



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Теплоэнергетика и прикладная гидромеханика»

## **Учебное пособие**

«Экспериментальное определение и расчет  
эксплуатационных параметров  
кондиционера»  
по дисциплинам

# **«Физические основы ХТ, СКВ и СВ помещений», «Промышленные ХМ»**

Авторы  
Озерский А. И., Романов В. В.,  
Галка Г. А.

Ростов-на-Дону, 2018

## Аннотация

Учебное пособие предназначено для студентов очной, заочной форм обучения направления 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения»

В пособии изложены основы устройства, принципы работы и расчета тепловых насосов. Пособие дает необходимые рекомендации, а также справочные и нормативные материалы для выполнения расчетно- графических, курсовых работ и проектов по тепловым насосам.

## Авторы

к.т.н., доцент Озерский А.И.,

к.т.н., доцент Романов В.В.,

ст. преподаватель «ТиПГ» Галка Г.А.



## Оглавление

<b>Лабораторная работа №3 Экспериментальное определение и расчет эксплуатационных параметров кондиционера на примере сплит–система. ....</b>	<b>4</b>
Указания по технике безопасности при выполнении лабораторной работы .....	4
Функциональная схема и принцип работы кондиционера	6
Наружный блок кондиционера.....	8
Внутренний блок кондиционера .....	9
Схема расположения кондиционера на стене здания .....	11
Краткие теоретические сведения.....	12
Устройство экспериментального лабораторного стенда..	15
Гидропневматическая схема стенда.....	16
Порядок выполнения работы. ....	18
Контрольные вопросы .....	19
<b>Используемые источники .....</b>	<b>20</b>

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3**

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ И РАСЧЕТ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ КОНДИЦИОНЕРА НА ПРИМЕРЕ СПЛИТ–СИСТЕМА.**

**Цель работы:** экспериментально определить и рассчитать эксплуатационные параметры автономного кондиционера сплит-системы.

#### **Указания по технике безопасности при выполнении лабораторной работы**

К работе на экспериментальном стенде допускаются студенты, получившие инструктаж по технике безопасности, расписавшиеся в журнале учета проведения инструктажа и изучившие указания по проведению лабораторной работы.

Студенты обязаны выполнять требования преподавателя и заведующего лабораторией по соблюдению правил техники безопасности. В ходе проведения лабораторной работы следует поддерживать дисциплину, аккуратно обращаться с приборами, оборудованием, предохранять их от поломки.

При обнаружении неисправностей в оборудовании или приборах, работу необходимо прекратить и доложить об этом преподавателю или заведующему лабораторией.

Студентам запрещается самостоятельное устранение неисправностей в приборах и ремонт вышедшего из строя оборудования.

Подключать кондиционер к электросети только при наличии заземления. Использование отопительных, газовых и водопроводных труб в качестве заземления не допускается. Сечение проводов подводимых к розетке, должно быть не менее  $1,5\text{мм}^2$  (медного) или  $2,5\text{мм}^2$  (алюминиевого)

Для защиты электропроводки от перегрузок применять плавкие предохранители или автоматические выключатели (с трёхкратным током отсечки), рассчитанные на номинальный ток 16А.

Запрещается! Снимать переднюю или декоративную панели при включенном кондиционере.

С разрешения преподавателя или заведующего лаборато-

рией студентами осуществляется запуск стенда-тренажера «Кондиционер».

Общий рубильник силовой сети включается преподавателем или заведующим лабораторией.

Преподаватель или заведующий лабораторией самостоятельно включает вилку стенда в розетку.

Во время работы студенты выполняют правила, приведенные в методическом руководстве. При этом запрещается оставлять работающий экспериментальный стенд без присмотра включенным.

По окончании работы студент обязан сообщить об этом преподавателю или заведующему лабораторией. Преподаватель или заведующий лабораторией отключит стенд-тренажер от общей электрической сети и выключит общий рубильник силовой сети.

При возникновении пожара необходимо:

- выключить общий рубильник от распределительной сети на общем щите;
- немедленно сообщить о пожаре преподавателю или заведующему лабораторией;
- покинуть помещение.

При поражении электрическим током необходимо:

- освободить пострадавшего от воздействия электрического тока путем отключения пусковой кнопки или общего рубильника;
- если пострадавший находится в сознании, но до этого был в состоянии обморока, его следует уложить в удобное положение и до прибытия врача обеспечить полный покой, непрерывно наблюдая за дыханием и пульсом;
- если пострадавший находится в бессознательном состоянии, его следует ровно и удобно уложить, ослабить и расстегнуть одежду, создать приток свежего воздуха, дать нюхать нашатырный спирт, обрызгать его водой и обеспечить полный покой;
- в случае отсутствия дыхания у пострадавшего следует немедленно приступить к искусственному дыханию;
- немедленно вызвать скорую помощь.

Данные указания содержат положения инструкции, которая составлена на основании общих требований техники безопасности при проведении лабораторных работ.

**Студентам важно помнить, что:**

1. Подключение кондиционера к электросети осуществляет-

ся при помощи вилки, вставляемой в специальную двухполюсную розетку с заземляющим контактом.

2. Пуск кондиционера осуществляется только поворотом ручки переключателя режима работ.

3. Перед повторным пуском кондиционера в режиме охлаждения необходим перерыв не менее 3 минут.

4. Кондиционер работает нормально при отклонениях напряжения питающей сети от номинального значения (220 В) на плюс минус 10%; при температуре наружного воздуха от +21 до 43°С.

5. Наиболее благоприятна для здоровья человека разность температур наружного воздуха и воздуха внутри помещения не более 10°С. Для предотвращения простудных заболеваний не рекомендуется направлять охлаждённый воздух в сторону людей, находящихся в непосредственной близости от кондиционера.

6. Для обеспечения энерго-экономичного режима работы не рекомендуется держать открытой заслонку при работе кондиционера в режиме охлаждения, т.к. через неё охлаждённый воздух помещения выбрасывается наружу; загораживать посторонними предметами переднюю панель (40 см), боковые решётки (15 см) и заднюю стенку; держать открытыми окна и двери при работе кондиционера; включать источник тепла при работе кондиционера в режиме охлаждения.

7. Необходимо следить за чистотой фильтра, поверхностей теплообменников.

8. Держать закрытой дренажную трубку.

9. Помнить, что северная и восточная стороны для установки кондиционера предпочтительнее южной или западной.

## **Функциональная схема и принцип работы кондиционера**

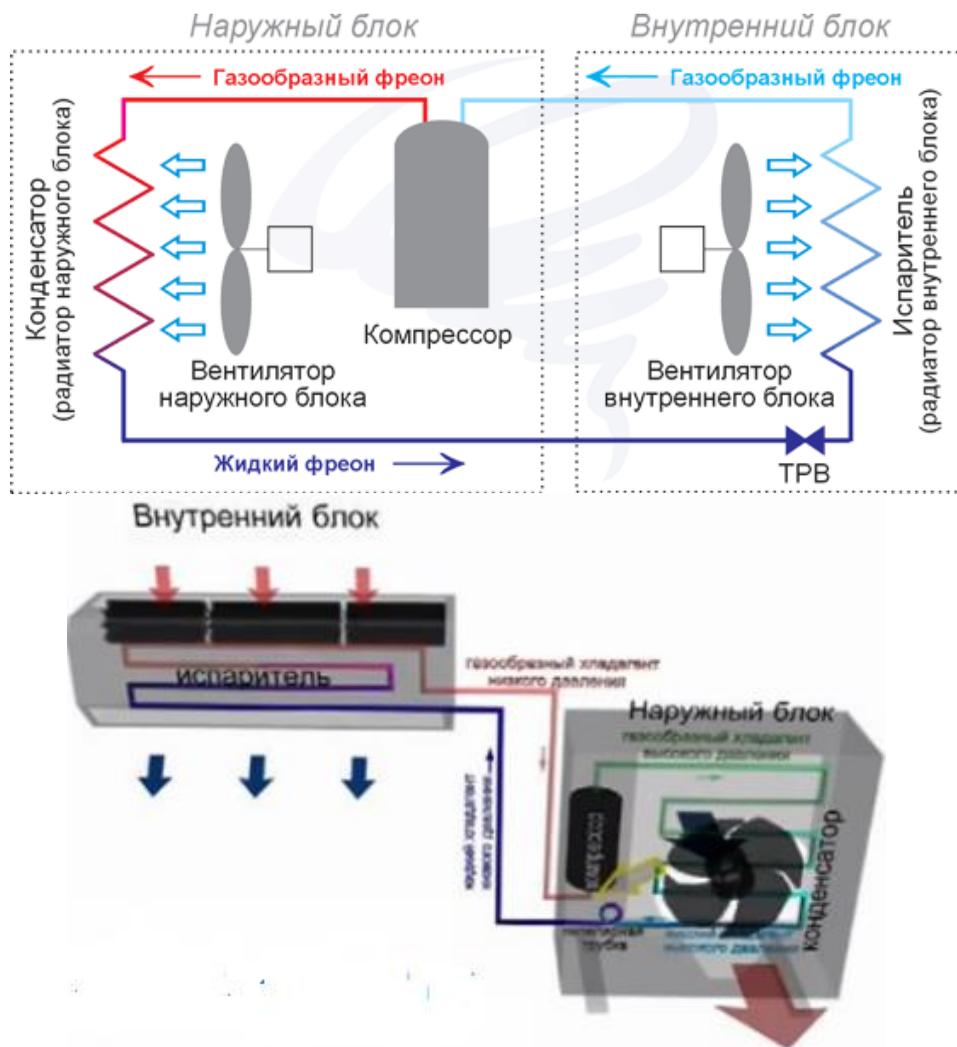


Рис.1. Схема устройства и работы кондиционера «сплит-система».

На рисунке 1 показана принципиальная схема устройства и работы кондиционера «сплит-система». Внутри этой системы находится замкнутый контур, по которому движется жидкость — хладагент (R410A). Перетекая внутри контура, хладагент в одном месте поглощает тепло, для того чтобы выделить его в другом. Этот процесс протекает в специальных трубках – тепло-

обменниках, которые изготавливаются из меди и содержат поперечные перегородки из алюминия. Для более быстрого протекания процессов в теплообменники нагнетают воздух, делая это при помощи специальных вентиляторов. Исходя из названия процессов, протекающих в теплообменнике, один из них принято называть конденсатором, а другой – испарителем. Когда кондиционер работает «на тепло» в качестве конденсатора выступает внутренний испаритель (часть кондиционера, находящаяся в помещении), а при работе «на холод» – все происходит наоборот [1].

Еще одной важной деталью в работе кондиционера является замкнутый контур, для создания которого необходимо хотя бы два элемента: компрессор — для повышения давления конденсации и дроссельное устройство — для его понижения. Первый из них устанавливается непосредственно перед конденсатором, а второй перед испарителем. В целом, насчитывается пять элементов, обязательных в кондиционерах любого типа: замкнутый контур, наружный и внутренний теплообменник, компрессор и дросселирующее устройство. В настоящее время для полнофункциональной работы кондиционера в контур добавляют четырехходовой вентиль, благодаря которому он может вырабатывать как тепло, так и холод. Эта сплит-система получила название «кондиционер с реверсивным циклом», дополнительной функцией которого стал перенос тепла из помещения на улицу и обратно [2].

### Наружный блок кондиционера



1. **Вентилятор** — создает поток воздуха, обдувающего конденсатор. В недорогих моделях вентилятор имеет только одну скорость вращения. Такой кондиционер может стабильно работать в небольшом диапазоне температур наружного воздуха.

В моделях более высокого класса, рассчитанных на широкий температурный диапазон, а также во всех полупромышленных кондиционерах, вентилятор имеет 2 — 3 фиксированных скорости вращения или же плавную регулировку.

2. **Конденсатор** — радиатор, в котором происходит охлаждение и конденсация фреона.

3. **Компрессор** — сжимает фреон и поддерживает его движение по холодильному контуру. Компрессор бывает поршневого или спирального (scroll) типа.

4. **Плата управления** — электронное устройство, предназначенное для управления работой кондиционера.

Плату управления устанавливают только на инверторных кондиционерах.

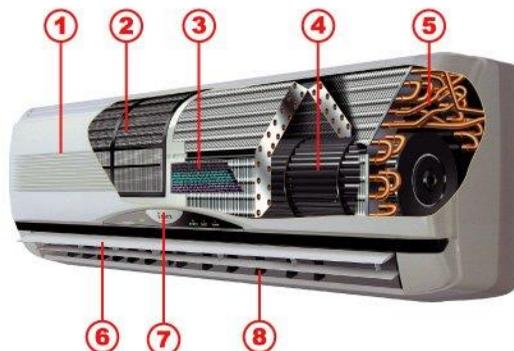
5. **Четырехходовой клапан** — устанавливается в реверсивных (тепло — холод) кондиционерах. В режиме обогрева этот клапан изменяет направление движения фреона. При этом внутренний и наружный блок меняются местами: внутренний блок работает на обогрев, а наружный — на охлаждение.

7. **Фильтр** — устанавливается перед входом компрессора и защищает его от медной крошки и других мелких частиц, которые могут попасть в систему.

6. **Штуцерные соединения** — соединения, к которым подключаются медные трубы, соединяющие наружный и внутренний блоки.

8. **Защитная быстросъемная крышка** — закрывает штуцерные соединения и клеммник, используемый для подключения электрических кабелей.

## Внутренний блок кондиционера



1. **Передняя панель** — представляет собой пластиковую решетку, через которую внутрь блока поступает воздух. Панель легко снимается для обслуживания кондиционера (чистки фильтров и т. п.)

2. **Фильтр грубой очистки** — представляет собой пластиковую сетку и предназначен для задержки крупной пыли, шерсти животных и т. п. Для нормальной работы кондиционера фильтр необходимо чистить не реже двух раз в месяц.

3. **Фильтр тонкой очистки** — бывает различных типов: угольный (удаляет неприятные запахи), электростатический (задерживает мелкую пыль) и т. п. Наличие или отсутствие фильтров тонкой очистки никакого влияния на работу кондиционера не оказывает.

4. **Вентилятор** — предназначен для продува воздуха через испаритель. Имеет 3 — 4 скорости вращения.

5. **Испаритель** — теплообменное устройство, в котором происходит нагрев холодного фреона и его испарение.

6. **Горизонтальные жалюзи** — регулируют направление воздушного потока по вертикали.

7. **Индикаторная панель** — панель показывающая режим работы кондиционера и сигнализирующая о возможных неисправностях.

8. **Вертикальные жалюзи** — регулируют направление

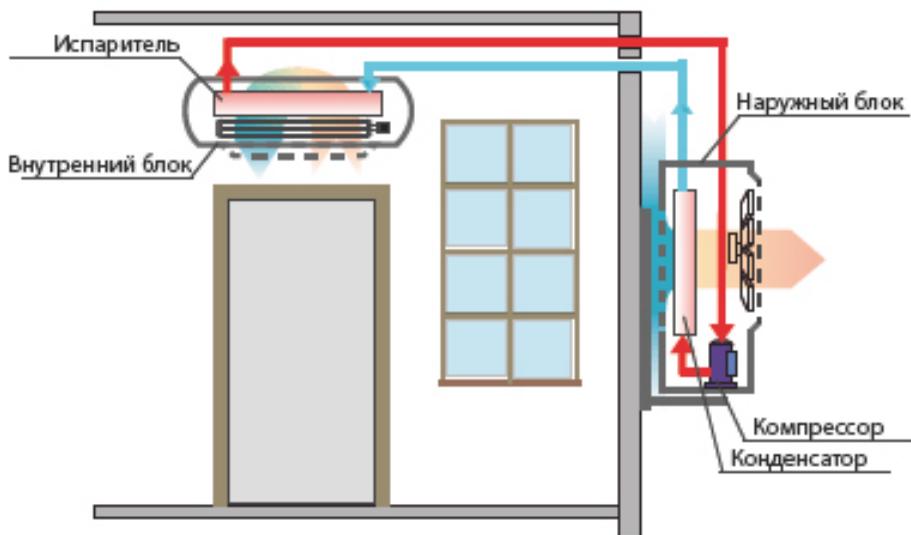
воздушного потока по горизонтали.

Поддон для конденсата (на рисунке не показан) — расположен под испарителем и служит для сбора конденсата (воды, образующейся на поверхности холодного испарителя). Из поддона вода выводится наружу через дренажный шланг.

Плата управления (на рисунке не показана) — обычно располагается с правой стороны внутреннего блока. На этой плате размещен блок электроники с центральным микропроцессором.

Штуцерные соединения (на рисунке не показаны) — расположены в нижней задней части внутреннего блока. К ним подключаются медные трубы, соединяющие наружный и внутренний блоки.

### Схема расположения кондиционера на стене здания



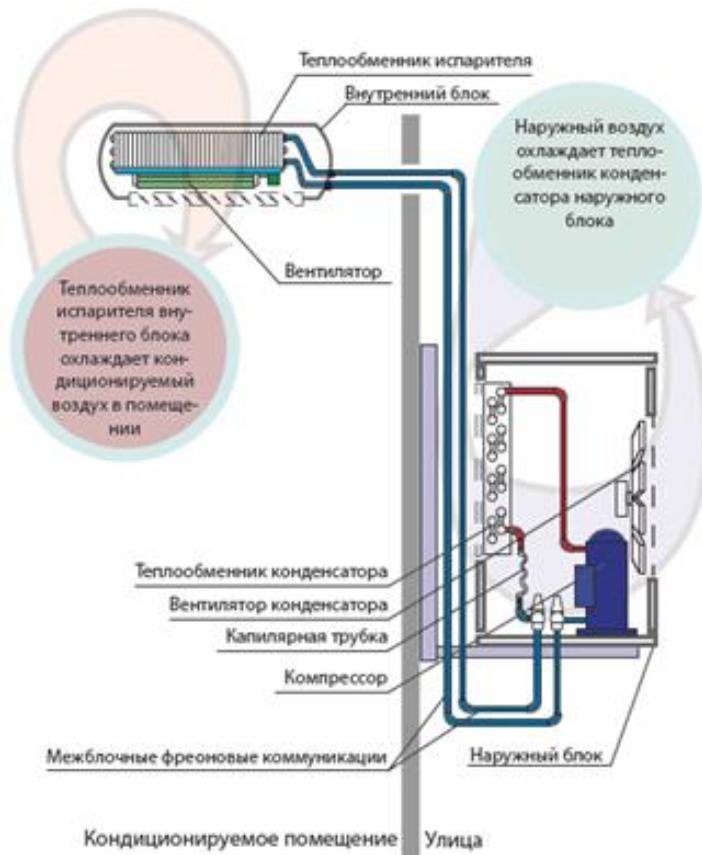


Рис.2. Схема расположения кондиционера на стене здания.

### Краткие теоретические сведения.

Сплит-система — это устройство, которое отвечает за создание и поддержание в закрытом помещении определенных параметров: температуры, концентрации вредных веществ, влажности и скорости движения воздуха. Сплит-система состоит из двух блоков, один блок устанавливается внутри здания, другой снаружи помещения, которые соединяются между собой медными трубками (см.Рис.2). Сплит-система представляет собой замкнутый контур, в котором постоянно происходит циркуляция фреона. Работа кондиционера основана на использовании холодильных машин, как правило, парокompрессионных. Схема такой ма-

шины представлена на рис.3.

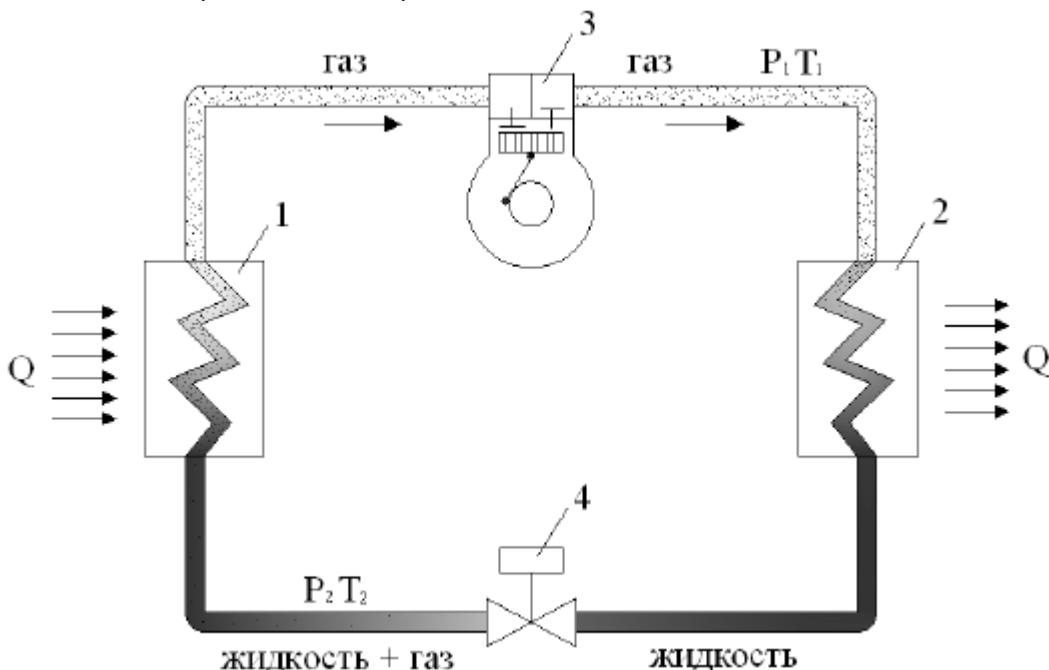


Рис.3. Схема цикла парокомпрессионной холодильной машины.

В контуре холодильной машины имеются два теплообменника (испаритель 1 и конденсатор 2), которые можно использовать как в режиме охлаждения воздуха в помещении, так и в режиме обогрева воздуха. Для перевода кондиционера с режима охлаждения на режим обогрева воздуха (режим теплового насоса) достаточно изменить направление движения хладагента. Для этих целей компрессора устанавливают четырехходовой клапан.

Охлаждение в автономных кондиционерах производится за счет поглощения теплоты при кипении хладагента в испарителе (эндотермический процесс). Очевидно, кипение должно происходить при температуре, которая должна быть ниже конечной температуры охлаждаемого воздуха. Температура кипения хладагента зависит от давления в испарителе: чем выше давление, тем выше температура кипения и наоборот. Эта зависимость позволяет регулировать температуру охлаждения путем изменения давления хладагента в испарителе. Так, например, фреон R-22, широко используемый в холодильной технике, при нормаль-

ном атмосферном давлении имеет температуру кипения минус 40,8°С. Для фреонов R134a и R600a температуры кипения соответственно минус 26,5 и 12 °С. Размеры испарителя выбирают таким образом, чтобы жидкость полностью испарилась внутри. Поэтому температура пара на выходе из испарителя оказывается выше температуры кипения, происходит так называемый перегрев хладагента. В этом случае даже самые мелкие капельки фреона испаряются, и жидкость не попадает в компрессор. Следует отметить, что в случае попадания жидкого хладагента в компрессор возможен так называемый «гидравлический удар». В связи с этим вероятны повреждения, а также поломка клапанов и других деталей компрессора [3].

Мощность  $Q_u$ , Вт тепла, отводимого от охлаждаемых тел в кондиционере при испарении фреона.

$$Q_u = m \cdot (i_7 - i_6), \text{ Вт.}$$

Перед тем как пары фреона из испарителя попадут в рабочий объем компрессора их подогревают в рекуперативном теплообменнике (ТО) (процесс 7-1). При этом сухой насыщенный пар превращается в перегретый пар, т.е. – а газ. После теплообменника газообразный фреон поступает в компрессор КМ. В компрессоре газ адиабатно сжимается. Удельная работа  $l_{км}$ , Дж/кг компрессора определяется равенством:

$$l_{км} = i_2 - i_1, \text{ кДж/кг.}$$

После компрессора нагретый газ с температурой  $T_2$  и давлением  $p_2$  поступает в конденсатор КД. В конденсаторе нагретый газ фреона охлаждается при постоянном давлении и температуре ( $p_{2-4} = \text{const}$ ). Охлаждаясь, газ, сначала превращается в пар, а затем конденсируется и превращается в жидкость (процесс 2-4). Процесс конденсации происходит с отводом в окружающую среду количества теплоты, мощностью равной:

$$Q_{КД} = m \cdot (i_4 - i_2), \text{ Вт.}$$

Размеры конденсатора выбираются таким образом, чтобы газ полностью сконденсировался внутри. Температура жидкого фреона на выходе из конденсатора оказывается несколько ниже температуры конденсации. Переохлаждение в конденсаторах с воздушным охлаждением обычно составляет примерно 4...7°С.

При этом температура конденсации примерно на 10-20°C выше температуры атмосферного воздуха.

После конденсации осуществляется процесс резкого расширения хладагента (падения давления), в результате которого происходит быстрое снижение температуры фреона (эффект дросселирования). Этот процесс, как правило, осуществляется с помощью терморегулирующего вентиля (ТРВ) или капиллярной трубки определенной длины.

Для измерения мощности кондиционера, кроме единиц системы СИ, некоторые фирмы производители холодильной техники используют внесистемную единицу – «британская тепловая единица/час» (БТЕ/ч), величина которой определяется так: это количество тепла, необходимое для нагрева одного фунта (0,45 кг) воды на один градус Фаренгейта (0,56°C). Соотношение между единицами мощности в системе СИ следующие  $1\text{Вт}=3,412\text{ БТЕ/ч}$ .

Отношение мощности по холоду в БТЕ/ч к потребляемой электрической мощности в Вт, называется коэффициентом энергетической эффективности (EER).

Коэффициент производительности (COP), идентичен показателю эффективности EER, отличается только, тем что обе входящие в расчет величины измеряются в Вт.

Холодильная мощность кондиционера определяется по формуле

$$\dot{Q} = 0,27 \cdot L \cdot \rho \cdot (i_{\text{вх}} - i_{\text{вых}}), \text{ Вт}$$

здесь  $L$  – объемный расход воздуха через кондиционер,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $\rho$  – плотность воздуха,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $i_{\text{вх}}$ ,  $i_{\text{вых}}$  – энтальпии воздуха соответственно на входе и выходе из кондиционера,  $\text{кДж}/\text{кг}$ .

Электрическая мощность кондиционера вычисляется по формуле

$$N = I \cdot U, \text{ Вт}$$

Здесь  $I$  – сила тока, А;  $U$  – напряжение в электрической сети, В.

## Устройство экспериментального лабораторного стенда

Схема экспериментального лабораторного стенда приведена на рис.4. Он состоит из рабочего стола 1 с вертикальной

стойкой 2. на столе через резиновые амортизаторы закреплен болтами наружный блок 4 с мотором-компрессором, теплообменником и вентилятором. Мотор-компрессор фреоновый, герметичный, ротационный с вертикальной осью вращения предназначен для осуществления термодинамического цикла с целью получения искусственного холода. Агрегат кондиционера представляет собой замкнутую герметичную систему, состоящую из компрессора, двух теплообменников, фильтра-осушителя, термоманометров 10, вентиля 5, трубопроводов 11, капиллярной трубки, а также включает в себя 4-ходовой клапан, осуществляющий переключение функций охлаждения и обогрева.

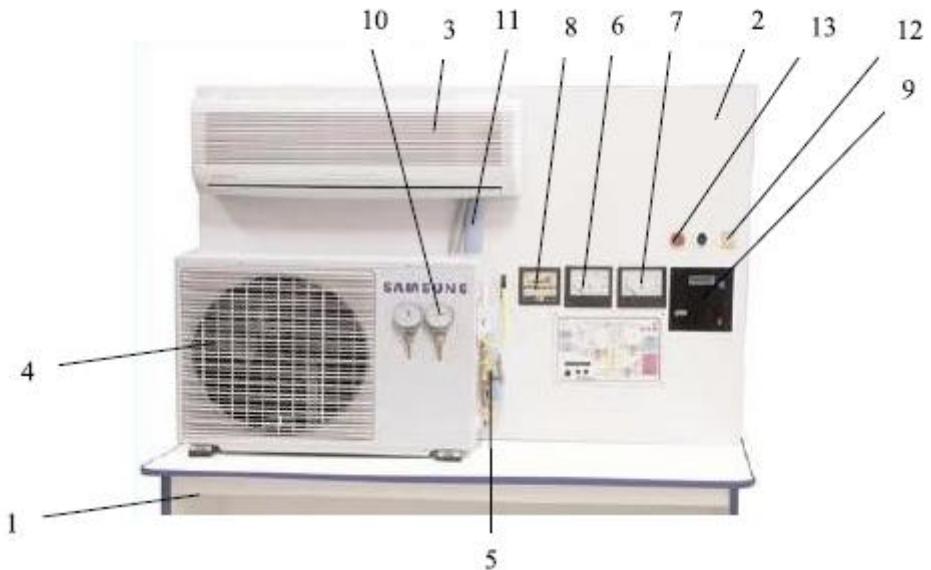


Рис.4. Схема стенда «кондиционер.сплит-система»

- 1- стол рабочий, 2-стойка, 3-комнатный блок, 4-наружный блок, 5-вентили, 6-вольтметр, 7- амперметр, 8-счетчик электрический, 9-измеритель температуры,10-манометры, 11-трубопроводы, 12-устройство защитного отключения, 13-кнопки.

### Гидропневматическая схема стенда

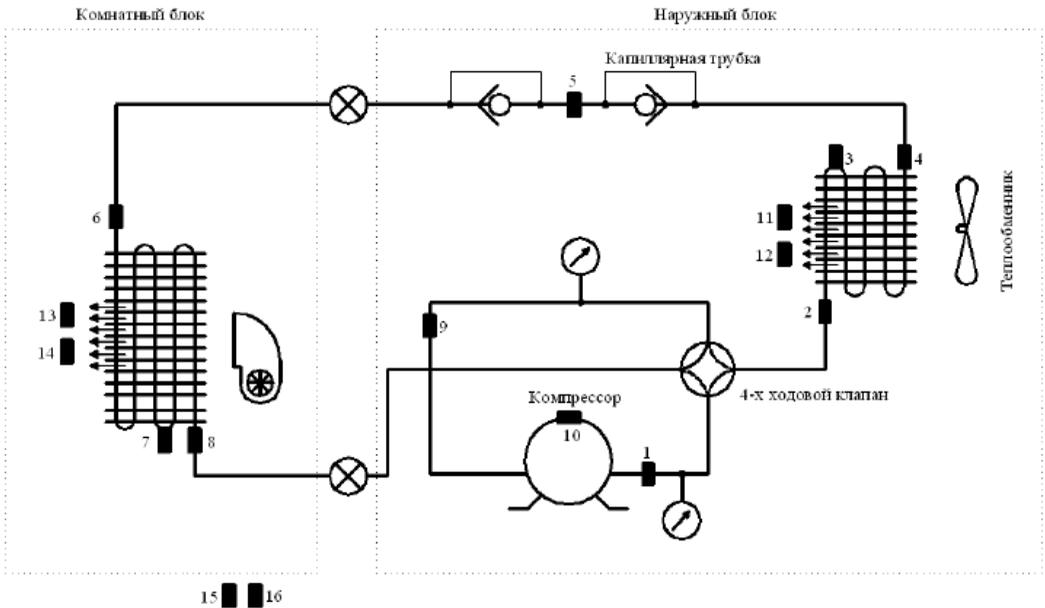


Рис.5. Гидропневматическая схема стенда-тренажера «Кондиционер. Сплит-система» и расположения датчиков температуры.

Теплообменники ребристо-трубного типа с принудительным обдувом. Все электрические приборы, комнатный блок и узлы холодильного агрегата, кроме наружного блока, закреплены на стойке 2 либо внутри ее. Последовательно после конденсатора фильтр-осушитель осуществляет очистку хладагента от механических примесей и влаги, а смотровое стекло позволяет визуально контролировать агрегатное состояние и степень чистоты фреона. Температуры 10 высокого и низкого давлений позволяет измерить давление в двух точках гидропневматической системы стенда (см. Рис 5).

Режим работы кондиционера задается с помощью пульта дистанционного управления. Для обеспечения безопасной работы со стендом электрический ток подается через автомат защитного отключения, реагирующий на ток короткого замыкания, а также магнитный пускатель, состоящий из контактора и кнопок «Пуск» и «Стоп», которые отключаются при перерыве в подаче электроэнергии, и включает стенд вновь лишь при повторном нажатии кнопки «Пуск». Электроизмерительные приборы позволяют

контролировать напряжение, рабочий ток и расход электроэнергии электродвигателем компрессора.

### Порядок выполнения работы.

Для долговечной и исправной работы оборудования необходимо включать стенд согласно следующему алгоритму запуска:

1. включить вилку в розетку;
2. поднять до щелчка вверх рычажок автомата защитного отключения;
3. нажать кнопку «Пуск». Раздается щелчок контактов, вольтметра 6 (рис.4) укажет напряжение в электросети;
4. с помощью пульта выбрать нужный режим работы кондиционера. После самотестирования кондиционер включится;
5. кондиционер запустить на режим охлаждения, для этого на пульте управления выставить минимальную температуру внутреннего воздуха;
6. дождаться выхода кондиционера на рабочий режим (10-15 минут);
7. измерить температуру и влажность воздуха в помещении. Данные занести в журнал наблюдений;
8. снять показания датчиков температур с измерителя температуры 9;
9. данные измерения температур занести в табл.1.
10. замерить давления и температуры на линиях нагнетания и всасывания компрессора и занести в табл.1;
11. на I-диаграмме построить процесс охлаждения воздуха. Обосновать выпадение конденсата расчетом;
12. используя данные таблицы 1, выполнить расчет эксплуатационных параметров кондиционера по следующей схеме:
  - 12.1. Принять за величину перегрев насыщенных паров фреона  $T_1 - T_7 = 10\text{K}$
  - 12.2. Определить температуру перегрева  $T_7$ .
  - 12.3. Определить удельную массовую холодопроизводительность испарителя кондиционера:  $q_u = i_7 - i_6$ , кДж/кг.
  - 12.4. Определить удельную работу сжатия в компрессоре:  $l_{KM} = i_2 - i_1$ , кДж/кг.
  - 12.5. Определить удельное количество теплоты, отдан-

ное хладагентом в конденсаторе охлаждаемой

среде:  $q_{КД} = q_u + q_{КМ}$ , кДж/кг.

12.6. Определить теоретический холодильный коэффи-

циент  $\varepsilon = \frac{q_u}{l_{КМ}}$ .

12.7. Определить (действительную) мощность компрес-

сора:  $N_{пол} = l_{КМ} \cdot m$ , кВт.

12.8. Определить потребляемую мощность компрессора:

$N = I \cdot U$ , кВт.

12.9. Определить КПД компрессора:

$$\eta = \frac{N_{пол}}{N}$$

13. Рассчитать холодильную мощность кондиционера:

$Q = 0,27 \cdot L \cdot \rho \cdot (i_{вх} - i_{вых})$ , Вт.

14. Определить коэффициенты EER и COP для режимов охлаждения и обогрева воздуха;

15. С помощью измеренных значений температур и давлений построить холодильный цикл хладагента на  $i$ - $lgP$  диаграмме для фреона R410A.

16. Сделать выводы о проведенной работе.

Данные измерений

Таблица 1

Номер датчика	Данные измерений		Давление Нагнетания, Бар	Давление всасывания, Бар
	Температура по сухому термометру $t_{сух}$ , °С	Температура по мокрому термометру $t_{мокр}$ , °С		
режим охлаждения				
1				
2				
...				
режим нагрева				
1				
2				
...				

### Контрольные вопросы

1. Назначение кондиционера на примере Сплит-система.
2. Устройство сплит-системы.

3. Принцип работы сплит-системы.
4. Основные эксплуатационные параметры работы сплит-системы.

## ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Шиляев, М.И. Типовые примеры расчета систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха: учебное пособие / М.И. Шиляев, Е.М. Хромова, Ю.Н. Дорошенко. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2012. – 288 с.

2. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч.3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 2 / Б.В. Баркалов, Н.Н. Павлов, С.С. Амирджанов и др.; Под ред. Н.Н. Павлова и Б.И. Шиллера.- М.: Стройиздат, 1992.- 416 с.

3. Экспериментальное определение и расчет эксплуатационных параметров бытовой холодильной машины. Метод.указания к лабораторной работе по дисциплинам «Бытовые холодильные машины» и «Теоретические основы холодильной техники»./Бабенков Ю.И., Озерский А.И., Галка Г.А., Жидров В.Г., Проценко П.А.-Изд. Центр ДГТУ, 2015.-16 с.