

Ташкентский Государственный Технический университет
имени Абу Райхана Беруни

РЕФЕРАТ

НА ТЕМУ: Холодильная установка

*Выполнил: Жуманова Д., Атаханова Т, Сагдуллаев Ф, Нурматов Д,
Исмоилов Р, Ахмедов Ху.*

Проверил: Короли М.А.



Ташкент 2014

План

- 1) История создание холодильника***
- 2) Холодильник***
- 3) Принцип работы холодильной установки.***
- 4) Классификация холодильных установок***
- 5) Схемы холодильных установок.***

Достоверно никто не знает, кто первым пришел к мысли о том, что многие продукты питания хранятся значительно дольше в охлажденном состоянии. Хотя, наверное, подсудно это чувствовали еще в древности, естественно полагая, что жизнь и тепло — понятия если не эквивалентные, то очень близкие. Тот небольшой опыт хранения продуктов, который существовал, подсказывал, что оставленная в тени еда сохранялась дольше, чем на солнце, а зимой продукты оставались пригодными для питания существенно дольше, чем летом.

Причина такого чудотворного влияния низкой температуры на продукты заключается в том, что со снижением температуры замедляется скорость жизнедеятельности и размножения бактерий и других микроорганизмов, присутствующих в продуктах. А если понизить температуру достаточно сильно, то «жизнь» бактерий вообще можно остановить.

Как же наши предки боролись за сохранность продуктов? Долгое время единственным доступным способом охлаждения продуктов было использование естественных источников холода — люди собирали в морозную погоду лед с рек и озер и затаривали им погреба и ямы-ледники, а летом там сохраняли продукты.

Первые шаги к созданию «искусственного» холода

Несмотря на бурный расцвет процесса сбора натурального льда, попытки создать устройство для получения холода продолжались.

Уже в 1805 г. американец Оливер Эванс, инженер, известный своими разработками в области совершенствования паровых двигателей, создавший первую самоходную машину-амфибию на паровом ходу, предназначенную для чистки доков в Филадельфии, спроектировал охлаждающую установку, принцип действия которой был основан на эффекте, продемонстрированном Калленом. Хладагентом в установке должен был быть диэтиловый эфир. Чтобы создать простую и эффективно работающую холодильную машину, он предлагал использовать замкнутый, позволяющий легко управлять процессом, компрессионный цикл: компрессор сжимает под давлением пары хладагента, повышая этим его температуру кипения и позволяя сконденсироваться в охлаждаемом воздухе конденсаторе, из конденсатора через регулировочный вентиль хладагент попадает в вакуум-испаритель, где он закипает и испаряется, отбирая затрачиваемое на это тепло в окружающей среде и вновь втягивается компрессором в конденсатор. Таким образом, разницу давлений в испарителе и конденсаторе, и, соответственно, температуру охлаждения, достигаемую в испарителе (а она зависит

от глубины вакуума), можно регулировать всего лишь открывая или закрывая регулировочный.



Холодильники с искусственным охлаждением — наиболее перспективные хранилища для длительного хранения плодов и овощей. Емкости холодильников в нашей стране быстро растут. Широкое развитие хранения плодов и овощей в холодильниках объясняется тем, что в них оптимальная температура (в определенной мере и влажность) поддерживается в любое время года независимо от наружных условий, а это обеспечивает надежное сохранение продукции длительные сроки при невысоких потерях. Несмотря на то, что холодильники обходятся значительно дороже обычных хранилищ, их сооружение — главный путь развития хранения плодов и овощей в нашей стране на ближайшее время. Планировочные особенности. Холодильники состоят из камер для хранения, отделения товарной обработки продукции, машинного отделения и подсобных помещений для обслуживающего персонала. Холодильники для плодов и овощей проектируются обычно в виде одноэтажных наземных зданий. Расположение камер и других помещений может быть различным в зависимости от общей емкости холодильника, принятой схемы механизации погрузо-разгрузочных работ, товарной обработки и других условий. Наиболее распространены планировочные решения, в которых к ряду изолированных друг от друга камер примыкает светлое помещение (цех) товарной обработки с размещенным в нем оборудованием и запасами тары. В некоторых проектах помещение товарной обработки находится между двух рядов камер для хранения. К холодильникам для плодов и овощей, возводимым в колхозах и совхозах, обычно подводят автомобильную дорогу. Поэтому выгодно уровень пола поднять до высоты кузова автомашин, чтобы легче перегружать продукцию. Со стороны разгрузочной платформы холодильников часто устраивают навес. Емкость камер хранения может быть различной в зависимости от общей емкости холодильника и его назначения, обычно не менее 100 т. Чем больше емкость камер, тем меньшая часть их отводится на проходы, тем полнее они используются и тем они экономичнее. Но в крупных камерах сложнее поддерживать выравненный режим хранения, для чего необходимо устраивать принудительную вентиляцию. Высота камер (обычно не менее 6 м) определяется действующими типовыми размерами несущих конструкций и высотой подъема штабелеров-погрузчиков. От высоты камер зависит и количество продукции, размещаемой на 1 м² полезной площади. В современных холодильниках для плодов этот показатель доведен до 0,7—0,8 т/м². В некоторых холодильниках предусматривается устройство камер предварительного охлаждения, в которых плоды быстро охлаждаются, а затем перегружаются в камеры для хранения. Емкость их рассчитывают на дневной сбор плодов и оборудуют мощными воздухоохладителями. Наконец, в крупных холодильниках иногда предусматривают камеры для ускоренного дозревания плодов, для чего ее оборудуют системой отопления, вентиляции, а также обработки, например, этиленом. Теплоизоляция камер холодильников. Поддержание заданного режима хранения в холодильниках во многом определяется теплоизоляцией камер. Общий коэффициент теплопередачи стен и перекрытий камер должен быть в средней зоне нашей страны не более 0,3 ккал/м² • час°С, а в южных районах с более теплым климатом — еще ниже. Во Франции, Италии, например, холодильники для плодов изолируют с таким расчетом, чтобы получить коэффициент теплопередачи 0,15—0,2 ккал/м² • час°С. Изолируют камеры изнутри, монтируя на стенах и перекрытиях достаточный слой теплоизоляционного материала, защищенного с обеих сторон слоем паро- и гидроизоляции. Обычно стены камеры покрывают горячим битумом, который служит гидроизоляционным слоем и одновременно клеящим материалом. На битум «сажают» плиты теплоизолирующего материала, причем для холодильников они должны быть высокоэффективными, с

малой теплопроводностью и объемным весом, но достаточно прочными. Обычно используют пробковые и минераловатные плиты, торфопли-ты, пеностекло, пенопласты. Коэффициент теплопередачи этих материалов не превышает $0,04—0,08 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час}^\circ\text{С}$. Важно тщательно нанести слой теплоизоляционного материала, не допустить их увлажнения, заделать стыки, причем необходимо контролировать последовательно все операции, так как после завершения работ нельзя проверить и исправить теплоизоляцию. После нанесения теплоизоляции ее покрывают пароизолирующим материалом — битумом, алюминиевой фольгой или цементной затиркой на проволочной сетке. Гораздо надежнее в этом отношении теплоизоляционные панели заводского изготовления. При возведении холодильников остается лишь смонтировать их в камерах и заделать стыки. Пол камер покрывают цементом или асфальтом и обычно не теплоизолируют. Но чтобы избежать создания «мостиков холода» в стыке пола со стенами, слой теплоизоляции опускают ниже уровня пола или вводят его под пол. В холодильных хранилищах значительно выше требования к подгонке и теплоизоляции дверей. В дверную панель монтируют достаточный слой теплоизолирующего материала, защищенного гидроизолирующим материалом от увлажнения.

Принцип работы холодильной установки.

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.

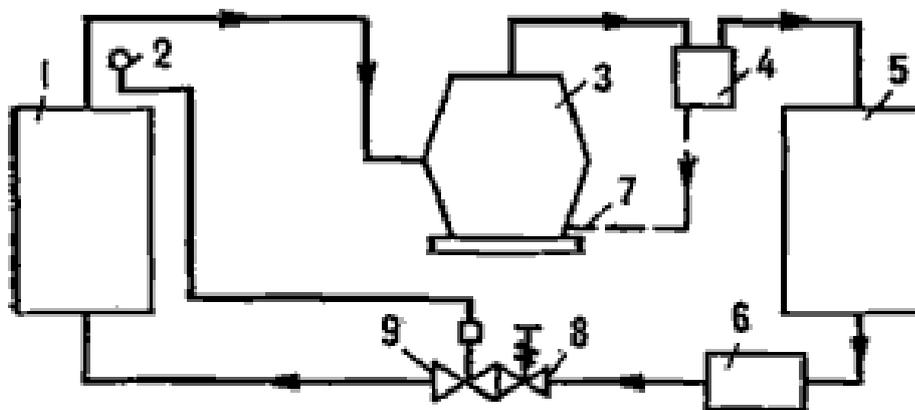


Схема паровой компрессорной холодильной установки:

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

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 и 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) ИСО 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.

Классификация холодильных установок и станций

Все **типы холодильных установок** можно классифицировать по ряду сходных признаков. Каждый из них отражает только одну характерную особенность установки, поэтому в определении холодильной установки может быть два и более признака. Холодильные установки или станции могут различаться по следующим показателям (признакам).

По назначению: стационарные и передвижные с централизованным и децентрализованным охлаждением для холодоснабжения, теплоснабжения, смешанного тепло- и холодоснабжения, для аккумулирования тепловой энергии и ее транспорта и утилизационные энергоустановки.

Стационарные холодильные установки с централизованным охлаждением применяют для всех видов распределительных и производственных холодильников, в металлургической, химической и нефтехимической промышленности. **Децентрализованное охлаждение** используют для различных технологических процессов химической промышленности, на некоторых типах холодильников, т. е. в основном там, где необходимо создавать локальные температурные условия или где применяют агрегатированные холодильные машины в блоке с испарителями для создания требуемого технологического режима. Стационарные холодильные установки с централизованным охлаждением

могут быть средней и большой производительности, причем для химических комбинатов иногда достигать нескольких десятков тысяч киловатт. Установки децентрализованного охлаждения по холодопроизводительности чаще всего относятся к мелким и средним. **Высокотемпературные холодильные установки** малой и средней холодопроизводительности работают по одноступенчатому циклу, их комплектуют поршневыми или винтовыми компрессорами. **Крупные холодильные установки** можно комплектовать также турбокомпрессорами или абсорбционными холодильными машинами. **Низкотемпературные холодильные установки** комплектуют двухступенчатыми или каскадными холодильными машинами, в химической промышленности — турбокомпрессорами. Рассматривая режимы работы холодильных установок, следует указать на условность в определении стационарного режима. Практически режим работы холодильной установки всегда нестационарный, так как наблюдаются колебания температуры с заданной амплитудой около среднего ее значения. Такие режимы характерны для холодильных установок распределительных, производственных холодильников. Нестационарные режимы свойственны установкам и системам, обрабатывающим тела, в которых протекают процессы с фазовыми переходами и перемещением зоны промораживания. **Температурный режим** зависит от изменения тепловой нагрузки. Последняя изменяется по разным законам, особенно при циклических процессах загрузки аппаратов или камер для замораживания. Для сглаживания тепловой нагрузки и ее стабилизации применяют аккумуляторы холода. Рассматривая особенности холодильных установок в зависимости от используемого рабочего тела, следует отметить, что их специфика определяется свойствами хладагентов. Однокомпонентные чистые хладагенты, находящиеся в эксплуатации в современных холодильных установках, хорошо изучены, и имеется достаточное количество рекомендаций, отражающих специфику холодильных установок. В Монреале подписано международное соглашение (1986 г.), которое требует постепенного исключения применения

хлорфторуглеродов в быту и в промышленности из-за разрушения озонового слоя в атмосфере Земли. Выполняя Монреальское соглашение, в нашей стране ведется работа по замене фреонов, сильно воздействующих на озоновый слой в атмосфере. Предлагаются альтернативные хладагенты. Широко применяют смеси хладагентов для технологических процессов двухтемпературных уровней (домашние холодильники), а также процессов с переменной температурой подвода и отвода теплоты. **Аммиачные холодильные установки**, самые распространенные и экологически наиболее чистые, применяют для холодоснабжения предприятий пищевой, химической, металлургической и других, промышленности. Такие холодильные установки потребляют большое количество электрической энергии. Перед низкотемпературной энергетикой стоит задача использовать для холодоснабжения, особенно централизованного и для больших потребителей, абсорбционные холодильные установки, которые работают на вторичных энергоресурсах. Приводы от газовых либо паровых турбин используют для высокопроизводительных центробежных компрессоров, предназначенных для транспортирования охлажденных газов или для схем газоперерабатывающих заводов. Теплоснабжение городов за счет использования низкопотенциальной теплоты, а также транспортирования теплоты на дальние расстояния позволяет существенно повысить энергетическую эффективность использования топлива. В отечественной практике отработаны основные технические решения создания водоаммиачного транспорта теплоты (ВАТТ) в химически связанном состоянии. Практически ВАТТ представляет собой абсорбционную холодильную установку, растянутую в пространстве, когда между абсорбером и генератором расстояние составляет до 200 км

Схемы холодильных установок

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СХЕМАМ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Схемой холодильной установки называется упрощенное изображение реальной или проектируемой установки, дающее представление как о наличии машин, аппаратов, приборов и других элементов, необходимых для эксплуатации установки, так и об их взаимном расположении и взаимодействии. Одновременно под схемой понимают своеобразное сочетание машин и аппаратов, позволяющее осуществить заданный процесс.

На холодильных установках имеются трубопроводы для хладагента, хладоносителя, охлаждающей воды, смазочного масла и др. В соответствии с этим различают схемы трубопроводов хладагента, хладоносителя, воды, масла и т. п.

В работе холодильных установок имеются особенности, значительно усложняющие работу обслуживающего персонала: большое количество охлаждаемых объектов, нередко находящихся на значительном удалении от машинного отделения; разветвленные системы трубопроводов; применение в ряде случаев токсичных холодильных агентов; возможность резких колебаний тепловых нагрузок.

В связи с этим схема холодильной установки должна отвечать следующим требованиям: □ обеспечивать надежное поддержание заданного режима в охлаждаемых объектах и быть гибкой в эксплуатации, для чего следует предусматривать возможность необходимых переключений машин и аппаратов, позволяющих изменять условия их работы, обеспечивать их замену в случае отказа или ремонта;

- быть по возможности простой и не требующей больших затрат для ее выполнения;
- быть наглядной и удобной для обслуживания, способствовать осуществлению быстрых и безошибочных переключений и иных действий обслуживающего персонала;
- обеспечивать безопасность обслуживающего персонала и долговечность установленного оборудования.

Применение средств автоматики в значительной степени облегчает выполнение всех этих требований.

2. СХЕМЫ УЗЛОВ ОБОРУДОВАНИЯ, РАЗМЕЩАЕМОГО В МАШИННОМ ОТДЕЛЕНИИ

Схемы холодильных установок можно представить скомпонованными из нескольких характерных узлов со своими специфическими особенностями. Такие узлы могут быть образованы из элементов холодильной установки по их функциональному назначению. Узлы оборудования, относящиеся к машинному отделению, отличаются некоторыми особенностями, обусловленными применением различных способов охлаждения (непосредственного или косвенного), различным числом ступеней сжатия и температур кипения, типом применяемого оборудования и числом установленных единиц.

Узел одноступенчатых компрессоров при наличии нескольких температур кипения. Схема узла для трех температур кипения показана на рис. 1. В схеме может быть применен любой тип компрессора (центробежный, винтовой и т. п.), однако на рисунке изображены поршневые компрессоры. Каждый из трех компрессоров (или группа параллельно включенных компрессоров) предназначен для работы на свою температуру кипения (в соответствии с номером). Пар из каждой испарительной системы проходит через отделитель жидкости 2 и по отдельному для каждой температуры кипения трубопроводу поступает в общий всасывающий трубопровод 3. Вентили на коллекторе позволяют направить пар в компрессор своей температуры кипения и в случае необходимости заменить один компрессор другим или сосредоточить на одной температуре кипения два или даже все три компрессора.

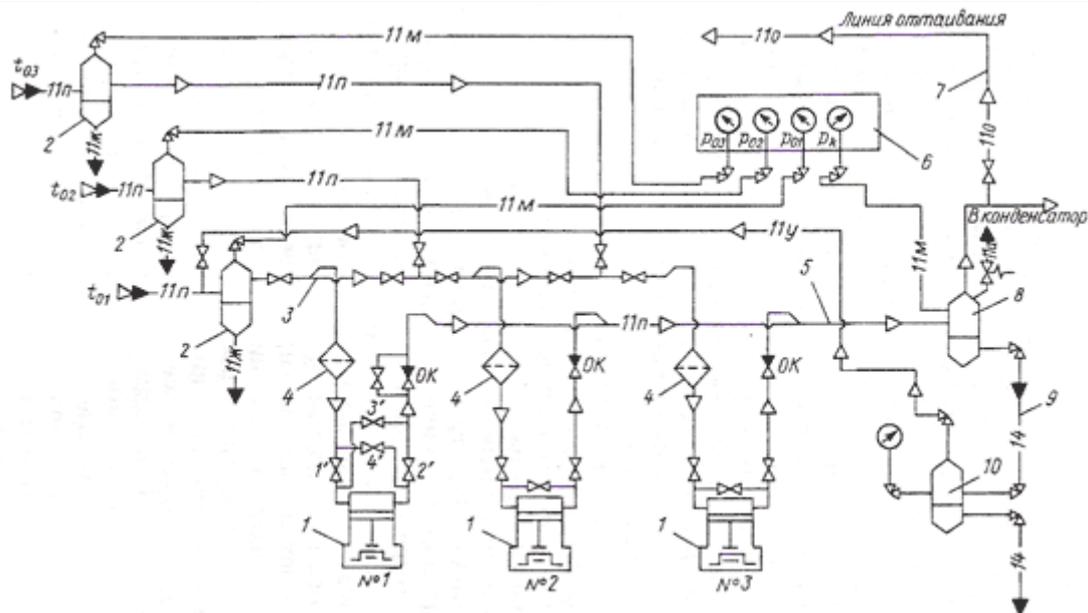


Рис.1. Узел одноступенчатых компрессоров на несколько температур кипения: 1 — компрессор; 2 — отделитель жидкости; 3 — всасывающий трубопровод; 4 — фильтр; 5 — нагнетательный трубопровод; 6 — щит с измерительными приборами; 7 — оттаивательный трубопровод; 8 — маслоотделитель; 9 — масляный трубопровод; 10 — маслособиратель; 1'-4' — запорные вентили

Соединение сторон всасывания компрессоров общим трубопроводом оказывается полезным и при ремонте, так как позволяет освободить компрессор, подлежащий ремонту, от хладагента путем отсасывания его из этого компрессора другим. На всасывающих трубопроводах перед всасывающим вентилем устанавливают фильтр 4, предназначенный для очистки поступающего пара от механических загрязнений. В некоторых конструкциях компрессоров фильтры встраивают непосредственно во всасывающий коллектор компрессора. Сжатый компрессором пар нагнетается в конденсатор по общему нагнетательному трубопроводу 5. Если магистральные трубопроводы и общие коллекторы располагаются выше компрессоров (верхняя разводка), то присоединять всасывающие и нагнетательные трубы от компрессоров к магистральным трубопроводам следует не снизу, а сверху, как показано на рисунке. Это выполняют в связи с тем, что одновременно могут работать не все компрессоры и в трубопроводах, относящихся к неработающим компрессорам, при присоединении труб снизу возможно скопление жидкого агента или масла, что может вызвать гидравлический удар при пуске компрессора.

На нагнетательном трубопроводе каждого компрессора, предназначенного для автоматического пуска с открытым байпасом, поставлен обратный клапан ОК. У винтовых и центробежных компрессоров обратные клапаны устанавливают как на нагнетательных, так и на всасывающих линиях, во избежание возникновения обратного потока пара. Обратные клапаны на стороне нагнетания разгружают компрессоры при их остановке от высокого давления на стороне нагнетания. Кроме того, обратные клапаны защищают компрессорное помещение от прорывов хладагента из аппаратов стороны высокого давления при авариях с компрессором. Так как в аппаратах стороны высокого давления (конденсаторах, линейных ресиверах) находится обычно значительное количество хладагента, то наличие обратного клапана между компрессорами и этими элементами позволяет уменьшить последствия аварии. На пути пара между компрессором и конденсатором устанавливают маслоотделитель 8, предназначенный для освобождения пара хладагента от увлеченного им из компрессора смазочного масла. За маслоотделителем к магистрали присоединяют оттаивательный трубопровод 7 подачи пара с нагнетательной стороны в охлаждающие приборы непосредственного охлаждения для плавления инея (удаления снеговой шубы) с их поверхности. У одного из компрессоров желательно иметь мост переключений с вентилями 3' и 4', позволяющий удалять (отсасывать) пар из нагнетательного трубопровода и конденсатора при их ремонте. Так как любое вскрытие трубопроводов, аппаратов и машин холодильной установки возможно только после

того, как давление в них будет понижено до атмосферного, то, чтобы не допустить потерь хладагента, в схемах предусматривают возможность удаления пара из этих элементов установки путем отсасывания компрессором. Например, при ремонте конденсатора жидкое рабочее тело из него удаляется в ресивер или испарительную систему. Оставшийся пар отсасывается компрессором. Для этого закрывают всасывающий I и нагнетательный $2'$ вентили компрессора, а вместо них открывают

вентили $3'$ и $4'$.

Так как обратный клапан пропускает пар только в одном направлении, то на случай отсасывания пара из конденсатора в обход обратного клапана выполнен обводной мост с вентилем, который при нормальной работе установки должен быть закрыт и запломбирован. Таким образом, в случае необходимости пар из конденсатора отсасывается компрессором I по нагнетательному трубопроводу 5 , через вентиль $3'$ поступает в компрессор и через вентиль $4'$ нагнетается во всасывающий трубопровод 3 . Разумеется, такой процесс осуществим только в то время, когда остальные компрессоры не работают. Нередко ограничиваются соединением оттаивательной линии с всасывающим коллектором, что позволяет перед ремонтом понизить давление в конденсаторе или нагнетательном трубопроводе; полностью же аппараты освобождают выпуском хладагента в воздух или воду.

Выпускать масло (при ручном обслуживании) непосредственно из аппаратов высокого давления недопустимо, так как это может быть опасным для персонала. Поэтому масло из маслоотделителя аммиачных установок периодически выпускают по трубопроводу 9 в маслособиратель 10 , который соединен со стороной низкого давления трубопроводом, врезка которого должна осуществляться до отделителя жидкости, что позволяет понизить давление в маслособирателе до значения, близкого к атмосферному (после того как закрыт вентиль на трубопроводе 9), и выпускать масло через нижний вентиль под небольшим избыточным давлением ($20 - 30$ кПа), контролируемым манометром на этом аппарате.

Для того чтобы контролировать давление в испарительных системах разных температур кипения, предусмотрены манометры, соединенные с объектами (отделителями жидкости, циркуляционными ресиверами, испарителями) на каждую температуру кипения, а также манометр, позволяющий контролировать давление конденсации, присоединенный к конденсатору (что более правильно) или к маслоотделителю. Манометры следует присоединять к емкостям (сосудам), а не непосредственно к трубопроводам, так как в сосудах значительно сглаживаются пульсации давления, которые наблюдаются в трубопроводах поршневых компрессоров. Перед манометром необходимо устанавливать вентиль, что позволяет отсоединять манометр при его замене для ремонта или проверки, а также прикрытием вентиля уменьшать колебания стрелки прибора, вызванные пульсацией давления.

Устройство всасывающего коллектора в некоторых случаях может оказаться громоздким, и так как компрессоры большей частью закрепляют по температурам кипения, то всасывающие трубопроводы от объектов могут идти непосредственно к компрессорам (рис. 2а). Вентили на соединительных трубопроводах позволяют производить некоторые замены компрессоров, а также необходимые эксплуатационные манипуляции. В редких случаях, когда может потребоваться универсальность включения компрессоров (или насосов), т. е. возможность работы каждого компрессора (или насоса) на любом из объектов, необходимые переключения могут осуществляться с помощью моста (рис. 2б). Выполнение такого моста требует большого расхода запорной арматуры и специального места для ее размещения. Подобные мосты используются для присоединения резервных компрессоров или насосов к системе любой температуры кипения.

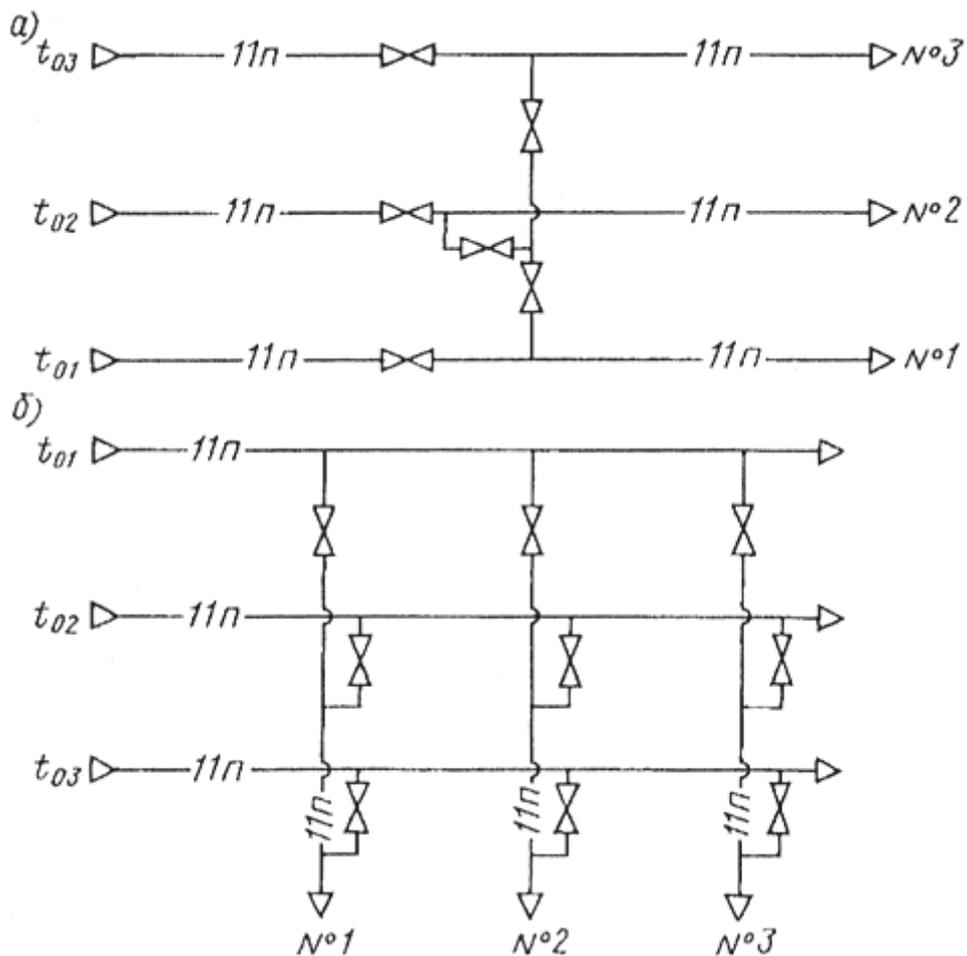


Рис.2. Узел присоединения всасывающих линий к компрессорам: а — простая обвязка; б — с использованием моста

Узел конденсатора и линейного ресивера. Один из вариантов этого узла приведен на рис. 3. По нагнетательному трубопроводу, а пар поступает в конденсатор 1. Образовавшаяся жидкость по сливному трубопроводу 3 стекает в линейный ресивер 5. Он предназначен для выполнения различных функций. Прежде всего, линейный ресивер является сборником конденсата, благодаря чему жидкость в конденсаторе не затопливает его теплообменную поверхность. Для того чтобы обеспечить надежный сток жидкости, на аммиачных установках линейный ресивер устанавливается ниже конденсатора, а паровые пространства конденсатора и ресивера соединяются уравнивающей линией 2, благодаря чему в обоих аппаратах давление выравнивается, и жидкость под действием силы тяжести стекает из конденсатора.

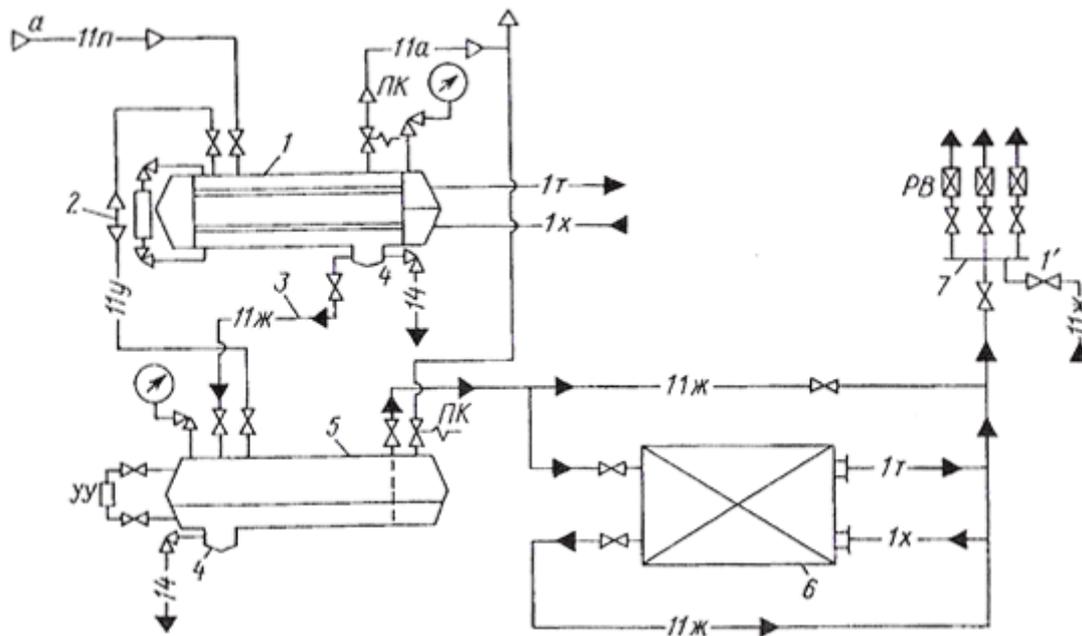


Рис.3. Узел конденсатора и линейного ресивера:
 1 — конденсатор; 2 — уравнильная линия; 3 — сливной трубопровод;
 4 — отстойник; 5 — линейный ресивер; 6 — охладитель;
 7 — коллектор; 1' — заправочный вентиль

Другой функцией, выполняемой линейным ресивером, является компенсация неравномерности подачи хладагента в охлаждающие приборы потребителей холода. В соответствии с колебаниями тепловой нагрузки должно изменяться количество хладагента, подаваемого в испарители в единицу времени, а потому линейный ресивер используется как емкость, в которой накапливается хладагент при уменьшении количества подаваемой в испарители жидкости. Кроме того, в линейном ресивере создается запас хладагента, который должен компенсировать возможные утечки его из системы; этот запас регулярно пополняют при периодической дозарядке. Линейный ресивер используют также как емкость для сбора хладагента из испарителей (или охлаждающих приборов) во время их ремонта или остановки на длительный срок. Наконец, в линейном ресивере создается гидравлический затвор, препятствующий перетеканию пара со стороны высокого давления в испарительную систему, что имело бы своим следствием уменьшение холодопроизводительности установки. Как видно из рис. 3, жидкий хладагент отводится из линейного ресивера по трубе, опущенной под уровень жидкости, что и предотвращает прорыв пара по этому трубопроводу в испарительную систему. Контроль за уровнем жидкости в ресивере ведут по указателю уровня УУ. Конденсатор и ресивер снабжены предохранительными клапанами ПК с переключающим вентилем, от предохранительных клапанов выведены трубопроводы для аварийного сброса хладагента в атмосферу. У каждого из этих аппаратов на аммиачных установках имеются отстойники 4 для сбора масла и загрязнений; из отстойников эти примеси могут отводиться в маслособиратель (см. рис. 1). Из ресивера хладагент поступает в охладитель жидкости (переохладитель) б, который должен включаться после ресивера (рис. 3). Если охладитель жидкости не используется, то жидкий хладагент может быть направлен по обводной линии мимо него. От коллектора 7 регулирующей станции жидкий хладагент при ручном регулировании распределяется посредством регулирующих вентилей РВ по охлаждаемым объектам (в общем случае — разных температур кипения). В случае применения автоматических регуляторов подачи хладагента в испарительную систему коллектор 7 становится распределительным. При помощи запорных вентилей на этом коллекторе можно прекращать подачу хладагента во все объекты данной температуры кипения или в группу объектов. Регулирующие вентили коллектора могут использоваться при выходе из строя автоматических регуляторов подачи, расположенных у объектов. Обычно как ручные, так и автоматические регулирующие вентили находятся между двумя запорными вентилями, что позволяет при засорении регулирующего вентиля легко отсоединить его от системы для осмотра и очистки, без нарушения режима работы других объектов. Иногда

ограничиваются постановкой одного запорного вентиля перед регулирующим. В этом случае перед вскрытием неисправного регулирующего вентиля необходимо закрыть запорный вентиль и отсосать хладагент из всего трубопровода. На коллекторе предусматривают вентиль Г для зарядки и пополнения системы хладагентом. На всех хладоновых установках и обычно на небольших аммиачных установках линейные ресиверы располагают на одном уровне с конденсатором. В этом случае конденсатор и линейный ресивер не соединяются уравнивающей линией, а жидкий хладагент выдавливается из конденсатора в линейный ресивер через обратный клапан ОК (или гидравлический затвор) давлением конденсации, так как в линейном ресивере давление ниже, чем в конденсаторе, из-за периодического открытия регулирующего вентиля и перепуска жидкого хладагента в охлаждающие приборы. На крупных холодильных установках обычно приходится использовать несколько конденсаторов, которые могут быть соединены последовательно или параллельно. Для аппаратов одного типа применяют, как правило, параллельное соединение конденсаторов. При таком соединении гидравлические сопротивления всех конденсаторов с соединительными трубопроводами должны быть равны, в противном случае будут подтапливаться конденсатом аппараты с меньшим гидравлическим сопротивлением. Для того чтобы гарантировать равенство гидравлического сопротивления всех конденсаторов с трубопроводами, их сопротивление увеличивают, предусматривая отвод конденсата из коллектора по сливной трубе (рис. 4) с подъемом h_0 , обеспечивающим дополнительное требуемое гидравлическое сопротивление $\Delta p = \rho g h_0$.

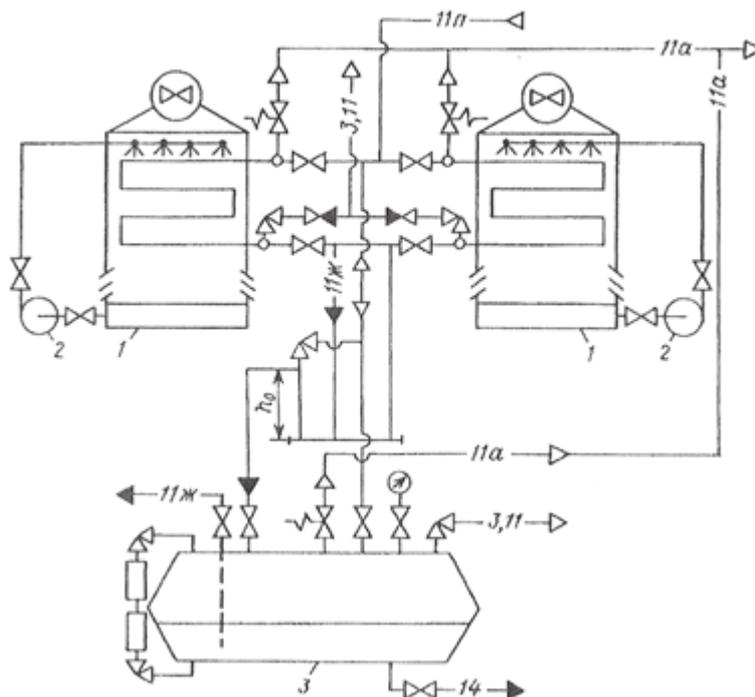


Рис.4. Узел испарительных конденсаторов и линейного ресивера: 1 — испарительный конденсатор; 2 — водяной насос; 3 — линейный ресивер

Узел компрессоров двухступенчатого сжатия. На рис. 5 показана схема узла двухступенчатого сжатия, состоящего из двух одноступенчатых компрессоров. В данной схеме применен промежуточный сосуд 4 со змеевиком для охлаждения жидкого хладагента.

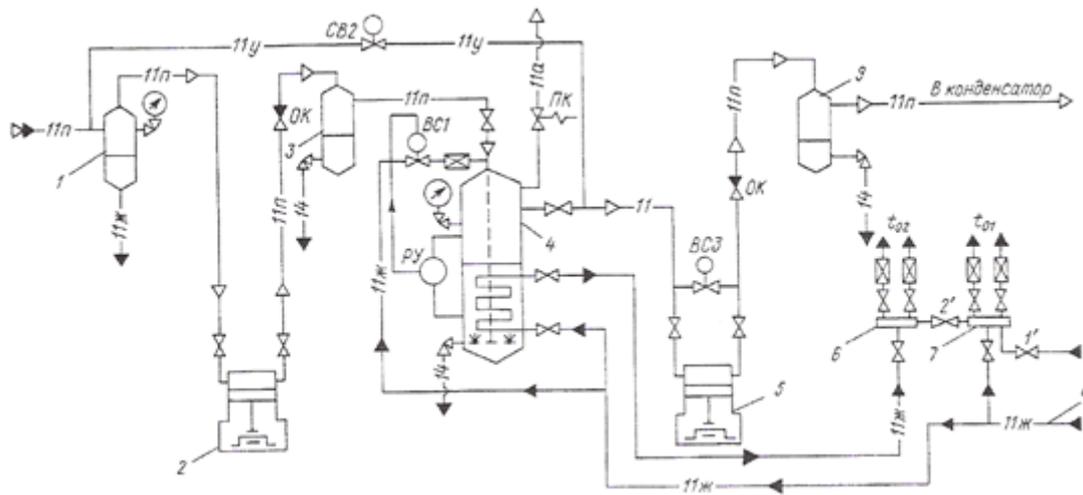


Рис.5. Узел компрессоров двухступенчатого сжатия: 1 — отделитель жидкости; 2 — компрессор ступени низкого давления; 3, 9 — маслоотделители; 4 — промежуточный сосуд; 5 — компрессор ступени высокого давления; 6, 7 — коллекторы; 8 — жидкостная линия; 1', 2' — запорные вентили

Энергетические показатели схемы с таким промежуточным сосудом ниже показателей схемы с промежуточным сосудом без змеевика из-за того, что жидкость в змеевике охлаждается не до температуры, соответствующей промежуточному давлению, а оказывается на 3–5 К выше этой температуры. Однако схема со змеевиковым промежуточным сосудом имеет важные практические достоинства. Во-первых, жидкий хладагент поступающий в змеевик промежуточного сосуда, охлаждается в нем, не соприкасаясь с кипящей жидкостью в сосуде 4, благодаря чему не загрязняется маслом, приносимым паром из компрессора ступени низкого давления 2. Во-вторых, жидкость в змеевике находится под давлением конденсации, т. е. под напором, достаточным для подачи в испарители и охлаждающие приборы, находящиеся в верхних этажах здания или помещениях, значительно удаленных от машинного отделения. В промежуточном сосуде без змеевика жидкий хладагент находится под промежуточным давлением, и это давление иногда (особенно в зимнее время) оказывается недостаточным для подачи жидкости в указанные выше помещения. На некоторых старых предприятиях по этой причине применена менее экономичная схема одноступенчатого дросселирования.

Между компрессором ступени низкого давления и промежуточным сосудом целесообразно предусматривать маслоотделитель 3, так как это не только освобождает промежуточный сосуд от несвойственных ему функций маслоотделения, но и предохраняет поверхность змеевика от замасливания и тем самым от ухудшения теплообмена через нее. На нагнетательной стороне компрессора ступени высокого давления устанавливают свой маслоотделитель 9. На установках, выполненных по рассматриваемой схеме, жидкий хладагент из конденсатора или линейного ресивера поступает по линии 8, и часть его подается к коллектору 7 регулирующей станции для раздачи потребителям высоких температур кипения, входящих в систему одноступенчатого сжатия. Другая ее часть направляется через автоматический регулятор (ПУ и СВ1) непосредственно в промежуточный сосуд для охлаждения пара, нагнетаемого компрессором ступени низкого давления 2, и для охлаждения жидкости, протекающей по змеевику. Большая часть жидкости направляется в змеевик, где и охлаждается до температуры, близкой к промежуточной температуре. Для того чтобы не произошло смешения потоков жидкости с разными температурами, хладагент после змеевика направляется к отдельному коллектору 6 регулирующей станции для раздачи по низкотемпературным объектам, охлаждаемым системой двухступенчатого сжатия. В зависимости от числа ступеней охлаждения жидкости необходимо иметь соответствующее число коллекторов на регулирующей станции. Коллектор 7 снабжен вентилем Г для зарядки и пополнения системы хладагентом. Оба коллектора 6 и 7 соединены мостом с вентилем 2', позволяющим в случае необходимости питать коллектор 6 жидкостью более высокой температуры, а также добавлять жидкость для пополнения системы низких температур.

Для обеспечения безопасных условий пуска компрессоров давление в промежуточном сосуде

должно быть понижено до давления в испарительной системе (для облегчения их последующего пуска и исключения возможности гидравлического удара из-за вскипания жидкости в промежуточном сосуде). Поэтому соленоидные клапаны СВ2 и СВ3 должны открываться при остановке компрессоров ступеней низкого и высокого давлений для снижения давления в промежуточном сосуде и всех трубопроводах до обратного клапана, установленного на нагнетательной линии компрессора ступени высокого давления 5. Сразу после пуска компрессоров эти клапаны закрываются.

При использовании винтовых компрессоров появляются дополнительные возможности для реализации цикла двухступенчатого сжатия в одноступенчатом компрессоре с отбором пара промежуточного давления. В винтовом компрессоре, в отличие от поршневого, процесс сжатия распределен по длине винта. Иными словами, при фиксированном давлении всасывания каждому сечению по длине цилиндра соответствует определенное значение внутреннего давления сжатия. Это дает возможность выявить по длине цилиндра точку, давление в которой будет равно промежуточному. Если к этой точке подвести пар при промежуточном давлении, то появляется возможность осуществления двухступенчатого сжатия в одном цилиндре. Подобная схема включения винтового компрессора получила название схемы «экономайзер». При этом холод, производимый при промежуточной температуре кипения, может использоваться для различных целей. На рис. 6а приведена схема «экономайзер» (с промежуточным подсосом пара), используемая в отдельных случаях для винтовых компрессоров холодильных установок, работающих с конденсаторами воздушного охлаждения. В этом варианте, чтобы не сооружать градирню и систему водоснабжения для целей охлаждения масла, используют жидкий хладагент, подаваемый в маслоохладитель 4 из линейного ресивера и кипящий в нем при промежуточном давлении. Пар, с температурой кипения t'_0 всасывается тем же компрессором, работающим по схеме «экономайзер». На рис. 6б показан вариант схемы включения винтового маслозаноленного одноступенчатого компрессора по схеме «экономайзер», обеспечивающей фактически двухступенчатое дросселирование с промежуточным отбором пара. В этом случае холодильник масла 4 охлаждается водой, однако в схему включен еще один дополнительный аппарат — переохладитель жидкого хладагента 5, выполняющий роль промежуточного сосуда без охлаждения пара. В этом аппарате основной поток жидкого хладагента, направляемый к регулирующему клапану, охлаждается за счет кипения части потока в трубном пространстве этого теплообменника. Образующийся при кипении пар с промежуточной температурой t'_0 всасывается компрессором, работающим по схеме «экономайзер».

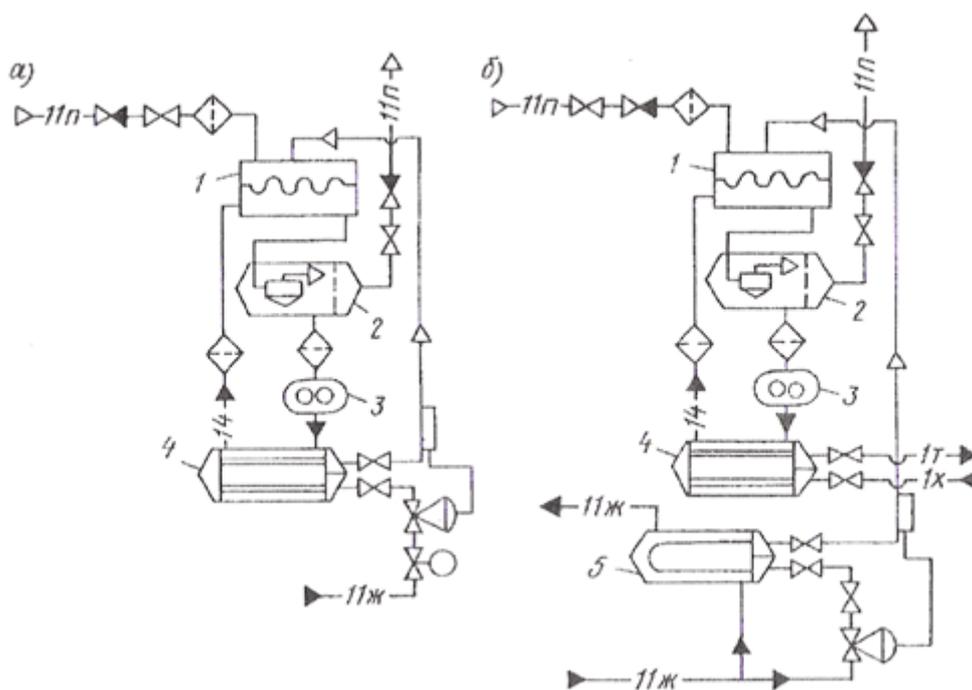


Рис.6. Схема «экономайзер» включения винтового компрессора:
 1 — винтовой компрессор; 2 — маслоотделитель; 3 — шестеренчатый насос;

4 — маслоохладитель; 5 — переохладитель. Рассмотренный вариант позволяет повысить эффективность одноступенчатого цикла, фактически приравняв ее к эффективности двухступенчатого цикла за счет промежуточного отбора пара и уменьшения дроссельных потерь благодаря переохлаждению жидкого хладагента. Применение центробежных компрессоров также может вносить некоторые изменения в схемы благодаря тому, что они в одном корпусе имеют число колес, как правило, больше одного и таким образом являются многоступенчатыми компрессорами. Так, при отношении давлений конденсации и кипения, при котором еще применяют одноступенчатые поршневой или винтовой компрессоры, использование центробежного компрессора позволяет применить схему с охлаждением жидкости многократным дросселированием и промежуточным отбором пара. Это, прежде всего, уменьшает энергетические потери, что особенно важно в хладоновых установках, поскольку в них велика роль этого вида потерь.

На рис. 7 показана схема с двухступенчатым дросселированием. Жидкость из конденсатора 2 поступает на первое дросселирование через поплавковый регулятор непрямого действия 4 в отделитель жидкости 3. Поступившая жидкость дросселируется вторично в поплавковом регуляторе непрямого действия 5, после чего направляется в испаритель 6. Образовавшийся при первом дросселировании пар всасывается в полость среднего колеса центробежного компрессора 1 и, смешиваясь с перегретым паром, выходящим из предыдущего колеса, осуществляет промежуточное охлаждение, что также выгодно, так как уменьшает затрачиваемую работу на сжатие пара в последующих колесах. Сравнительные расчеты показывают, что увеличение числа ступеней дросселирования больше трех не вызывает существенного дополнительного улучшения энергетических показателей цикла турбокомпрессорной холодильной установки.

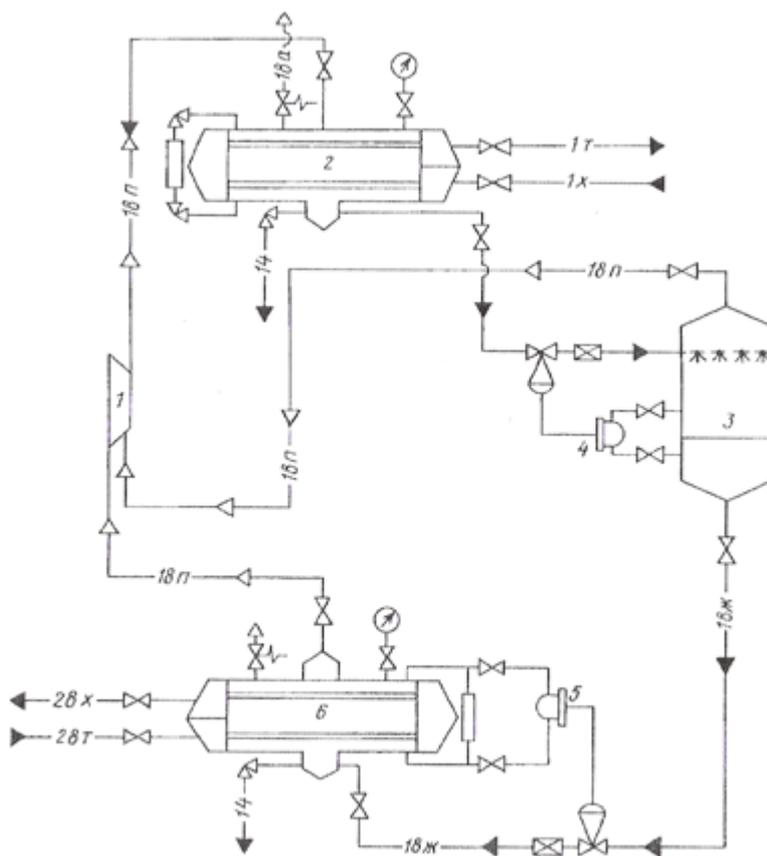


Рис.7. Схема включения центробежного компрессора с двухступенчатым дросселированием: 1 — центробежный компрессор; 2 — конденсатор; 3 — отделитель жидкости; 4, 5 — поплавковые регуляторы уровня; 6 — испаритель

Другой особенностью центробежных компрессоров является возможность работы одним однокорпусным компрессором на несколько температур кипения. На рис. 8 в качестве примера приведена схема каскадной холодильной турбокомпрессорной установки на три температуры кипения: $t_{01} = -104^{\circ}\text{C}$; $t_{02} = -40^{\circ}\text{C}$ и $t_{03} = 0^{\circ}\text{C}$. В нижней ветви каскада для получения наиболее

низкой из предусмотренных в данном случае температур применен двухкорпусный центробежный компрессор, работающий на этилене, а в верхней ветви — однокорпусный центробежный компрессор, работающий на пропане на две более высокие температуры кипения.

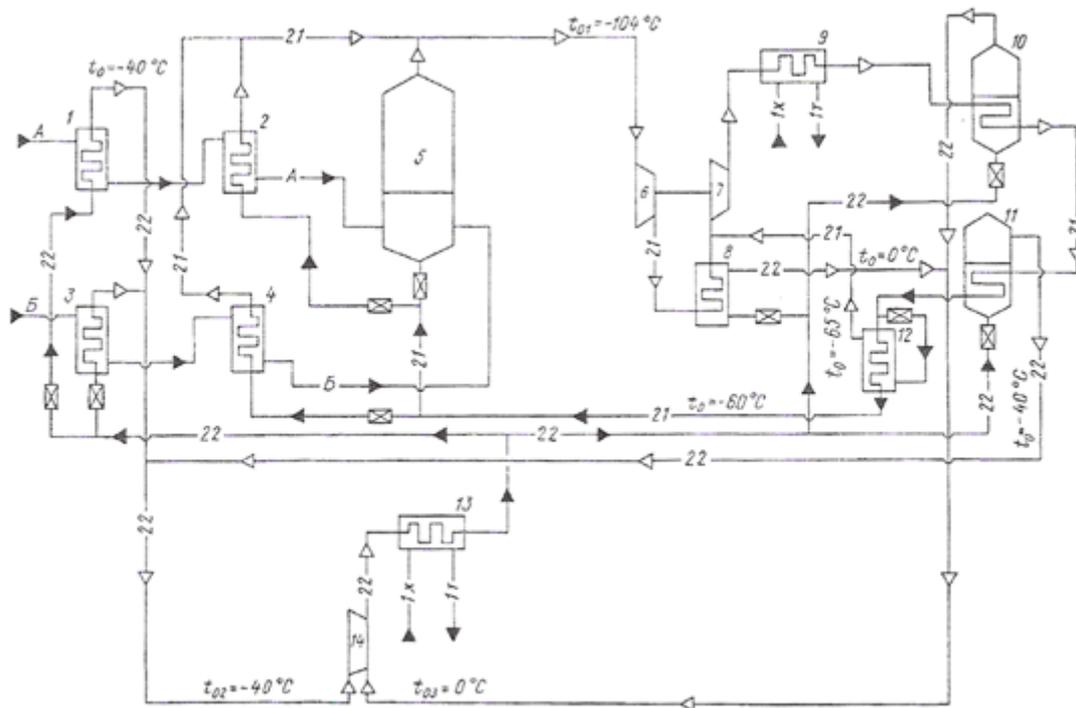


Рис.8. Схема каскадной холодильной турбокомпрессорной установки на три температуры кипения: 1, 2, 3, 4 — теплообменники для охлаждения компонентов А и Б; 5 — технологический аппарат; 6 — этиленовый компрессор ступени низкого давления; 7 — этиленовый компрессор ступени высокого давления; 8 — промежуточный теплообменник; 9 — водяной теплообменник; 10 — пропановый теплообменник; 11 — конденсатор-испаритель; 12 — этиленовый теплообменник; 13 — пропановый конденсатор; 14 — пропановый компрессор

Технологический процесс, для отвода теплоты которого и предназначена холодильная установка, осуществляется в аппарате 5, где кипит этилен при t_{01} . Компоненты А и Б, участвующие в этом процессе, проходят первую ступень охлаждения в теплообменниках 1 и 3 пропаном, кипящим при t_{02} , а затем вторую ступень охлаждения кипящим этиленом в теплообменниках 2 и 4. Этиленовый пар сжимается в компрессорах 6 и 7; между ними производится промежуточное охлаждение пара в теплообменнике 8 пропаном, кипящим при t_{03} . До поступления в конденсатор-испаритель 11 пар этилена охлаждается сначала водой в предварительном теплообменнике 9, а затем в теплообменнике 10 пропаном, кипящим при t_{03} . В конденсаторе-испарителе 11 этиленовый пар конденсируется при отводе теплоты к пропану, кипящему при t_{02} . Пар пропана обеих температур кипения всасывается турбокомпрессором 14 и нагнетается в пропановый конденсатор 13. Жидкий этилен после конденсатора-испарителя 11 дополнительно охлаждается в теплообменнике 12 этиленом, кипящим при промежуточной температуре кипения t'_{0} . В результате смешения холодного этиленового пара, выходящего из аппарата 12, и пара после аппарата 8 осуществляется дополнительное промежуточное пара перед всасыванием в компрессор ступени высокого давления 7.