

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ КАСКАДНЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН

Зыльков В.П., Кольпето Ю.А.

Могилевский государственный университет продовольствия  
г. Могилев, Беларусь

Каскадная холодильная машина при низких температурах кипения хладагента (ниже минус 55 °С) эффективней и выгодней двух- и трёхступенчатой, т.к. её габаритные размеры и масса меньше, ресурс, надежность, холодильный коэффициент и общий КПД выше, чем у двух- и трёхступенчатой.

Исследование рабочих процессов каскадных холодильных машин с использованием различных холодильных агентов, были проделаны на лабораторном стенде (Каскадная холодильная установка), который включает в себя две совмещенные одноступенчатые машины, работающие на разных холодильных агентах и на различных температурных уровнях. В качестве хладагента нижнего каскада используется фреон R23, в верхнем – фреон R507. Был принят режим работы каскадной установки: для нижнего каскада – температура кипения  $t_o^H = -70$  °С, температура конденсации  $t_k^H = -15$  °С; для верхнего каскада – температура кипения  $t_o^B = -25$  °С, температура конденсации  $t_k^B = 40$  °С. Разность температур между ветвями каскадов была принята  $t_o^B - t_k^H = 10$  °С. Для исследования и сравнения были рассмотрены другие различные хладагенты, получившие наибольшее распространение. В качестве хладагентов нижнего каскада были приняты следующие хладагенты: фреон (R23), фреон (R500), фреон (R508a), этан (R170). В качестве хладагентов верхнего были приняты хладагенты: аммиак (R717), фреон (R134a), фреон (R404a), фреон (R410a), фреон (507). Были построены циклы при заданных условиях и проведены расчеты основных параметров циклов

Из полученных результатов расчетов получилось, что самый большой эффект достигается при применении в нижнем каскаде этана R170, в верхних ветвях каскада фреона R134a (холодильный коэффициент составил  $\varepsilon_T = 1,610$ ) или аммиака R717 (холодильный коэффициент составил  $\varepsilon_T = 1,609$ ).

Наибольший эффект холодильной машины в сравнении с лабораторным стендом, достигается когда в нижнем каскаде используется фреон R23, а в верхнем каскаде используется фреон R134a (холодильный коэффициент составил  $\varepsilon_T = 1,113$ ) в отличие от фреона R507, который используется в лабораторном стенде (холодильный коэффициент составил  $\varepsilon_T = 1,085$ ). Фреон R134a обладает хорошими термодинамическими свойствами, а более высокая удельная холодопроизводительность фреона R134a определяет малый массовый расход этого хладагента. Это позволяет применять трубопроводы малого сечения, а также минимизировать потребляемую мощность оборудования. Также по стоимости более выгодным хладагентом является фреон R134a, который стоит немного дешевле фреона R507.

Также высокий холодильный коэффициент получился при использовании в нижнем каскаде фреона R23, а в верхнем каскаде аммиака R717 (холодильный коэффициент составил  $\varepsilon_T = 1,110$ ). Применение аммиака в верхнем каскаде каскадной холодильной установки обеспечивают не только повышение промышленной безопасности за счёт снижения количества аммиака (так как аммиак не подается к технологическим аппаратам, а находится только в верхней ветви каскада), но и снижение энергопотребления по сравнению с традиционными двухступенчатыми схемами. Использование фреона R23 в нижней ветви позволяет повысить температуру кипения аммиака в верхней ветви каскада, что способствует увеличению объемной производительности компрессоров верхней ветви каскада и соответственно сокращению их числа, снизив тем самым капитальные затраты на оборудование.