Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Куцова Людмила Вячеславовна
Должность: Проректор по учебно-методической работе
Дата подписания: 28.10.2026 12:17:28
Уникальный программный ключ:
b066544bae1e449cd8bfce392f7224a676a271b2

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭКОНОМИКИ И ТОРГОВЛИ ИМЕНИ МИХАИЛА ТУГАН-БАРАНОВСКОГО»

кафедра холодильной и торговой техники имени Осокина В.В.

УТВЕРЖДАЮ

КАФЕДРА ХОЛОДИЛЬНОЙ И ТОРГОВОЙ ТЕХНИКИ ИМЕНИ ОСОКИНА В.В.

Заведующий кафедрой ХТТ им. Осокина В.В.

_____ Ржесик К.А.
(подпись)

«_09_» ____02_____ 2026 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по учебной дисциплине

____Б.1В.04 «Повышение энергетической эффективности парокомпрессионных холодильных машин»_____
(шифр и наименование учебной дисциплины)

_____13.04.03 Энергетическое машиностроение_____
(код и наименование направления подготовки)

_____Холодильные машины и установки_____
(магистерская программа)

Разработчик: к.т.н., доцент, доцент _____ М. В. Дёмин
(уч. степень, уч. звание, должность) (подпись)

Оценочные материалы рассмотрены и утверждены на заседании кафедры от «_09_» _02_ 2026 г., протокол № 24

Донецк 2026 г.

Паспорт
оценочных материалов по учебной дисциплине
___«Повышение энергетической эффективности парокомпрессионных холодильных машин»_____
(наименование учебной дисциплины)

Перечень компетенций, формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код и наименование контролируемой компетенции	Контролируемые разделы (темы) учебной дисциплины, практики*	Этапы формирования (семестр изучения)
	ПК-4. Способен использовать знания теоретических и экспериментальных методов научных исследований, принципов организации научно-исследовательской деятельности	Тема 1 Анализ холодильного оборудования. Конструкция, принцип действия	2
		Тема 2 Энергетическая эффективность холодильного оборудования.	2
		Тема 3 Схемы децентрализованного и централизованного холодоснабжения, преимущества и недостатки.	2
		Тема 4 Расчёт эффективности теплообменного, конденсаторного оборудования.	2
		Тема 5 Расчёт эффективности теплообменного, испарительного оборудования.	2
		Тема 6 Влияние приборов автоматики и вспомогательного оборудования на энергоэффективность работы холодильной машины.	2
		Тема 7 Конструкционные особенности торгового и технологического холодильного оборудования предприятий торговли	2
		Тема 8 Влияние различных хладагентов на эффективность холодильной установки.	2
		Тема 9 Современные теплоизоляционные материалы.	2

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Показатели оценивания компетенций

Образец заполнения таблицы

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Контролируемые разделы (темы) учебной дисциплины, практики[1]	Наименование оценочного средства[2]
	ПК-4. Способен использовать знания теоретических и экспериментальных методов научных исследований, принципов организации научно-исследовательской деятельности	ПК-4.1 Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований. ПК-4.2 Способен подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований.	Тема 1 Анализ холодильного оборудования. Конструкция, принцип действия	коллоквиум, тест, контрольная работа (ТМК 1)
			Тема 2 Энергетическая эффективность холодильного оборудования.	
			Тема 3 Схемы децентрализованного и централизованного холодоснабжения, преимущества и недостатки.	коллоквиум, тест, контрольная работа (ТМК 2)
			Тема 4 Расчёт эффективности теплообменного, конденсаторного оборудования.	
			Тема 5 Расчёт эффективности теплообменного, испарительного оборудования.	
			Тема 6 Влияние приборов автоматики и вспомогательного оборудования на энергоэффективность работы холодильной машины.	коллоквиум, тест, контрольная работа (ТМК 3)
			Тема 7 Конструкционные особенности торгового и технологического холодильного оборудования предприятий торговли	
			Тема 8 Влияние различных хладагентов на эффективность холодильной установки.	
			Тема 9 Современные теплоизоляционные материалы.	

Критерии и шкала оценивания по оценочному материалу коллоквиум

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответы на поставленные вопросы даны на высоком уровне (студент свободно владеет изучаемым материалом, свободно ориентируется в нормативно–законодательной базе охраны труда). Соблюдаются нормы литературной речи (количество правильных ответов > 90%)
3-4	Ответы на поставленные вопросы даны на среднем уровне (имеются неточности в терминах и определениях, однако студент владеет изучаемым материалом). Соблюдаются нормы литературной речи (количество правильных ответов >70%)
1-2	Ответы на поставленные вопросы даны на низком уровне (имеются грубые ошибки в ответах на поставленные вопросы, студент не ориентируется в нормативно–законодательной базе охраны труда). Допускаются нарушения норм литературной речи (количество правильных ответов >50%)
0	Ответы на поставленные вопросы даны на неудовлетворительном уровне (студент не ответил на поставленные вопросы). Имеются заметные нарушения норм литературной речи (количество правильных ответов <50%)

Критерии и шкала оценивания по оценочному материалу тест

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерии оценивания
5	Тесты выполнены на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% вопросов)
3-4	Тесты выполнены на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% вопросов)
1-2	Тесты выполнены на низком уровне (правильные ответы даны на 60-74% вопросов)
0	Тесты выполнены на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем 60% вопросов)

Критерии и шкала оценивания по оценочному материалу «Контрольная работа по смысловому модулю 1» (ТМК 1)

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
9-10	Контрольная работа выполнена на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% вопросов/задач)
6-8	Контрольная работа выполнена на среднем уровне (правильные ответы даны на 55-89% вопросов/задач)
3-5	Контрольная работа выполнена на низком уровне (правильные ответы даны на 40-54% вопросов/задач)
0-2	Контрольная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем 40%)

Критерии и шкала оценивания по оценочному материалу «Контрольная работа по смысловому модулю 2» (ТМК 2)

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания

9-10	Контрольная работа выполнена на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% вопросов/задач)
6-8	Контрольная работа выполнена на среднем уровне (правильные ответы даны на 55-89% вопросов/задач)
3-5	Контрольная работа выполнена на низком уровне (правильные ответы даны на 40-54% вопросов/задач)
0-2	Контрольная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем 40%)

Критерии и шкала оценивания по оценочному материалу «Контрольная работа по смысловому модулю 3» (ТМК 3)

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
9-10	Контрольная работа выполнена на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% вопросов/задач)
6-8	Контрольная работа выполнена на среднем уровне (правильные ответы даны на 55-89% вопросов/задач)
3-5	Контрольная работа выполнена на низком уровне (правильные ответы даны на 40-54% вопросов/задач)
0-2	Контрольная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем 40%)

Примерный перечень оценочных материалов

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	**2**	**3**	**4**
1	Коллоквиум	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов учебной дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися.	Вопросы по темам/разделам учебной дисциплины
2	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
3	Контрольная работа (ТМК)	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме, разделу или учебной дисциплине.	Комплект контрольных заданий по вариантам

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков

Оценочные материалы по дисциплине Б.1.В.06 «Повышение энергетической эффективности парокомпрессионных холодильных машин» разработаны в соответствии с ООП ВПО по направлению подготовки 13.04.03 «Энергетическое

машиностроение», Магистерская программа:«Холодильные машины и установки» и рабочей программы учебной дисциплины «Повышение энергетической эффективности парокомпрессионных холодильных машин».

Логика построения рабочей программы дисциплины «Повышение энергетической эффективности парокомпрессионных холодильных машин» ориентирована на формирование системы профессиональных знаний и навыков по холодильному оборудованию, которые отвечали бы новым тенденциям и перспективным требованиям подготовки высококвалифицированных специалистов.

Структура дисциплины «Повышение энергетической эффективности парокомпрессионных холодильных машин» представлена тремя смысловыми модулями: смысловой модуль 1. «Схемы холодоснабжения парокомпрессионных холодильных машин применяемых на предприятиях торговли»; смысловой модуль 2. «Увеличение эффективности холодильной машины за счёт теплообменного и вспомогательного оборудования». смысловой модуль 3. «Пути повышения энергоэффективности».

При изучении учебной дисциплины в течение семестра обучающийся может набрать максимально 40 баллов. Минимальное количество баллов составляет 20 баллов.

Система оценивания всех видов работ по учебной дисциплине «Повышение энергетической эффективности парокомпрессионных холодильных машин» приведена в таблице 1.

Таблица 1

Система начисления баллов по текущему контролю знаний

Максимально возможный балл по виду учебной работы				
Смысловые модули	Текущая аттестация			Итого
	Коллоквиум	Тест	Контрольная работа	
Смысловой модуль 1 «Схемы холодоснабжения парокомпрессионных холодильных машин применяемых на предприятиях торговли»	3	3	6	12
Смысловой модуль 2 «Увеличение эффективности холодильной машины за счёт теплообменного и вспомогательного оборудования»	3	3	7	13
Смысловой модуль 3 «Пути повышения энергоэффективности»	4	4	7	15
Итого:	10	10	20	40

Для выполнения заданий, предусмотренных оценочными материалами, обучающийся должен пройти предварительную теоретическую и практическую подготовку на лекционных и лабораторных занятиях, а также при самостоятельном изучении литературных источников.

Текущий контроль знаний обучающихся осуществляется на основании оценки систематичности и активности по каждой теме программного материала дисциплины.

Текущий контроль знаний осуществляется с помощью коллоквиумов и тестов по каждой теме, предусмотренных для отдельных тем дисциплины.

Коллоквиум - это средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов учебной дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися. Максимальное количество баллов по коллоквиуму составляет 5 баллов по каждому смысловому модулю.

Тест – это система контрольных заданий определенной формы и содержания, позволяющих объективно оценить уровень знаний по теме, разделу или учебной дисциплине в целом. Представленные тестовые задания позволяют оценить уровень знаний студентов и имеют только один верный ответ. Максимальное количество баллов по тестам составляет 5 баллов по каждому смысловому модулю.

В конце изучения каждого смыслового модуля обучающийся выполняет текущую модульную контрольную работу по закрепленному варианту. Максимально возможное количество полученных баллов по результатам решения контрольной работы составляет 6 баллов (ТМК 1), 7 баллов (ТМК 2), и 7 баллов (ТМК 3).

Промежуточная аттестация по дисциплине «Повышение энергетической эффективности парокомпрессионных холодильных машин» осуществляется в форме экзамена. Экзамен проводится в письменной форме по предложенному перечню вопросов.

Экзаменационный билет состоит из 6 вопросов, теоретического характера, по отдельным темам дисциплины. Ответ на каждое задание оценивается от 0 до 10 баллов.

Относительно распределения баллов на итоговом контроле оценки знаний, умений и навыков обучающихся по результатам выполнения заданий используется нижеприведенная шкала оценивания.

Оценка ответа на теоретические вопросы осуществляется по следующей шкале:

1-2 баллов – представлено только общее представление теоретического вопроса;

3-5 баллов – ответ содержит определение терминологии, основных положений излагаемого вопроса;

6-8 баллов – ответ содержит определение терминологии, основных положений излагаемого вопроса, прослеживается логичность последовательность изложения вопроса;

9-10 баллов – ответ содержит всестороннее освещение теоретического вопроса, прослеживается логичность и последовательность изложения.

Максимальное количество баллов за теоретические вопросы – 60 баллов (по 10 баллов за каждый вопрос).

Оценка тестовых заданий осуществляется по следующей шкале:

За каждый правильный ответ начисляется по 0,5 балла. Максимальное количество баллов за тесты составляет 4 балла.

В результате экзамена обучающийся может набрать максимально 60 баллов, а минимально – 20 баллов, которые суммируются с баллами, уже набранными на протяжении семестра.

Таблица 2

Распределение баллов, которые получают обучающиеся

Текущее тестирование и самостоятельная работа									Итого текущий контроль в баллах	Итоговый контроль (экзамен)	Сумма в баллах
Смысловой модуль N 1			Смысловой модуль N 2			Смысловой модуль N 3					
Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	Т6	Т7	Т8	Т9	40	60	100
4	4	4	5	5	5	4	4	5			

Таблица 3

Соответствие государственной шкалы оценивания академической успеваемости

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	**По государственной шкале**	**Определение**
90-100	«Отлично» (5)	отлично – отличное выполнение с незначительным количеством неточностей
75-80	«Хорошо» (4)	хорошо – в целом правильно выполненная работа с незначительным количеством ошибок (от 10 % до15 %)
60-74	«Удовлетворительно» (3)	удовлетворительно – неплохо, но со значительным количеством недостатков; выполнение удовлетворяет минимальные критерии

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	По государственной шкале	Определение
0-59	«Неудовлетворительно» (2)	неудовлетворительно – с возможностью повторной аттестации; с обязательным повторным изучением дисциплины (выставляется комиссией)

Примеры типовых контрольных заданий

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий национальный университет экономики и торговли
имени Михаила Туган-Барановского»

Кафедра_____холодильной и торговой техники имени Осокина В.В._____
(наименование кафедры)

РАБОТА СТУДЕНТА №1
по дисциплине «**Повышение энергетической эффективности парокомпрессионных холодильных машин**»

на тему: **Исследование цикла работы холодильной установки на базе холодильника норд ДХ – 239/7. Расчет основных параметров теоретического цикла по термодинамическим диаграммах.**

Вариант № _____

Выполнил (а)_____Ф.И.О_____

Студент (кА) 1 курса группы _____

Направление подготовки _____ ,

профиль _____

Проверил:

канд. техн. наук., доцент_____Дёмин М.В.

Донецк 20___г.

Исследование цикла работы холодильной установки на базе холодильника Норд ДХ – 239/7. Расчет основных параметров теоретического цикла по термодинамическим диаграммам.

Цель работы: 1. Приобрести навыки в определении оптимальных режимов работы холодильных машин.
2. Освоить методику построения циклов паровых компрессионных холодильных машин в диаграммах состояния рабочих тел.
3. Изучить методику теплового расчёта паровых компрессионных холодильных машин.

При подготовке к работе необходимо изучить термодинамические процессы, происходящие в различных элементах холодильных машин, свойства холодильных агентов, теоретические циклы и принципиальные схемы паровых холодильных машин.

Порядок и методические указания по выполнению работы

Процессы, происходящие при работе холодильной машины, наиболее просто рассчитываются графически по тепловым диаграммам. Для этих целей чаще всего используют диаграммы: энтропия-температура (*S-T*) и энтальпия-давление (*i-lgP*) (рис. 1, 2). В тепловых расчётах холодильных циклов и при анализе отдельных термодинамических процессов используют также таблицы насыщенных паров холодильных агентов, составленные на основании экспериментальных исследований.

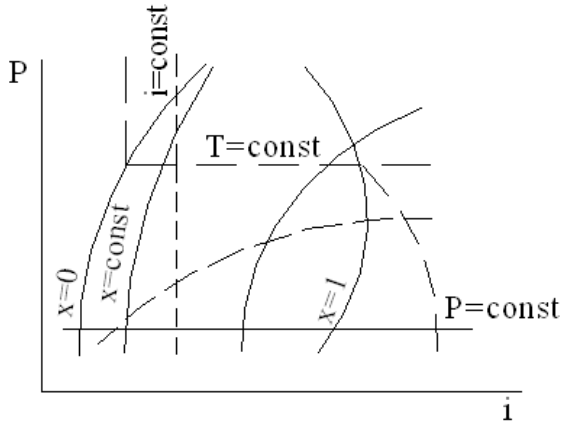


Рисунок 1 – i-P диаграмма

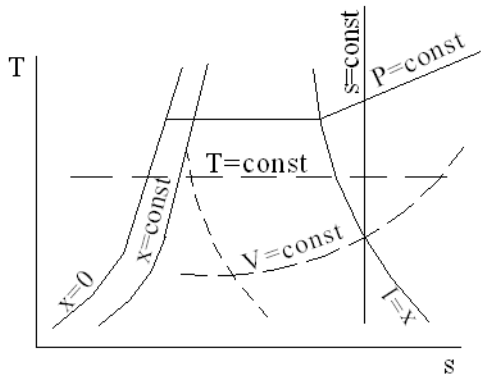


Рисунок 2 – s-T диаграмма

Последовательными стадиями расчета графическим методом являются: установление исходных условий и величин, необходимых для расчета; построение проектируемого холодильного цикла в диаграммах состояния рабочих тел, согласно рассчитанным исходным данным; определение параметров холодильного агента в узловых точках цикла; тепловой расчет цикла.

1. Исходными данными для определения оптимальных расчетных режимов работы, необходимых для построения цикла и теплового расчета, являются: холодопроизводительность машины, холодильный агент, температура

охлаждаемого объекта, температура охлаждающей конденсатор среды и система охлаждения.

Исходные данные выбираются (назначаются преподавателем) из таблицы 1 для каждого студента в отдельности по вариантам.

Установление оптимального температурного режима работы сводится к определению температур кипения холодильного агента t_o, его конденсации t_K, переохлаждения жидкого хладагента перед регулирующим вентилем t_n и температуры паров, всасываемых компрессором $t_{вс}$.

Указанные температуры определяют в зависимости от назначения холодильной машины, технологических требований, предъявляемых к охлаждаемому объекту и температуры окружающей среды (воды или воздуха). Эта зависимость обычно следующая:

t_0 принимают на 7-10 °С ниже температуры воздуха в охлаждаемом объекте, а для ребристых испарителей малых хладоновых холодильных установок холодопроизводительностью до 12 кВт на 8-13 °С ниже температуры охлаждаемого объекта. В свою очередь температура охлаждаемого объекта устанавливается, исходя из технологических требований. При охлаждении промежуточным теплоносителем (рассолом) t_0 принимают на 13-16 °С ниже температуры воздуха охлаждаемого объекта. В этом случае разность температур рассола и кипения хладагента составляет 4-6 °С.

Таблица 1 – Исходные данные

№ варианта	Холодопроизводительность, кВт	Температура охлаждаемого объекта, °С	Холодильный агент	Температура охлаждающей воды, °С	Температура охлаждающего воздуха, оС	Система охлаждения
1	20	+2	R134a	25	-	непосредственная
2	36	0	R22	-	29	непосредственная
3	25	-5	R717	18	-	рассольная
4	42	+4	R507	20	-	непосредственная
5	48	-10	R404a	-	31	непосредственная
6	22	-5	R404a	24	-	непосредственная
7	30	0	R134a	19	-	непосредственная
8	28	+4	R507	-	32	непосредственная
9	15	-8	R717	23	-	рассольная
0	32	+4	R22	-	33	непосредственная

$t_к$ зависит от температуры охлаждающей воды в случае, если конденсатор водяного охлаждения, и от температуры окружающего воздуха, если конденсатор воздушного охлаждения. При воздушном охлаждении tк принимают на 8-12°С выше температуры наружного воздуха (меньшие значения принимать для холодильных машин средней холодопроизводительности). При применении конденсаторов водяного охлаждения tк принимают на 7-10°С выше температуры поступающей воды.

$\mathbf{t_{вс}}$ принимают в аммиачных установках одноступенчатого сжатия и машинах, работающих на R507, R404a, R22 на 5-15°С выше температуры кипения, а в хладоновых установках с регенеративным теплообменником на 25-45°С выше температуры кипения.

$\mathbf{t_{п}}$ обычно принимают на 3-4°С ниже температуры конденсации в холодильных установках, работающих на R507, R404a, R22 и R717, а для хладоновых холодильных установок с регенеративным теплообменником температуру переохлаждения находят по энтальпии жидкости, выходящей из теплообменника, которую, в свою очередь, находят из теплового баланса теплообменника (определение энтальпии жидкости смотри ниже в разделе 2).

2. После установления оптимального температурного режима в диаграммах состояния рабочих тел наносится цикл работы холодильной машины.

В области насыщенного пара тепловых диаграмм отыскивается изотерма (она же изобара), соответствующая рассчитанной t_0. При пересечении этой изотермы с правой пограничной кривой отмечают точку 1', характеризующую окончание процесса кипения жидкого хладагента в испарителе. Для обеспечения «сухого хода» компрессора пар обычно перегревается во всасывающем трубопроводе или регенеративном теплообменнике, т.е. на пути хладагента из испарителя к компрессору. Поэтому точка 1, характеризующая состояние пара на входе в компрессор, определяется в области перегретого пара пересечением изобары кипения с изотермой, соответствующей температуре всасываемых паров $t_{вс}$.

В области насыщенного пара диаграммы, но выше изотермы кипения, отыскивается изотерма (она же изобара) конденсации, соответствующая рассчитанной $t_к$. При пересечении этой изотермы с правой пограничной кривой отмечается точка 2', характеризующая начало процесса конденсации, а с левой пограничной кривой – точка 3', характеризующая завершение конденсации пара.

В области перегретого пара диаграммы определяется точка 2 пересечением адиабаты, проходящей через точку 1 и изобары, проходящей через точку 2'. Полученная точка 2 характеризует состояние хладагента в конце сжатия в компрессоре.

В области ненасыщенной жидкости диаграммы, левее пограничной кривой x=0, определяется точка 3, характеризующая состояние переохлаждённого жидкого агента перед регулирующим вентилем, пересечением изобары, проходящей через точку 3', с изотермой, соответствующей рассчитанной $t_п$ (для аммиачных установок и хладоновых на R22). Для хладоновых холодильных установок с регенеративным теплообменником точка 3 определяется пересечением изобары, проходящей через точку 3', с линией постоянной энтальпии в точке 3, которая находится из теплового баланса регенеративного теплообменника:

$$i_{3'} - i_3 = i_1 - i_{1'}, \text{ откуда:} \qquad i_3 = i_{3'} - (i_1 - i_{1'}).$$

Из полученной точки 3 проводится изоэнтальпа до пересечения с изотермой кипения. Полученная пересечением указанных линий точка 4 характеризует состояние хладагента, поступающего в испаритель после дросселирования.

Соединяя полученные точки соответствующими линиями процесса, строят холодильный цикл.

3. Пользуясь диаграммой состояния рабочих тел с нанесёнными на неё холодильным циклом, определяют параметры холодильного агента в узловых точках цикла. Численные значения параметров, необходимые в тепловых расчётах отдельных процессов цикла, определяют по значению соответствующих линий, проходящих через узловые точки цикла.

Таблица 1 – Параметры узловых точек цикла

Номер точки	Давление, МПа	Температура °С,	Степень сухости	Энтальпия, кДж/кг	Энтропия кДж/кг• К	Удельный объём пара, $м^3/кг$
1						
1’						
2						
2’						
3						
3’						
4						

Используя численные значения параметров в узловых точках, производят тепловой расчёт цикла в следующем порядке.

Удельная массовая холодопроизводительность:
Удельное количество тепла, отводимое в конденсаторе:
Холодильный коэффициент цикла:
Масса хладагента, циркулирующего в единицу времени:
Удельная объёмная холодопроизводительность:
Объёмная теоретическая производительность компрессора:
Тепловая нагрузка на конденсатор или количество теплоты, отведённое в конденсаторе:
Теоретическая мощность, потребляемая компрессором:

Контрольные вопросы

1. Состояние и перспективы развития холодильной техники.
2. Холодильные агенты. Общая характеристика.
3. Теплообменные аппараты. Назначение, требования к ним.
4. Организация разработки и этапы создания новой техники.
5. Обоснование значения главного параметра проектируемого оборудования.
6. Основные принципы проектирования торгового холодильного оборудования.
7. Как определить действительный объем пара хладагента, засасываемого компрессором?
8. Как определяют теоретическую (адиабатическую) мощность компрессора?

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий национальный университет экономики и торговли
имени Михаила Туган-Барановского»

Кафедра_____холодильной и торговой техники имени Осокина В.В._____
(наименование кафедры)

РАБОТА СТУДЕНТА №2
по дисциплине «**Повышение энергетической эффективности парокомпрессионных холодильных машин**»

на тему: **Исследование динамических характеристик поршневого компрессора. Построение расчётной индикаторной диаграммы.**

Вариант № _____

Выполнил (а)_____Ф.И.О_____

Студент (кА) 1 курса группы _____

Направление подготовки _____ ,

профиль _____

Проверил:

канд. техн. наук., доцент_____Дёмин М.В.

Донецк 20___г.

Исследование динамических характеристик поршневого компрессора. Построение расчётной индикаторной диаграммы.

Цель работы: сравнение теоретического и действительного рабочего процесса поршневого компрессора, и его характеристик.

К выполнению практической работы следует приступать после освоения учебного материала курсов «Гидравлика», «Теплотехника», «Холодильное оборудование отрасли». Только синтез знаний, полученных при изучении этих учебных дисциплин, позволит выполнить практическую работу качественно и закрепить необходимые теоретические навыки.

Для каждого студента предусмотрен индивидуальный вариант задания в зависимости от номера его зачётной книжки.

Практическая работа, выполненная не по варианту, к защите не допускается.

При выполнении практической работы необходимо:

- указать шифр зачётной книжки;
- выписать исходные данные в соответствии со своим вариантом;
- построить расчетную индикаторную диаграмму графическим методом;
- все вычисления проводить в единицах системы СИ;
- в конце работы привести список использованной литературы.

Текст практической работы должен быть выполнен чернилами синего (фиолетового) или чёрного цветов. Расчетная индикаторная диаграмма выполняется карандашом либо чёрными чернилами. Допускается набор текста контрольной работы на персональном компьютере.

При защите контрольной работы студент должен показать знание учебного материала, продемонстрировать умение принимать инженерные решения.

Задания на практическую работу

Построить расчетную индикаторную диаграмму графическим методом, в соответствии с исходными данными. Данные для выполнения практической работы принять из таблицы 1.

Таблица 1 – Исходные данные для выполнения контрольной работы

последняя цифра шифра	s, м	$t_о$, °С	$t_к$, °С	$d_п$, м	хлад агент	предпоследняя цифра шифра	$Q_к$, кВт	$T_{св}$, К	$T_{нв}$, К	ψ_1, %
0	0,014	-20	26	0,020	R 22	0	150	300	315	40
1	0,018	-18	28	0,025	R134a	1	175	290	300	35
2	0,020	-16	30	0,030	R 717	2	270	310	305	30
3	0,024	-14	32	0,035	R 22	3	185	285	310	45
4	0,026	-12	34	0,040	R134a	4	280	290	295	30
5	0,030	-10	36	0,045	R 717	5	285	310	290	35
6	0,032	-8	38	0,050	R 22	6	310	300	315	45
7	0,034	-6	40	0,055	R134a	7	320	295	310	40

8	0,036	-4	42	0,060	R 717	8	165	280	300	45
9	0,040	-2	44	0,065	R 22	9	200	290	305	35

Построение расчетной индикаторной диаграммы

Силы, действующие в компрессоре, изменяются в зависимости от угла поворота кривошипа. Для определения максимальных, минимальных и средних за цикл значений нагрузки деталей кривошипно-шатунного механизма строят диаграммы сил, позволяющие оценить характер нагружения и по соответствующей методике найти напряжения или запасы прочности.

Известны аналитический и графический методы построения расчетных индикаторных диаграмм. Графический метод построения по способу Брауэра основан на уравнении $(tg\varphi + 1)^n = tg\psi + 1$, устанавливающем связь между координатами определенных точек политропы и разностями координат этих точек.

Индикаторная диаграмма *adec′cbfa′a* строится в системе координат s, $p_y F_П$. По оси абсцисс в принятом масштабе m_s откладывают значение мертвого пространства $s_0 = c_0 s$, *м* ($c_0 = 0,05$) и ход поршня s, *м* (рис. 2). По оси ординат в масштабе m_p откладывают силы от давления пара на поршень. Ордината, соответствующая p_y, $y = m_p p_y F_п$.

Потери давления на всасывании и нагнетании в отсутствие расчета гидравлических потерь: для *R22* и *R134a* $\Delta p_{вс} = (0,05 \div 0,1) p_0$, $\Delta p_н = (0,1 \div 0,15) p_к$, для *R717* $\Delta p_{вс} = (0,03 - 0,05) p_0$, и $\Delta p_н = (0,05 \div 0,07) p_к$.

Необходимо принять: $\Delta p_{вс}$, $\Delta p_н$

Сила от давления всасывания $p_{вс} F_п = (p_0 - \Delta p_{вс}) F_п$. Сила от давления кипения $p_0 F_п$. Сила от давления конденсации $p_к F_п$. Сила от давления нагнетания $p_н F_п = (p + \Delta p_н) F_п$.

При построении политроп сжатия и обратного расширения необходимо провести вспомогательный луч из начала координат под произвольным углом φ к оси абсцисс (рекомендуется $\varphi = 15°$) и задаться значениями показателей политропы сжатия n_c и обратного расширения n_p. Для аммиачных компрессоров $n_p = 1,1 \div 1,15$ и $n_c = 1,2 \div 1,25$; для хладоновых компрессоров $n_p = 1 \div 1,05$ и $n_c = 1,05 \div 1,1$.

Для построения точек политропы сжатия используются вспомогательные лучи, проведенные из начала координат под углом ψ_c к оси ординат, а для политропы расширения – луч, проведенный под углом ψ_p.

Угол вспомогательного луча ψ_c для политропы сжатия находят из уравнения $(tg\varphi + 1)^{nc} = tg\psi_c + 1$, для политропы расширения ψ_p– уравнение вида $(tg\varphi + 1)^{np} = tg\psi_p + 1$. Построение, показанное на рис. 2, позволяет находить по точке c' точку политропы сжатия e.

Порядок построения следующий: из точки c' с координатами $(s + s_0)$; $p_0 F_п$ опустить перпендикуляр $c'h$ на ось абсцисс, из точки h под углом $45°$ к оси абсцисс провести линию hg до пересечения со вспомогательным лучом ($\varphi = 15°$). Из точки g восстановить перпендикуляр. Затем из точки c' провести горизонталь

до пересечения с лучом (ψ_c) в точке *l*. Из точки *l* под углом *45°* к оси ординат провести прямую до пересечения с осью ординат в точке *m*. Из точки *m* провести горизонталь до пересечения в точке *e* с перпендикуляром, восстановленным из точки *g*. Точка *e* лежит на политропе сжатия. Последовательное повторение приведенного построения позволит получить политропу сжатия. Порядок построения политропы расширения аналогичен. Начало построения из точки *a'* с координатами s_0; $p_к F_п$.

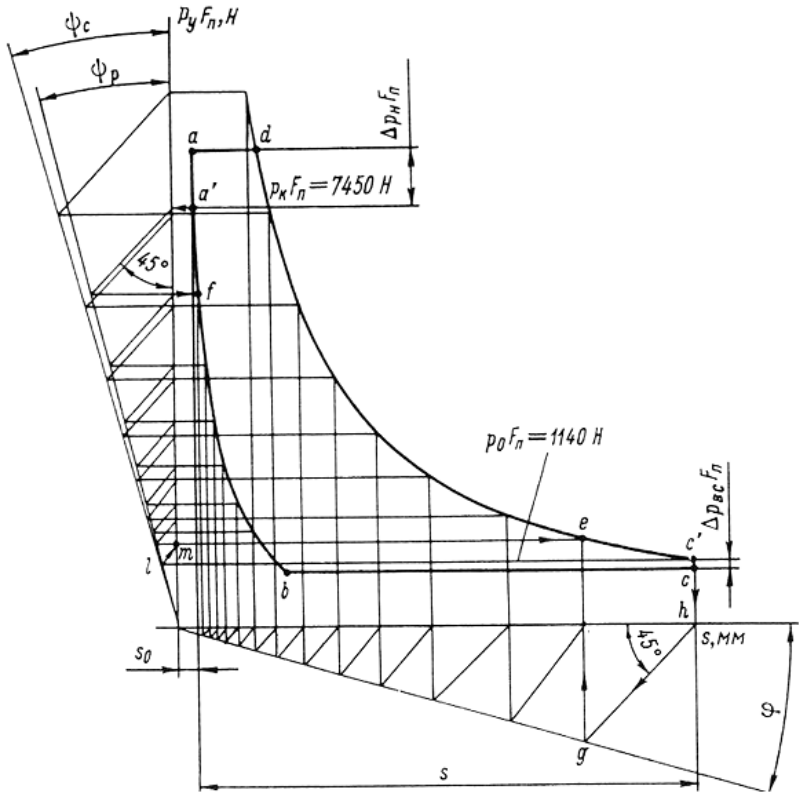


Рисунок 2 - Расчетная индикаторная диаграмма

Контрольные вопросы

1. Особенности конструкции поршневых компрессоров.
2. Теоретический и действительный рабочий процессы поршневого компрессора.
3. Особенности процессов, происходящих в реальных компрессорах, в сравнении с теоретическим.
4. Объемные потери в компрессорах.
5. Энергетические потери в компрессорах.
6. Тепловой расчет поршневого компрессора холодильной машины.
7. Основные размеры и параметры поршневых компрессоров.
8. Общая методика расчета поршневых компрессоров.
9. Конструктивные расчеты поршневого компрессора холодильной машины.
10. Газодинамический расчет поршневого компрессора.
11. Динамический расчет поршневого компрессора холодильной машины.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий национальный университет экономики и торговли
имени Михаила Туган-Барановского»

Кафедра_____холодильной и торговой техники имени Осокина В.В._____
(наименование кафедры)

РАБОТА СТУДЕНТА №1
по дисциплине «**Повышение энергетической эффективности парокомпрессионных холодильных машин**»

на тему: **Испытание льдогенератора «ICE CUBE MAKER 12» при изменяемых условиях.**

Вариант № _____

Выполнил (а)_____Ф.И.О_____

Студент (кА) 1 курса группы _____

Направление подготовки _____ ,

профиль _____

Проверил:

канд. техн. наук., доцент_____Дёмин М.В.

Донецк 20___г.

Испытание льдогенератора «ICE CUBE MAKER 12» при изменяемых условиях.

Цель работы: 1. Изучение устройства и принципа действия льдогенератора, усвоение правил его обслуживания и безопасной эксплуатации.

2. Определение фактической производительности льдогенератора и расчетной тепловой нагрузки на холодильную установку.

Теоретические сведения

Искусственный водный лед изготовляют из пресной или морской воды и рассолов в льдогенераторах непосредственного и рассольного охлаждения. По форме выпускается лед блочный, плиточный, цилиндрический (трубчатый), чешуйчатый и снежный.

При расчете льдогенераторов определяют их производительность, продолжительность замораживания, тепловую нагрузку на аппараты. После расчета осуществляют подбор холодильного оборудования (испарителей, компрессоров, конденсаторов, насосов для воды и др.).

В связи с большим разнообразием форм льда и типов льдогенераторов расчеты выполняют с использованием различных зависимостей. При этом продолжительность замораживания определяют с помощью соотношения Р. Планка, представленного в различных вариантах.

Описание лабораторного стенда

Лабораторная установка (рисунок 1) состоит из собственно льдогенератора, прибора для измерения температуры с термопарами, подсоединенными к теплообменным аппаратам льдогенератора, систем подачи водопроводной воды и отвода её в канализацию.



Рисунок 1 – Общий вид установки для испытания льдогенератора:
1, 2, 3, 4, 5, 6 – сигнальные лампы; 7 – кнопка включения льдогенератора;

8 – кнопка меню; 9 – верхняя крышка

Льдогенератор предназначен для получения пищевого льда или замороженных напитков в виде гранул. Он имеет герметичный холодильный агрегат (рисунок 2), систему управления, подвижные резервуары и ванну для воды, систему подъема и опускания резервуара и ванны, резервуар для льда (термостат), установленных в корпусе. На лицевой панели льдогенератора расположены кнопка 7 включения и выключения льдогенератора; сигнальные лампы 1-6; кнопка 8 меню (выбор функций работы). Корпус закрывается сверху легкосъемной крышкой 9.

Льдогенератор работает следующим образом.

Пары холодильного агента R134a сжимаются в компрессоре 1 до 0,6...0,8 МПа и нагнетаются в конденсатор 2 (рисунок. 3).

Рабочая жидкость конденсируется, отдавая теплоту наружному воздуху. Жидкий R134a затем проходит через фильтр-осушитель 3, где удаляются следы воды и осуществляется контрольная фильтрация. После фильтрации R134a поступает в регенеративный теплообменник 4, в котором происходит теплообмен между жидким хладагентом и его парами, идущими из испарителя.

В терморегулирующем вентиле 6 давление R134a снижается до 0,08...0,10 МПа, и холодильный агент в виде парожидкостной смеси поступает в испаритель 5, где кипит, отнимая теплоту у замораживаемой воды. Пары R134a проходят через регенеративный теплообменник 4 и засасываются в компрессор.

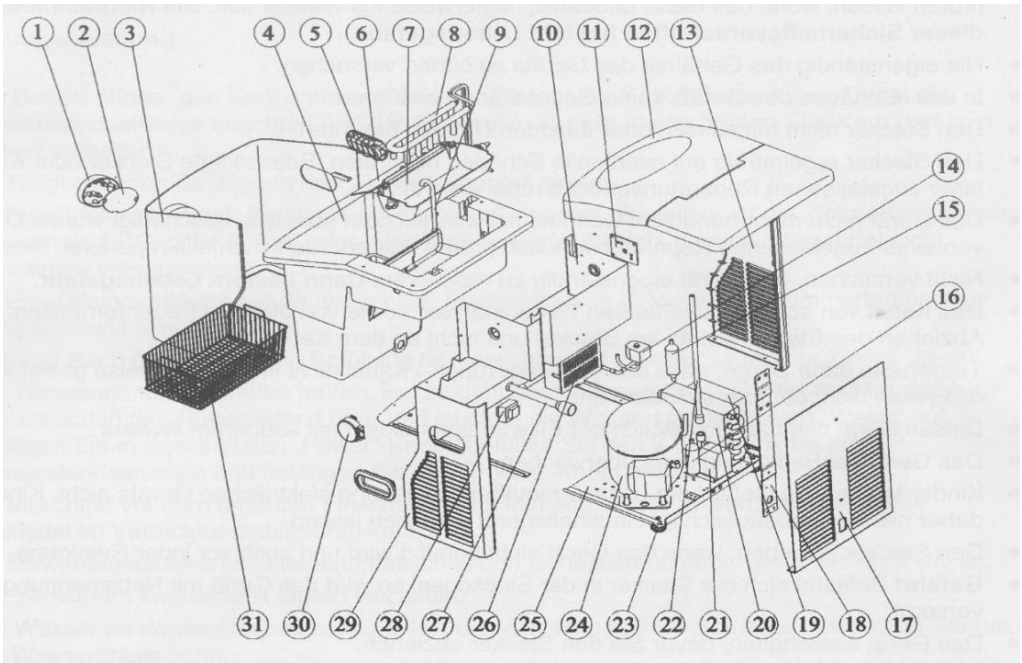


Рисунок 2 – Основные элементы и устройство льдогенератора «Ice cube maker 12»
1. Панель управления; 2. Дисплей; 3. Передняя панель; 4. Ёмкость для хранения воды; 5. Фильтр для очистки воды; 6. Зачерпывающее устройство; 7. Подвижная ванна для получения льда; 8. Испаритель; 9. Водопровод гибкий; 10. Стальной корпус; 11. Крепление; 12. Крышка; 13. Левая сторона корпуса; 14. Фильтр; 15. Клапан; 16. Переохладитель жидкости; 17. Задняя панель корпуса; 18. Скобы -

пластины; 19. Вентилятор охлаждения; 20. Блок конденсатора; 21. Водяной насос; 22. Гибкий шланг; 23. Ножка; 24. Компрессор; 25. Нижняя пластина; 26. Устройство управления; 27. Шланг слив воды; 28.Трансформатор; 29. Правая сторона корпуса; 30. Двигатель подвижной ванны; 31. Корзина для сбора льда.

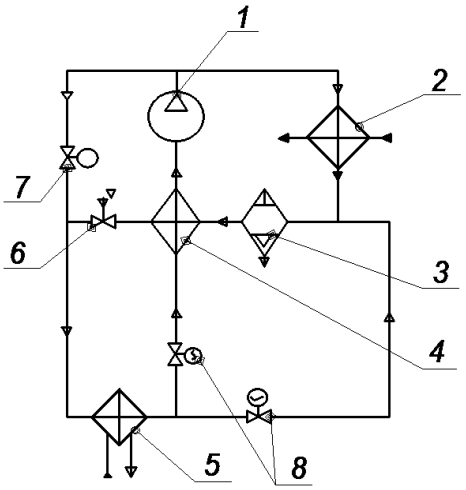


Рисунок 3 – Схема холодильной установки льдогенератора:
1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – фильтр-осушитель; 4 - регенеративный теплообменник; 5 – испаритель; 6 – терморегулирующий вентиль; 7,8 – электромагнитные клапаны

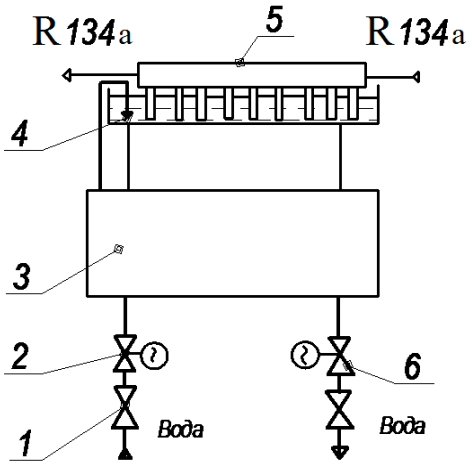


Рисунок 4 – Гидравлическая схема льдогенератора:
1 – запорный вентиль; 2, 6 – электромагнитные клапаны; 3 – подвижный резервуар; 4 – подвижная ванна; 5 – испаритель

К трубкам испарителя припаяны медные хромированные цапфы, которые оказываются погруженными в воду при заполненной подвижной ванне. Вследствие высокой теплопроводности меди температура цапф близка к температуре кипения фреона. Вода намерзает на цапфах в виде чашек (гранул), размер которых контролируется датчиком. По окончании стадии намораживания автоматически открываются электромагнитные клапаны 7, 8 и горячие пары фреона из компрессора поступают непосредственно в испаритель. Гранулы льда подтаивают. После освобождения цапф от гранул льда электромагнитные клапаны 7 и 8 закрываются.

Вода подается из ёмкости через вентиль 1 (рисунок 4). После включения льдогенератора открывается электромагнитный клапан 2, и вода поступает в подвижный резервуар 3, связанный тягами с подвижной ванной 4. Масса резервуара увеличивается, он опускается вниз. При этом ванна 4 поворачивается и занимает горизонтальное положение. Вода по трубке наливается в ванну до уровня, контролируемого датчиком. При соприкосновении электрода датчика с водой электромагнитный клапан 2 закрывается. Включается холодильная установка. Льдогенератор работает в системе намораживания.

Техническая характеристика

Средняя масса льда, получаемого в течение одного рабочего цикла…….0,10 кг

Масса льда, получаемого за сутки……..3,60 кг

Расход воды на один цикл……0,42 дм^3
Максимальная масса льда в наполненном
Термостате……1,0 кг
Холодильный агент…….. R134a
Масса хладагента……..75 грамм
Максимальная мощность……0,130 кВт
Габаритные размеры……..528×470×580 мм
Масса……10,0 кг

Когда размер гранул льда на цапфах достигнет заданного значения, компрессор выключается. Открывается выпускной электромагнитный клапан 6. Вода из подвижного резервуара 3 вытекает в ёмкость. Резервуар поднимается. Ванна 4 поворачивается вокруг оси и занимает вертикальное положение. Незамерзшая вода из ванны стекает также в ёмкость. Ванна нажимает на язычок датчика положения. Льдогенератор начинает работать в режиме оттаивания.

Слой льда, соприкасающийся с цапфами, подтаивает. Гранулы льда освобождаются и падают на решетку. Время оттаивания устанавливается автоматически. Электромагнитный клапан 6 закрывается и цикл повторяется.

Если термостат полностью заполнится гранулами льда, льдогенератор автоматически отключается, пока лёд не будет отобран. Сигнальные лампы на передней панели показывают стадии цикла работы.

Порядок выполнения работы

Снимите верхнюю крышку 9 (рисунок 1). Определите размеры подвижной ванны: длину *l,* м, ширину *b,* м, высоту *h,* м. Подсчитайте количество цапф испарителя *n*, шт их диаметр *d,* м.

Прикрепите термопары ТХК (L) измерителя-регулятора ОВЕН ТРМ 138 предназначен для измерения, регистрации и регулирования температуры к поверхностям теплообменных аппаратов льдогенератора: первую – к трубопроводу подвода паров хладагента к компрессору, вторую – к трубопроводу отвода сжатых паров хладагента от компрессора, третью – к поверхности компрессора, четвертую – на трубопроводе перед терморегулирующим вентилем, пятую – после терморегулирующего вентиля, шестую – в ванне на расстоянии 2...3 мм от цапфы испарителя.. Включите льдогенератор.

При заполнении подвижной ванны водой измерьте линейкой высоту её слоя $h_в$, м и глубину погружения цапф в воду $h_ц$, м. Внесите эти данные в табл. 1. Закройте крышку льдогенератора. Все последующие измерения проводите через два цикла работы льдогенератора. Секундомером замерьте время отдельных операций цикла работы льдогенератора и занесите данные в табл. 2.

Таблица 1- Протокол измерений

Длина ванны l, м	
Ширина ванны b, м	
Высота ванны h, м	
Количество цапф n	
Диаметр цапфы $d_ц$, м	
Высота слоя воды $h_в$, м	
Глубина погружения цапфы в воду $h_ц$, м	

Таблица 2- Протокол испытаний

Время, с: заполнения резервуара $\tau_р$	
подъема ванны $\tau_п$	
заполнения ванны $\tau_в$	
намораживания гранул $\tau_н$	
опускания ванны τ_0	
оттаивания гранул $\tau_{ог}$	
полного цикла T	

Откройте крышку льдогенератора и штангенциркулем измерьте наружный диаметр гранулы льда d_r, м. Закройте крышку. Все гранулы льда, получаемые за цикл, поместите в поддон и определите их массу $G_г$, кг. В течение цикла определите температуру на поверхностях теплообменных аппаратов холодильного агрегата, начальную температуру воды $t_в$, ^{0}С и конечную среднюю температуру гранулы льда $t_г$, ^{0}С при помощи вычислительного комплекса ОВЕН. Замеры произведите в течение 2...3 циклов. Результаты внесите в табл.3.

Таблица 3 – Протокол испытаний

Наружный диаметр гранулы льда	d_r, м	
Температура, °С: кипения хладагента	t_0	
перед всасывающим вентилем	t_1	
после компрессора	t_2	
конденсации	$t_к$	
перед терморегулирующим вентилем	t_3	
нагрева испарителя при оттаивании гранул льда	$t_{от}$	
воды начальная	$t_в$	
гранулы средняя	$t_г$	
Масса гранул льда, получаемых за цикл	$G_г$, кг	

Расчетная часть

Средняя масса гранул льда, получаемых за один цикл, $G_г$, кг

Фактическая производительность льдогенератора $П$ (кг/ч)

Масса воды $m_в$, кг, находящейся в ванне льдогенератора для замораживания

Тепловая нагрузка Q, кВт на холодильную установку льдогенератора

Теплопритоки от воды $Q_в$, кВт

Масса льда $G_л$, кг, получаемого за цикл работы льдогенератора

Теплопритоки от металлоконструкций $Q_м$, кВт

Теплопритоки от окружающей среды Q_0, кВт определите из соотношения

По известным значениям температур $t_к$, t_3, t_0, t_1 постройте цикл работы холодильной установки на $lg\ p$ - i диаграмме. Определите теплосодержание (кДж/кг) холодильного агента в характерных точках i_1, i_2, i_3, i_4 и рассчитайте основные параметры цикла.

Удельная холодильная мощность q_0, кДж/кг

Удельная работа компрессора L, кДж/кг

Удельная теплота конденсации $q_к$, кДж/кг

Холодильный коэффициент

Масса холодильного агента, циркулирующего в системе, G, кг/с

Теоретическая мощность компрессора N_m, кВт

Расчетная мощность компрессора N_e, кВт

где η_i – индикаторный коэффициент (η_i=0,87); η_i – механический КПД (η_i =0,9).

Сравните расчетную и фактическую мощности компрессора, в случае несовпадения сделайте выводы.

Контрольные вопросы

1. Приведите классификацию оборудования для производства льда.
2. Как поддерживается уровень воды в ванне льдогенератора и что произойдет, если термостат будет переполнен льдом?
3. Что произойдет при утечке хладагента из системы и как обнаружить утечку?
4. Какие холодильные агенты применяются в промышленности? Области их применения.
5. Для чего применяется в схеме холодильной установки регенеративный теплообменник?

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры, на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения.	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков

Методические материалы должны отражать основные сведения о каждом оценочном средстве, используемом в ходе изучения учебной дисциплины (практики) для контроля результатов обучения.

В данный раздел в зависимости от используемых оценочных средств могут быть включены следующие материалы:

- требования к выполнению контрольного задания (рекомендуемые объем, структура, содержание, оформление и т.д.);
- регламент выполнения (контрольный срок сдачи, нормативный срок выполнения, технические условия проведения и т.д.);
- описание процедуры проведения промежуточной аттестации по учебной дисциплине (экзамен, зачет): форма проведения (устная, письменная), вид (собеседование, решение задач, тест, презентация и т.д.), при необходимости требования к техническому оснащению (компьютер, ПО и т.д.) и прочее.

Конкретный перечень методических материалов зависит от используемых оценочных материалов, решение о включении тех или иных методических материалов принимает разработчик (разработчики) самостоятельно.