циклопентана				
1.1	Участок хранения циклопентана наливного типа	2	50 000 – 60 000	100 000 – 110 000	Проект разрабатывается уполномоченным проектным институтом в соответствии с российскими нормами безопасности
1.2	Комплект оборудования для инертизации азотом	2	2 000 – 2 500	4 000 – 5 000	
2.	Зона предварительного смешивания циклопентана и полиола				
2.1	Станция предварительного смешивания циклопентана и полиола	2	70 000 – 80 000	140 000 – 160 000	
	Модуль полиола со шкафом управления	2	30 000 – 35 000	60 000 – 70 000	
3.	Модернизация существующей линии для запенивания шкафов бытовых холодильников / морозильников				
3.1	Комплект оборудования для перевода на циклопентан существующей машины запенивания шкафов бытовых холодильников / морозильников, изготовленной в «предпентанизированном» исполнении	1	50 000 – 55 000	50 000 – 55 000	
3.2	Комплект оборудования для инертизации азотом существующей машины запенивания	1	30 000 – 35 000	30 000 – 35 000	
4.	Модернизация существующей линии для запенивания дверей холодильников / морозильников				
4.1	Комплект оборудования для перевода на циклопентан существующей машины запенивания дверей холодильников / морозильников, изготовленной в «предпентанизированном» исполнении	1	80 000 – 85 000	80 000 – 85 000	
5.	Конвейерная комплектная линия непрерывного действия для запенивания шкафов бытовых холодильников / морозильников				
5.1	Заливочная машина высокого давления в «пентанизированном» исполнении	1	190 000 – 200 000	190 000 – 200 000	
8.	Электронный эксплозиметр				
8.1	Электронный эксплозиметр для тестирования датчиков циклопентана	1	2 500 – 3 000	2 500 – 3 000	
9.	Система безопасности	1	50 000 – 60 000	50 000 – 60 000	
10.	Инжиниринг	1	40 000 – 50 000	40 000 – 50 000	
11.	Комплект запасных частей и				

	расходных материалов				
11.1	Комплект запасных частей и расходных материалов на 2 года работы	1	40 000 – 50 000	40 000 – 50 000	
	ИТОГО:			786 500 – 883 000	

Ориентировочная стоимость оборудования, которое необходимо приобрести предприятию – производителю бытового холодильного оборудования для осуществления конверсии на озонобезопасный циклопентан может составить в среднем от 790 до 880 тыс. долл. США. Эта сумма зависит от количества заливочных машин для запенивания шкафов / дверей бытовых холодильников и морозильников на предприятии и стратегии их конверсии (модернизация и / или замена, см. пп. 3.1, 3.2, 4.1 и 5.1 таблицы).

Дополнительные расходы предприятия на проведение строительных и монтажных работ, приобретение вентиляционного оборудования, переобучение персонала и т.д. могут составить до 50 % от стоимости основного оборудования.

Таким образом, суммарные затраты предприятия сектора БХО на осуществление конверсии на озонобезопасный циклопентан могут составить от 1,2 до 1,3 млн долл. США.

Выводы

Значительная часть предприятий сектора БХО в основном применяет в качестве хладагента изобутан R-600a (более половины новых холодильников и морозильников, производимых в мире) и ГФУ-134a (остальные).

R-600a остается основной альтернативой ГФУ-134a. Благодаря использованию в холодильном контуре небольшого количества хладагента (около 65 г) исключена проблема его быстрой воспламеняемости. До настоящего времени не было разработано новых альтернатив, обладающих такой же энергоэффективностью и конкурентоспособной ценой. Имея более низкую стоимость чем ГФУ-134a, R-600a требует дополнительных капиталовложений для увеличения размера компрессоров. Также могут возрасти производственные затраты для выполнения требований к безопасности систем.

Начались исследования возможностей применения ГФО-1234yf вместо ГФУ-134a, однако эти разработки не рассматриваются в качестве первоочередной задачи. Меньшая по сравнению с R-600a воспламеняемость позволяет найти применение ГФО-1234yf в странах со строгими ограничениями на использование R-600a (Российская Федерация к ним не относится). Рассматривается также возможность использования R-744 (CO₂), однако его внедрение требует существенных дополнительных затрат.

Значительная часть предприятий сектора БХО в Российской Федерации уже осуществила полный отказ от ГХФУ-141b в качестве вспенивателя, а оставшаяся часть – завершит конверсию на озонобезопасный циклопентан до середины 2016 г.

Потребление в секторе ГФУ-134a, обладающего значительным ПГП, в качестве хладагента вероятно будет завершено к 2017 г., что обусловлено большей энергоэффективностью, низким ПГП и меньшей ценой хладагента R-600a.

На российском рынке наметился рост продаж дорогих моделей элитного класса бытового холодильного оборудования импортного производства, что необходимо учитывать отечественным производителям холодильников при разработке своей маркетинговой политики.