

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МОРСКОЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Энергоустановки морских судов и сооружений»

СУДОВЫЕ ХОЛОДИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

Методические указания
к практическим занятиям по программе
«Подготовка квалифицированного моториста»
в центре подготовки и аттестации плавсостава

Севастополь
СевГУ
2020

УДК 621.565.9: 656.5 (076.5)

ББК 31.392я73

С89

Р е ц е н з е н т:

Г.В. Гоголев – к.т.н., доцент кафедры
«Энергоустановки морских судов и сооружений»

Ответственный за выпуск:

К.Ю. Федоровский – заведующий кафедрой
«Энергоустановки морских судов и сооружений»

Составители: С.Е. Бабышев, В. Ю. Латышев

С89 Судовые холодильные установки : методические указания к практическим занятиям по программе «Подготовка квалифицированного моториста» в центре подготовки и аттестации плавсостава / Сост. С.Е. Бабышев, В.Ю. Латышев ; Министерство науки и высшего образования РФ, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Морской институт. – Севастополь : СевГУ, 2020. – 10 с. – Текст : непосредственный.

Целью методических указаний является оказание студентам необходимой методической помощи при подготовке к практическим занятиям при подготовке вахтенных мотористов морских судов для получения свидетельства «Квалифицированный моторист» в соответствии с требованиями Правила III/5 МК ПДНВ78 с поправками, Раздела А-III/5 и таблицы А-III/5 Кодекса ПДНВ.

УДК 621.565.9: 656.5 (076.5)

ББК 31.392я73

Рассмотрено и рекомендовано на заседании кафедры «Энергоустановки морских судов и сооружений» Морского института Севастопольского госуниверситета в качестве методических указаний, протокол заседания кафедры № 7 от 14 марта 2019 г.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 13

№ ПЗ	Тема ПЗ, номер раздела по УТП, выполняемые задания	Объем часов	Формируемые (оцениваемые) компетенции	Используемые ТСО
13	Судовые холодильные установки	1	Подготовка вахтенных мотористов морских судов для получения свидетельства «Квалифицированный моторист» в соответствии с требованиями Правила III/5 МК ПДНВ78 с поправками, Раздела А-III/5 и таблицы А-III/5 Кодекса	Мультимедийный проектор, слайды, указка

ТЕМА: Судовые холодильные установки

Достигаемые компетенции: Занятие направлено на формирование компетенции подготовка вахтенных мотористов морских судов для получения свидетельства «Квалифицированный моторист» в соответствии с требованиями Правила III/4 МК ПДНВ78 с поправками, Раздела А-III/4 и таблицы А-III/4 Кодекса.

Учебная цель: Применение холодильной техники на судах. Классификация судовых холодильных установок. Хладагенты и их свойства.

Ожидаемые результаты: формирование знаний о техническом обслуживании судовых холодильных установок. Характерные неисправности в работе установок и способы их устранения.

Рефрижерация – это процесс, при котором температура помещения снижается ниже температуры наружного воздуха.

Кондиционирование воздуха – это регулирование температуры и влажности в помещении с одновременным осуществлением фильтрации воздуха, циркуляции и частичной его замены в помещении.

Вентиляция – это циркуляция и замена воздуха в помещении без изменения его температуры.

За исключением специальных процессов, таких как замораживание рыбы, воздух обычно используется как промежуточное рабочее тело, передающее теплоту. Поэтому для осуществления рефрижерации, кондиционирования и вентиляции применяют вентиляторы и

воздухопроводы. Три названные выше процесса тесно связаны между собой и совместно обеспечивают заданный микроклимат для людей, машин и груза.

Для снижения температуры в грузовых трюмах и в провизионных кладовых при рефрижерации применяют систему охлаждения, работа которой обеспечивается холодильной машиной. Отобранная теплота передается другому телу – холодильному агенту при низкой температуре. Охлаждение воздуха при кондиционировании представляет собой аналогичный процесс.

В простейших схемах холодильных установок передача теплоты осуществляется дважды: сначала в испарителе, где холодильный агент, имеющий низкую температуру, отбирая теплоту от охлаждаемой среды, снижает ее температуру, затем в конденсаторе, где холодильный агент охлаждается, отдавая теплоту воздуху или воде. В наиболее распространенных схемах морских рефрижераторных установок (рис. 1) осуществляется паровой компрессионный цикл. В компрессоре давление пара холодильного агента повышается и соответственно повышается его температура.

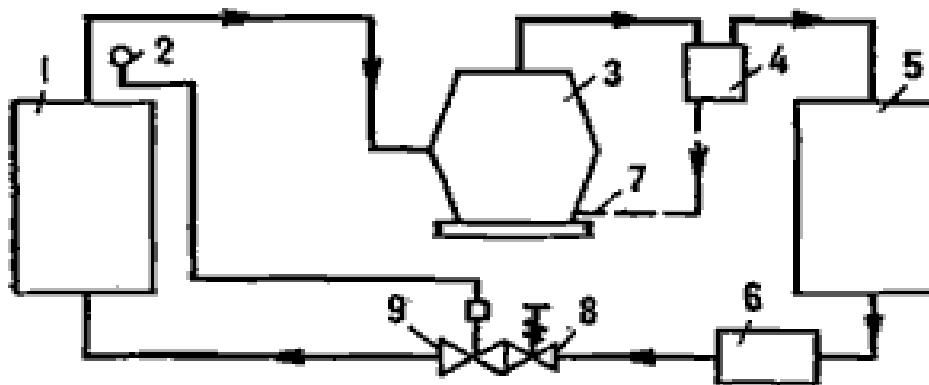


Рис. 1. Схема паровой компрессионной холодильной установки:

- 1 - испаритель; 2 - термочувствительный баллон; 3 - компрессор; 4 - маслоотделитель;
5 - конденсатор; 6 - осушитель; 7 - трубопровод для масла; 8 - регулирующий вентиль;
9 - терморегулирующий вентиль

В компрессоре давление пара холодильного агента повышается и соответственно повышается его температура.

Этот горячий пар, имеющий повышенное давление, нагнетается в конденсатор, где в зависимости от условий применения установки пар охлаждается воздухом или водой. Ввиду того, что этот процесс осуществляется при повышенном давлении, пар полностью конденсируется. Жидкий холодильный агент направляется по трубопроводу к регулируемому вентилю, который регулирует подачу жидкого холодильного агента в испаритель, где поддерживается низкое давление. Воздух из охлаждаемого помещения или кондиционируемый воздух проходит через испаритель, вызывает кипение жидкого холодильного агента и сам, отдавая теплоту, при этом охлаждается. Подача холодильного агента в испаритель должна быть отрегулирована так, чтобы в испарителе весь жидкий холодильный агент

выкипел, а пар слегка перегрелся перед тем, как он снова поступит при низком давлении в компрессор для последующего сжатия. Таким образом, теплота, которая была передана от воздуха к испарителю, переносится холодильным агентом по системе до тех пор, пока не достигнет конденсатора, где она будет передана наружному воздуху или воде. В установках, где применяется конденсатор с воздушным охлаждением, как, например, в малой провизионной холодильной установке, должна быть предусмотрена вентиляция для отвода теплоты, выделенной в конденсаторе.

Конденсаторы с водяным охлаждением с этой целью прокачивают пресной или забортной водой. Пресная вода применяется в тех случаях, когда и другие механизмы машинного отделения охлаждаются пресной водой, которая затем охлаждается забортной водой в централизованном водоохладителе. В этом случае из-за более высокой температуры воды, охлаждающей конденсатор, температура выходящей из конденсатора воды будет выше, чем при охлаждении конденсатора непосредственно забортной водой.

Холодильные агенты и хладоносители.

Охлаждающие рабочие тела делятся в основном

- на первичные - холодильные агенты;
- вторичные - хладоносители.

Холодильный агент под воздействием компрессора циркулирует через конденсатор и испарительную систему. Холодильный агент должен обладать определенными свойствами, отвечающими предъявленным требованиям, например, кипеть при низкой температуре и избыточном давлении и конденсироваться при температуре, близкой к температуре забортной воды, и умеренном давлении. Холодильный агент также должен быть нетоксичен, взрывобезопасен, негорюч, не вызывать коррозии. Некоторые холодильные агенты имеют низкую критическую температуру, т. е. температуру, выше которой пар холодильного агента не конденсируется. Это один из недостатков холодильных агентов, в частности углекислоты, которая применялась много лет на судах. Вследствие низкой критической температуры углекислоты значительно затруднялась эксплуатация судов с углекислотными холодильными установками в широтах с высокими температурами забортной воды и из-за этого приходилось использовать дополнительные охлаждающие конденсатор системы. Кроме того, к недостаткам углекислоты относится очень высокое давление, при котором система работает, что в свою очередь приводит к увеличению массы машины в целом. После углекислоты в качестве холодильных агентов определенное распространение имели хлористый метил и аммиак. В настоящее время хлористый метил на судах не применяется из-за его взрывоопасности.

Аммиак имеет некоторое применение до сих пор, но ввиду высокой токсичности при его использовании необходимы специальные вентиляционные системы.

Современные холодильные агенты - это соединения фторированного углеводорода, имеющие различные формулы, за исключением холодильного

агента R502 (в соответствии с международным стандартом (МС) HCO 817 - для обозначения холодильных агентов применяется условное обозначение холодильного агента, которое состоит из символа R (refrigerant) и определяющего числа. В связи с этим при переводе введено обозначение холодильных агентов R.), который представляет собой азеотропную (с фиксированной точкой кипения) смесь (специфическая смесь различных веществ, обладающая свойствами, отличными от свойств каждого вещества в отдельности.) холодильных агентов R22 и R115.

Эти холодильные агенты известны под названием фреоны (Согласно ГОСТ 19212 — 73 (изменение 1) для фреона установлено название хладон), а каждый из них имеет определяющее число.

Холодильный агент R11 имеет очень низкое рабочее давление, для получения значительного охлаждающего эффекта необходима интенсивная циркуляция агента в системе. Преимущество этого агента особенно проявляется при использовании в установках кондиционирования воздуха, поскольку для воздуха требуются относительно малые затраты мощности.

Первым из фреонов, после того как они были открыты и стали доступны, получил широкое практическое применение фреон R12. К его недостаткам относится низкое (ниже атмосферного) давление кипения, в результате чего из-за любых неплотностей в системе появляется подсос в систему воздуха и влаги.

В настоящее время наиболее распространенным холодильным агентом является R22, благодаря которому обеспечивается охлаждение на достаточно низком температурном уровне при избыточном давлении кипения. Это позволяет получить некоторый выигрыш в объеме цилиндров компрессора установки и другие преимущества. Объем, описываемый поршнем компрессора, работающего на фреоне R22, составляет примерно 60 % по сравнению с описываемым объемом поршня компрессора, работающего на фреоне R12 при тех же условиях.

Примерно такой же выигрыш получается при применении фреона R502. Кроме того, из-за более низкой температуры нагнетания компрессора уменьшается вероятность коксования смазочного масла и поломки нагнетательных клапанов.

Все названные холодильные агенты не вызывают коррозии и могут применяться в герметических и бессальниковых компрессорах. В меньшей степени воздействует на лаки и пластические материалы применяемый в электродвигателях и компрессорах холодильный агент R502. В настоящее время этот перспективный холодильный агент стоит еще достаточно дорого и поэтому не получил широкого применения.

Хладоносители применяются в крупных установках кондиционирования воздуха и в холодильных установках, охлаждающих грузы. В этом случае через испаритель циркулирует хладоноситель, который затем направляется в помещение, подлежащее охлаждению. Хладоноситель применяется тогда, когда установка велика и разветвлена, для того чтобы исключить необходимость в циркуляции в системе большого количества

дорогостоящего холодильного агента, который имеет очень высокую проникающую способность, т.е. может проникать через малейшие неплотности, поэтому очень существенно свести к минимуму число соединений трубопроводов в системе. Для установок кондиционирования воздуха обычным хладоносителем является пресная вода, которая может иметь добавку раствора гликоля.

Наиболее распространенным хладоносителем в больших рефрижераторных установках является рассол — водный раствор хлористого кальция, к которому для уменьшения коррозии добавляют ингибиторы.

Фреоновые машины надежно и экономично работают при высоком перегреве пара, поступающего в компрессор.

Осуществление перегрева пара в испарителе нецелесообразно, так как снижается эффективность его работы. Кроме того, перегрев в испарителе ограничен температурой охлаждаемой среды.

В современных фреоновых машинах пар перегревается в результате переохлаждения жидкости высокого давления, для чего в схему машины включают регенеративный теплообменник (рис. 2).

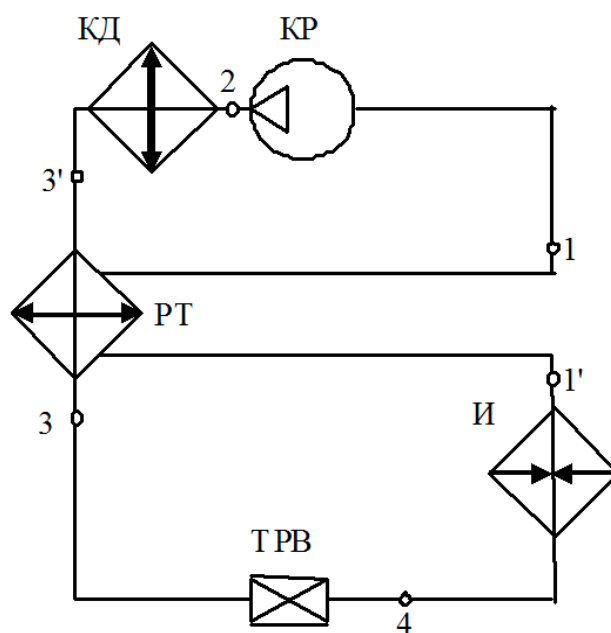


Рис. 2. Холодильная одноступенчатая машина с регенеративным теплообменником

Цикл с теплообменником имеет и другие преимущества:

- теплопередающая поверхность испарителя работает эффективно, так как вся она смочена жидкостью;
- обеспечивается значительно большее переохлаждение жидкости по сравнению с тем, которое может быть достигнуто водой, что полностью устраняет возможность парообразования перед регулирующим вентилем;
- уменьшаются потери холода в окружающую среду через поверхность всасывающего трубопровода, так как из теплообменника выходит

перегретый пар с относительно высокой температурой (сам теплообменник обычно располагают около испарителя).

Каскадная холодильная машина

В случае близости температур замерзания и кипения хладагента при низких давлениях получение низких температур с применением одного хладагента становится нецелесообразным, а иногда и невозможным. Работа при низких температурах кипения связана с образованием глубокого вакуума в испарительной системе, что значительно снижает объемную холодопроизводительность и увеличивает размеры компрессоров нижних ступеней. Это также вызывает неудобства в эксплуатации вследствие подсоса воздух в систему из окружающей среды.

Каскадная холодильная машина (рис. 3) в этих случаях оказывается более целесообразной, она состоит из двух одноступенчатых парокомпрессионных машин, которые называются соответственно нижней и верхней ступенями (ветвями) каскада. В ступенях каскада используются различные хладагенты: в нижней ступени каскада — хладагент, свойства которого наиболее благоприятны в низкотемпературном диапазоне работы, а в верхней — хладагент, свойства которого больше отвечают среднетемпературному диапазону работы. Это позволяет получить в испарителях давления близкие к атмосферному, увеличить объемную холодопроизводительность, уменьшить размеры компрессора, и, как следствие, снизить мощность, расходуемую на трение.

В испарителе И нижней ступени каскада (рис. 3) хладагент кипит при температуре t_{01} , отводя теплоту от охлаждаемого объекта. Пар в состоянии 1.1 засасывается компрессором КР 1, адиабатно (без теплообмена) сжимается в нем и в состоянии 2.1 направляется в водяной промежуточный охладитель ПО, который выгодно включать в схему машины, если температура в точке 2.1 выше температуры охлаждающей воды. После ПО пар в состоянии 2.1' поступает в испаритель-конденсатор И—К, где охлаждается и конденсируется за счет отвода теплоты кипящим хладагентом верхней ступени каскада (процесс 2.1'—3.1). При этом температура конденсации хладагента нижней ступени каскада t_{k1} должна быть выше температуры кипения хладагента верхней ступени t_{02} (обычно на 5...6 °С). Жидкий хладагент в состоянии 3.1 проходит через регулирующий клапан ТРВ 1, где дросселируется до состояния 4.1 и снова поступает в И.

В верхней ступени каскада осуществляется аналогичный цикл (1.2—2.2—3.2—4.2—1.2), но при более высоких температурах. Пар, сжатый в КР 2 (процесс 1.2—2.2), поступает в конденсатор КР, охлаждаемый водой, где происходит снятие перегрева, конденсация и небольшое переохлаждение жидкого хладагента (процесс 2.2—3.2), затем хладагент дросселируется в ТРВ 2 и возвращается в И—К.

Если бы в нижней и верхней ступенях каскада, осуществлялись циклы с помощью одного и того же хладагента и отсутствовала бы разность температур $\Delta t = t_{k1} - t_{02}$ в И—К, то каскадная машина термодинамически

была бы эквивалентна двухступенчатой машине с двукратным дросселированием. Однако необратимость процесса в реальном И—К, обусловленная конечной разностью температур, делает каскадную машину энергетически менее эффективной.

В качестве хладагента в нижней ступени каскада применяют R-13, а в верхней – R-22.

В отдельных ступенях каскада можно применять одно- и двух-ступенчатые машины.

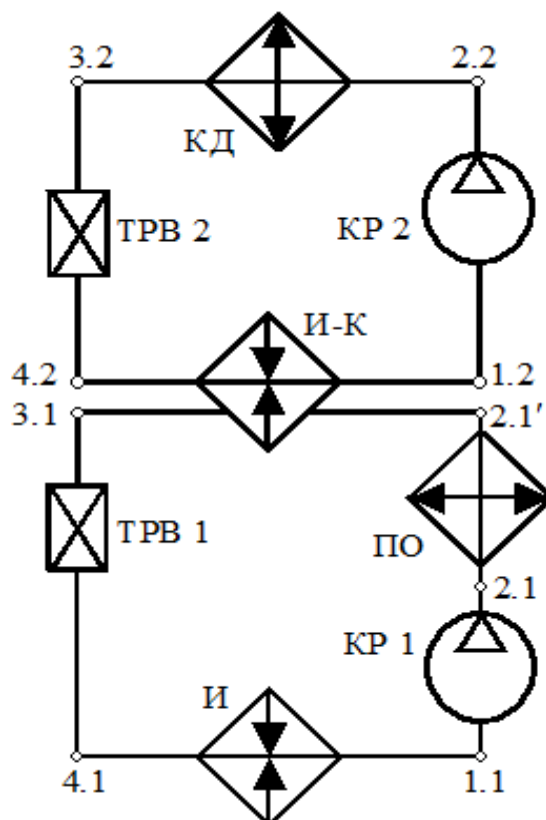


Рис. 3. Каскадная холодильная машина

Критерии оценивания правильности выполнения: инструктор на основе ответов на контрольные вопросы и практической демонстрации навыков оценивает результат выполнения поставленных задач и делает вывод об успешности занятия.

Форма занятия – практический семинар.

Время занятия – 1 час.

Рекомендации по подготовке к выполнению заданий или упражнений: при подготовке к выполнению заданий обучающимся

рекомендуется дополнительно изучить материалы лекций и справочный материал настоящих методических указаний.

Контрольные вопросы

1. Холодильные агенты и хладоносители.
2. Фреоновые машины их устройство и принцип работы.
3. Каскадная холодильная машина и ее особенности.

СУДОВЫЕ ХОЛОДИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

*Методические указания
к практическим занятиям по программе
«Подготовка квалифицированного моториста»
в центре подготовки и аттестации плавсостава*

*Составители: **Бабышев** Сергей Евгеньевич,
Латышев Василий Юрьевич*

В авторской редакции

Изд. № 150/19. Объем 0,75 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет