

2. Озонобезопасные технологии в холодильной промышленности. Гидрофторолефины. [Электронный ресурс]. URL: <http://hvacceneter.ru/gidroftorolefiny> (дата обращения 23.09.2020).

3. Какие масла использовать для фреонов R1234yf и R1234ze. [Электронный ресурс]. URL: <https://cool-system.ru/blog/ustroystvo-i-osnovnye-uzly-sistemy/kakie-masla-ispolzovat-dlya-freonov-r1234yf-i-r1234ze> (дата обращения 24.09.2020).

УДК 621.565

## **О СВОЙСТВАХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ХЛАДАГЕНТОВ**

В.В. Ярутич – магистрант

Г.В. Бабанюк – 77м, 3 курс, АМФ

Научные руководители: канд. техн. наук, доцент Ф.Д. Сапожников

канд. техн. наук, доцент Ф.И. Назаров

*БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь*

В АПК республики эксплуатируется значительное количество молокоохладительных установок, для заправки которых используются традиционные хладагенты: хлорфторуглеродороды (ГХФУ) и гидрофторуглеродороды (ГФУ). Эти хладагенты отличаются высоким парниковым воздействием. С целью ограничения выбросов парниковых газов в последнее время появился новый тип хладагентов, называемых гидрофторолефинами, которые будут использоваться в сельском хозяйстве [1]. Поэтому назрела необходимость в изучении свойств этих хладагентов.

Традиционные хладагенты представляют собой ациклические насыщенные алифатические углеводороды (алканы: метан, этан, пропан и т. д.), а также на их основе галогенные производные под общим названием фреоны (содержащие фтор (F), хлор (Cl)). Алканы имеют незамкнутую цепь с линейным или разветвленным строением молекулы, в которой только простые (одинарные) связи; они образуют гомологический ряд с общей формулой  $C_nH_{2n+2}$  ( $n$  – число атомов углерода). Фреоны на основе углеводородов также имеют только простые связи, молекула полностью заполнена химическими элементами. К этой группе фреонов относится большинство традиционных чистых (однокомпонентных) фреонов, а также большое количество смесевых хладагентов на их основе (многокомпонентных) из серий 400 и 500.

Физические и термодинамические свойства. Остановимся на основных свойствах ГФО, которые сегодня наиболее часто используются в качестве хладагентов. ГФО были специально разработаны для замены озоноразрушающих, парниковых холодильных и вспенивающих агентов (ГХФУ и ГФУ), и потому их физические (в частности, термодинамические) свойства схожи.

HFO-1234yf (2,3,3,3-тетрафторпропен – химическое наименование, товарный знак – Solstice® yf, торговая марка – Opteon™). Однокомпонентный хладагент. Представляет собой прозрачный бесцветный, сжиженный под давлением газ, не имеет запаха, тяжелее воздуха. Нетоксичен. Применяется в качестве хладагента в холодильном и климатическом оборудовании, а также в автомобильных кондиционерах (как альтернатива ГФУ-134а). Может использоваться для изготовления смесевых хладагентов.

HFO-1234ze(E) (транс-1,3,3,3-тетрафторпропен – химическое наименование, товарный знак – Solstice® ze) [2]. Однокомпонентный хладагент. Прозрачный бесцветный газ, не имеет запаха, тяжелее воздуха. Термически устойчив до 200 °С. В качестве хладагента предназначен для применения в чиллерах, системах централизованного холодоснабжения, еще используется как компонент смесевых хладагентов.

Физиологические свойства. ГФО относятся к категории А по токсичности (ASHRAE 34 «Классификация по группам безопасности»), то есть малотоксичные (нетоксичные для человека), предел допустимого воздействия >400 ppm, малая вероятность отравления. Группа пожарной безопасности ГФО – 2L, то есть трудновоспламеняемые, горючие, с низкой скоростью горения. Для воспламенения требуется концентрация более 100 г/м<sup>3</sup> (как правило, не менее 300 г/м<sup>3</sup>). Удельная теплота сгорания – менее 19 000 кДж/кг. Низкая скорость распространения пламени (менее 10 см/с). Как правило, для воспламенения необходимы особые условия. На практике низкая скорость распространения пламени означает, что смесь воздуха с хладагентом не взорвется, а лишь воспламенится при зажигании (в том числе от искры), что требует менее строгих правил при его использовании.

Следует избегать прямого контакта с жидким хладагентом. Температура испарения (особенно у R1234yf) достаточно низкая, хладагент может повредить кожу, глаза и дыхательные пути. Для работы с хладагентом необходимо использовать средства индивидуальной защиты (защитную одежду, перчатки, очки).

Опасность для человека (помимо горючести) представляет и то, что ГФО, несмотря на малую токсичность, непригодны для дыхания. ГФО являются асфиксантами – веществами, способствующими вытеснению кислорода из воздуха и вызывающими его нехватку для дыхания. При этом они в четыре раза тяжелее воздуха, бесцветны и не имеют запаха. В связи с чем очень важно обеспечить вентилирование рабочего места, особенно, если хладагент используется ниже уровня земли (в подвалах, шахтах).

Экологические свойства. ГФО имеют очень хорошие экологические характеристики: нулевой озоноразрушающий потенциал и относительно низкий потенциал глобального потепления. Распадаются на безвредные компоненты и исчезают из атмосферы в течение нескольких дней, в отличие от хладагента R134а, который остается в окружающей среде несколько лет.

Следует отметить, что практически все ГФО стоят заметно дороже классических хладагентов, которые призваны заменить. Однако за счет повышения энергоэффективности холодильных систем затраты могут быть скомпенсированы. Для обеспечения безопасности при работе с ГФО-хладагентами необходимы высокая квалификация и опыт персонала. При работе с этими веществами потребуются другое оборудование для заправки, комплектующие, инструменты, материалы и т. д.

### **Список использованных литературы**

1. Паспорта безопасности на R1234yf и R1234ze. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agas.com/products-services/refrigerants> (дата обращения 28.09.2020).
2. Озонобезопасные технологии в холодильной промышленности. Гидрофторолефины. [Электронный ресурс]. URL: <http://hvaccenter.ru/gidroftorolefiny> (дата обращения 23.09.2020).

УДК 636.2.083.12

### **ПЛЮЩИЛКА ВЛАЖНОГО ЗЕРНА**

А.С. Наврось – 89м, 1 курс, АМФ

Научные руководители: канд. тех.наук, доцент Д.Ф. Кольга,  
канд. с.-х. наук, доцент С.А. Костюкевич  
*БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь*

В настоящее время, технология плющения и консервирования зерна становится неотъемлемой частью индустриальной технологии возделывания зерновых культур, уборки и заготовки зерна. Широкое внедрение её в производство позволяет значительно снизить энергоёмкость технологических операций послеуборочной обработки зернофуража, более эффективно использовать кормовое достоинство зерновых культур и увеличить содержание в корме питательных веществ, что является важным фактором повышения эффективности животноводческой отрасли.

Технология приготовления и консервирования плющеного зерна начинается с уборки зерновых в стадии восковой спелости зерна при влажности 30...35 %. Зерно привозится с поля автотранспортом или тракторными прицепами и выгружается на асфальтированную площадку возле плющилки или в приемный бункер питающего устройства плющилки. Это зависит от соотношения производительности комбайнов и плющилки, а также типа хранения консервируемой массы.

Основной машиной в технологической цепочки это плющилка влажного зерна. Недостатком данной плющилки влажного зерна является то, что во время перемещения массы по шнеку происходит неравномерное внесение и смешивание консервантов с плющенным зерном, в результате чего конечного продукта значительно снижается, а затраты энергии на выполняемый технологический процесс увеличиваются.