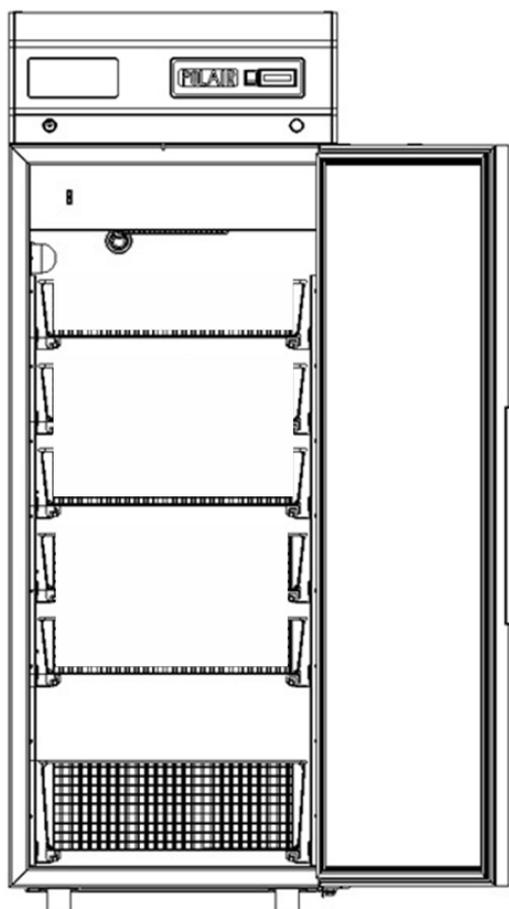


С.С. Муравейников

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ШКАФОВ ХОЛОДИЛЬНЫХ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ



Санкт-Петербург  
2021

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

С.С. Муравейников

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ШКАФОВ ХОЛОДИЛЬНЫХ  
ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ  
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**

РЕКОМЕНДОВАНО К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В УНИВЕРСИТЕТЕ  
ИТМО

по направлению подготовки 16.03.03 Холодильная, криогенная  
техника и системы жизнеобеспечения, 16.03.03 Низкотемпературная  
энергетика в качестве учебно-методического пособия для реализации  
основных профессиональных образовательных программ  
высшего образования бакалавриата

 УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Санкт-Петербург  
2021

Муравейников С.С. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ШКАФОВ  
ХОЛОДИЛЬНЫХ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ – СПб: Университет ИТМО,  
2021 г. – 30 с.

Рецензенты:

Сулин Александр Борисович, доктор технических наук, профессор (квалификационная категория " ординарный профессор") факультета энергетики и экотехнологий, Университета ИТМО.

В данном пособии рассмотрены основные методы и порядок проведения испытаний и сравнительный анализ шкафов холодильных фармацевтических. Лекарственные препараты играют важное значение в современной медицине. Одной из важнейших задач, которые приходится решать потребителям подобной продукции, является их хранение. При хранении лекарственных препаратов должны соблюдаться условия, обеспечивающие сохранность их высокого качества, а также обеспечивающие защиту препаратов от воздействия температуры окружающей среды.

 УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

**Университет ИТМО** – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 в 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Университет ИТМО, 2021

© Муравейников С.С., 2021

## Содержание

Термины и определения	4
Обозначения и сокращения	5
Введение	6
Цели и задачи работы	8
Наименование и обозначение объекта испытания	9
Этапы выполнения испытаний	10
Методы испытаний	12
Задания, контрольные вопросы	16, 21
Заключение	25
Список рекомендуемой литературы	25
Приложение	26

## Термины и определения

В настоящем пособии применяют следующие термины с соответствующими определениями:

Потребление энергии –	энергия, потребляемая холодильным прибором в течении 24 ч.
Испытательный пакет –	имитатор продуктов, используемый для загрузки во время испытаний отделений, представляют собой кюветы с дистиллированной водой, закрытые крышкой. Габариты: 200 x 100 x 50 мм, массой 1000 г.
Пакет «М» –	испытательный пакет, оснащенный датчиком температуры, размещенным в геометрическом центре этого пакета
Рабочий цикл –	период между двумя последовательными остановками холодильной системы или ее части в установившемся режиме
Установившийся режим –	условия, при которых средние значения температуры и потребления энергии холодильного прибора стабильны
Температура окружающей среды –	температура, измеренная вблизи холодильного прибора во время испытаний
Хладагент –	вещество, используемое для переноса тепла в холодильной системе путем поглощения тепла при низкой температуре и низком давлении жидкости и восстановления тепла при более высокой температуре и давлении — процесса, сопровождающегося изменением агрегатного состояния вещества
Конденсатор –	теплообменник, в котором испаренный хладагент сжижается, отдавая тепло внешней холодной среде
Испаритель –	теплообменник, в котором жидкий хладагент испаряется, поглощая тепло охлаждаемой среды

Контроллер –	устройство автоматического регулирования холодильной системы, действующее в зависимости от температуры в испарителе, температуры в камере
«Уставка» контроллера –	температурный режим, установленный на контроллере

### **Обозначения и сокращения**

В настоящем пособии применяют следующие сокращения и обозначения:

$\tau$ –	Время, с
T, t –	температура, °C
ХШ –	холодильный шкаф
ХК –	холодильная камера
ЛП –	лекарственные препараты

## Введение

Учебно-методическое пособие предназначено для дисциплины «Теплообменные аппараты компрессорных холодильных машин» и занимает у студентов 8 академических часов.

В результате выполнения работы студенты приобретают следующие знания, навыки и умения:

знание базовых общенаучных закономерностей;

знание профессиональных требований и технических регламентов;

умение работать с технической документацией (проектная документация, инструкции по монтажу, эксплуатации и ремонту, диаграммы, схемы и чертежи);

знание гидравлических схем хладагента, хладоносителя и дренажа;

навыки проверки герметичности;

навыки электромонтажных операций и контрольных проверок перед пуском;

знание электрических принципов и правил построения электросхем.

Лабораторная работа делится на две части:

1. Температурные испытания;
2. Испытание на потребление электроэнергии.

В настоящее время в сфере здравоохранения широкое применение имеют фармацевтические холодильники, используемые для хранения большого ассортимента лекарственных средств [1]. Данные холодильники, как правило, обеспечивают рабочий диапазон температур от 0 до +20 °С, но, в связи с конструктивными особенностями, не обеспечивают стабильных температурных характеристик и не исключают возможности образования локальных зон отрицательных температур [2-3]. Такая широта температурного диапазона связана с тем, что большинством производителей лекарственных средств установлен именно этот температурный интервал для обеспечения сохранности препаратов.

Иммунобиологические препараты — это лекарственные препараты, предназначенные для формирования активного или пассивного иммунитета либо диагностики наличия иммунитета или диагностики специфического приобретенного изменения иммунологического ответа на аллергизирующие вещества.

При транспортировании и хранении иммунобиологических препаратов должны соблюдаться условия, обеспечивающие сохранность качества препарата и защиту его от воздействия вредных факторов окружающей среды (температуры, влажности, света). Транспортирование и хранение большинства иммунобиологических и термолабильных препаратов осуществляется при температуре в пределах от плюс 2 °С до плюс 8 °С включительно [4].

В системе «холодовой цепи» транспортировки и хранения иммунобиологических препаратов используются следующие виды оборудования [5-6]:

- оборудование для транспортирования;
- оборудование для хранения;
- оборудование для контроля температурного режима хранения и транспортирования.

В «холодовой цепи» для хранения иммунобиологических препаратов используются: холодильные камеры и комнаты, морозильные камеры, холодильники, морозильники, холодильники со встроенной морозильной камерой, термоконтейнеры, медицинские сумки-холодильники, хладоэлементы.

Стабильность температурных параметров и регулируемых характеристик оборудования для хранения иммунобиологических препаратов должна подтверждаться термокартой при разной степени загрузки, предоставляемой производителем при поставке каждой новой единицы холодильного оборудования в системе «холодовой цепи». Данные термокарты должны учитываться при размещении иммунобиологических препаратов внутри холодильного оборудования.

В системе «холодовой цепи» для хранения иммунобиологических препаратов должны использоваться специальные холодильники, характеризующиеся высокой степенью надежности, высокой точностью поддерживаемой температуры, наличием аварийной сигнализации. Специальные холодильники для хранения иммунобиологических лекарственных препаратов должны иметь техническую возможность длительного удержания надлежащего температурного режима внутри холодильной камеры при отключении электроэнергии. Внутри холодильника необходимо обеспечить стабильность температурного режима и равномерность распределения температуры по объёму. Не допускается выход температур за пределы интервала от 2 до 8 °С. Холодильники должны быть оборудованы встроенным термометром с дисплеем для визуального контроля температуры и звуковой сигнализацией при выходе за пределы нормируемого интервала, а также двумя автономными термометрами и двумя термоиндикаторами (терморегистраторами) с круговой записью данных, объём памяти 30 календарных дней с шагом записи 10 минут.

## 1. Цели и задачи работы

### Цель работы

Выполнить сравнительный анализ работы двух шкафов холодильных фармацевтических.

### Задачи

- Разработать программу и методику испытаний шкафов холодильных фармацевтических;
- Провести испытания на герметичность уплотнителей дверей шкафов холодильных фармацевтических;
- Провести испытания на температуру хранения без загрузки шкафов холодильных фармацевтических;
- Провести испытания на температуру хранения с загрузкой испытательными пакетами шкафов холодильных фармацевтических;
- Провести испытания на потребление электроэнергии шкафами холодильными фармацевтическими;
- Выполнить сравнительный анализ работы двух шкафов холодильных фармацевтических.

## 2. Наименование и обозначение объекта испытания

Объект №1 – серийное изделие «шкаф холодильный POLAIR ШХФ- 0,5» (далее Образец №1);

Объект №2 – шкаф холодильный, изготовленный на базе шкафа холодильного POLAIR ШХФ-0,5, с заменой штатного холодильного агрегата, штатной системы автоматического контроля и управления на альтернативные, производства CAREL INDUSTRIES S.p.A (далее Образец №2).

Основные технические характеристики Образцов представлены в таблице 1., внешний вид представлен на рисунке 1.

Таблица 1. – заявленные технические характеристики объектов испытаний

Характеристика	Образец №1	Образец №2
Температурный режим, °С.	от 1 до 15	от 1 до 15
Объем, л.	500	500
Исполнение двери	глухая	глухая
Напряжение, В.	220	220
Частота сети, Гц.	50	50

Потребляемая мощность, кВт/час.	0,35	Данные отсутствуют
Ширина, мм.	697	697
Глубина, мм.	665	665
Высота, мм.	2028	2028
Хладагент	R134a	R290
Система регулирования температуры в камере	Термостат электронный	Термостат электронный
Вес, кг.	95	95
Внешний вид	Рисунок 1	Рисунок 1

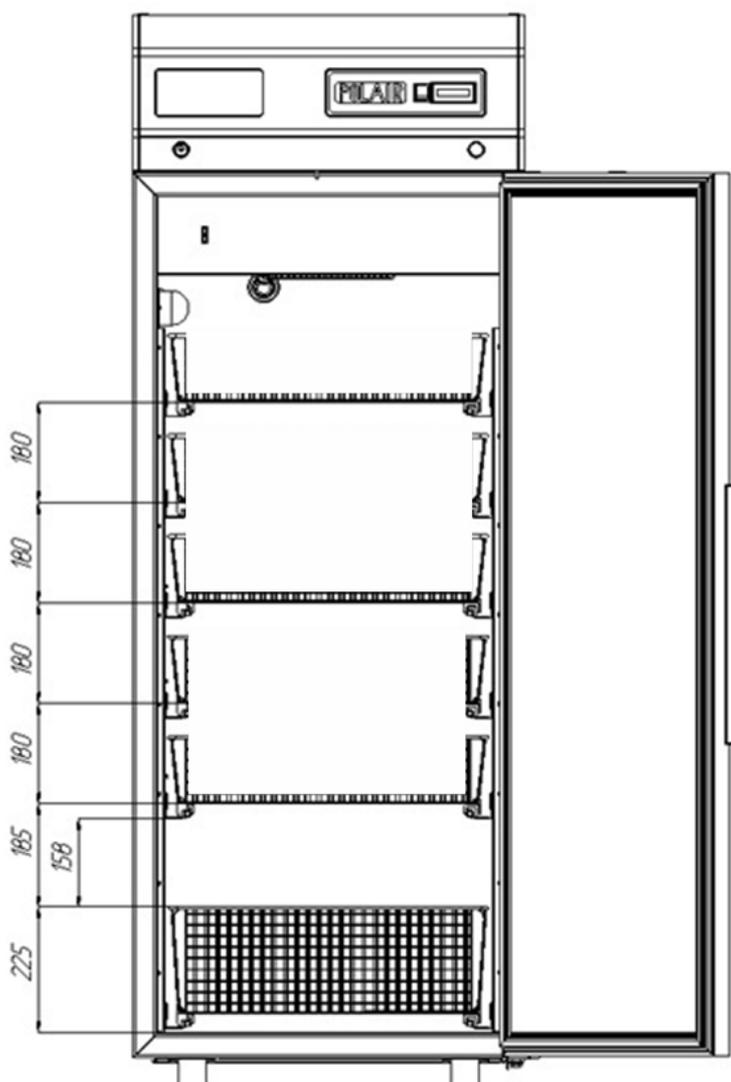


Рисунок 1 - Внешний вид образцов

### 3. Этапы выполнения испытаний

Для проведения лабораторных испытаний необходимо подключить Образцы к источникам электрической энергии [7]. Кабель питания Образцов должен быть подключен через анализатор электроэнергии ENERGY METER в соответствии со схемой подключения изображенной на рисунке 2.

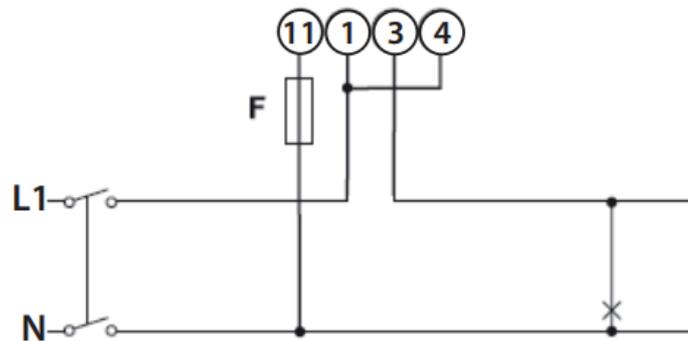


Рисунок 2 – Схема подключения

#### Контрольные точки измерения температуры

Для измерения температуры окружающей среды  $T_a$  необходимо установить датчик температуры в точке  $T_{a1}$ , расположенной на пересечении горизонтальной и вертикальной осей боковых сторон холодильного прибора на расстоянии 250 мм от него. Схема положения датчика температуры окружающей среды представлена на рисунке 3.

Схема расположения контрольных точек для измерения температуры полезного объема представлена на рисунке 4: контрольная точка 1 - «верхняя полка», контрольная точка 2 - «средняя полка», контрольная точка 3 - «нижняя полка».

Для проведения испытаний с загрузкой необходимо заполнить Образец тремя пакетами «М» и 45 испытательными пакетами. Схема загрузки испытательных пакетов и размещение датчиков в них приведена на рисунке 5.

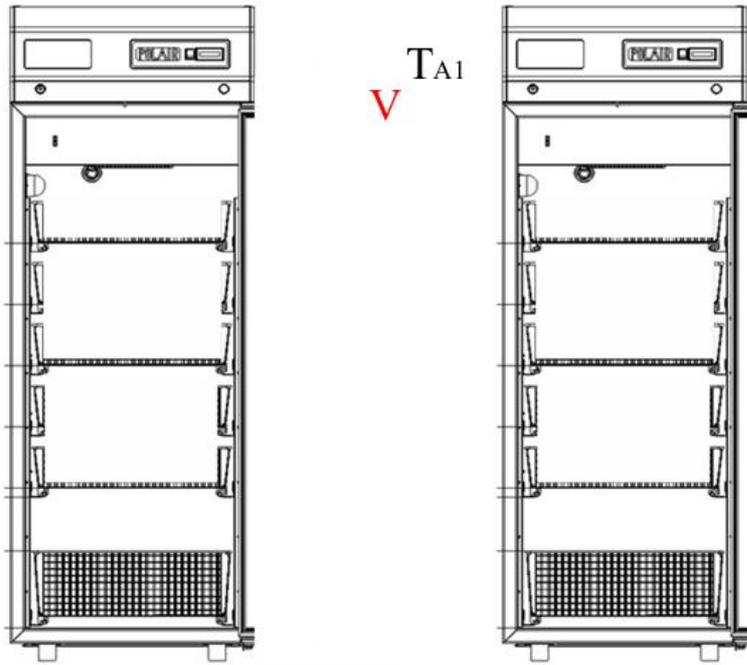


Рисунок 3 - Схема положения датчика температуры окружающей среды

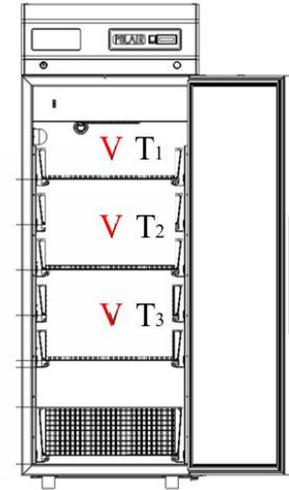


Рисунок 4 - Схема расположения контрольных точек для измерения температуры полезного объема

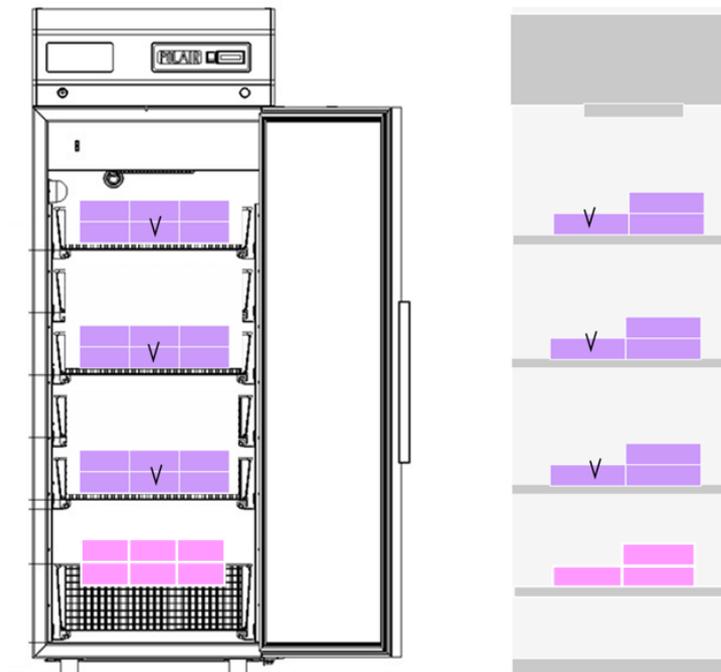


Рисунок 5 - Схема загрузки испытательных пакетов и размещение датчиков

#### 4. Методы испытаний

##### **Испытание на герметичность уплотнителей дверей**

Целью данного испытания является проверка того, не допускают ли стыки двери холодильного прибора непредусмотренного проникновения внутрь него воздуха окружающей среды. Температура окружающей среды должна находиться в пределах от +16 °С до +45 °С. Перед началом испытания Объект должен быть выключен, и его температура должна соответствовать температуре окружающей среды.

Для проведения испытания по данному пункту необходимо выполнить следующие действия:

1. Подготовить бумажную ленту длиной 200 мм, шириной 50 мм и толщиной 0,08 мм.
2. Разместить бумажную ленту в любом месте стыка корпуса Объекта и двери. Закрывать дверь.
3. Герметичность стыка оценивают путем проверки возможности свободного перемещения бумажной ленты вдоль стыка. При отсутствии свободного перемещения бумажной ленты Объект считается выдержавшим испытание.

##### **Испытание на температуру хранения без загрузки.**

Для проведения испытания по данному пункту необходимо выполнить следующие действия:

1. Включить Образец №1 и Образец №2.
2. Настроить систему регулирования Образца №1 и Образца №2 на единую уставку контроллера.
3. Дождаться установившегося режима работы в соответствии с требованиями к подготовке объекта испытаний. Для этого оставить включенными Образец №1 и Образец №2 в течение 24 часов.
4. Настроить средства автоматического сбора данных.
5. Запустить программу автоматического сбора данных.
6. Проводить запись показаний в течение 24 часов с интервалом 60 с.

##### **Испытание на температуру хранения с загрузкой испытательных пакетов**

Для проведения испытания по данному пункту необходимо выполнить следующие действия:

1. Включить Образец №1 и Образец №2.
2. Настроить систему регулирования Образца №1 и Образца №2 на единую «уставку» контроллера, аналогичную при испытании на температуру хранения без загрузки.
3. Дождаться установившегося режима работы. Для этого оставить включенными Образец №1 и Образец №2 в течение 24 часов.

4. Предварительно охлаждённые до температуры плюс 2°С испытательные пакеты загрузить в Образец №1 и Образец №2 в соответствии с контрольными точками измерения температуры.

5. Дождаться установившегося режима работы в соответствии с требованиями к подготовке объекта испытаний. Для этого оставить включенными Образец №1 и Образец №2 в течение 24 часов.

6. Настроить средства автоматического сбора данных.

7. Запустить программу автоматического сбора данных.

8. Проводить запись показаний в течение 24 часов с интервалом 60 с.

### **Испытание на потребление электроэнергии**

Для проведения испытания по данному пункту необходимо выполнить следующие действия:

1. Подключить к Образцу №1 и Образцу №2 анализатор электроэнергии ENERGY METER.

2. Включить Образец №1 и Образец №2.

3. Настроить систему регулирования Образца №1 и Образца №2 на единую уставку контроллера, аналогичную при испытании на температуру хранения без загрузки.

4. Дождаться установившегося режима работы. Для этого оставить включенными Образец №1 и Образец №2 в течение 24 часов.

5. Предварительно охлаждённые до температуры +2°С испытательные пакеты загрузить в Образец №1 и Образец №2.

6. Дождаться установившегося режима работы. Для этого оставить включенными Образец №1 и Образец №2 в течение 24 часов.

7. Включить анализатор электроэнергии ENERGY METER путем нажатия кнопки «ON» на клавиатуре прибора.

8. Настроить прибор на измерение параметров однофазной электросети.

9. Настроить прибор на регистрацию данных в автоматическом режиме с интервалом 60 с. Проводить запись показаний в течение 24 часов.

### **Испытания на герметичность уплотнителей дверей**

Вначале необходимо произвести визуальный осмотр стыка при закрытой двери и включенной внутренней подсветке. Далее герметичность стыка оценить путем проверки возможного свободного перемещения бумажной ленты вдоль стыка.

### **Температурные испытания**

Прежде чем приступить к температурным испытаниям, необходимо провести испытание выхода Образцов на заданный температурный режим. Испытание необходимо провести после включения незагруженных

Образцов. Для построения графиков используем среднеобъемные температуры

$$T_{\text{ср.об.}} = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3},$$

где  $T_1$  – температура воздуха на верхней полке,  $T_2$  – температура воздуха на средней полке,  $T_3$  – температура воздуха на нижней полке, согласно рисунку 4. Пример графика изменения среднеобъемных температур Образцов от времени работы представлен на рисунке 6. Из графика видно, что выход на режим Образца №1 составляет приблизительно 40 минут, а Образца №2 – 70 минут. При этом у Образца №2 наблюдается «провал» среднеобъемной температуры в отрицательную область при «уставке» контроллера 2 °С. Коэффициенты рабочего времени Образцов рассчитывались по формуле. Примеры результатов расчетов приведены на рисунке 7, и можно увидеть их равенство.

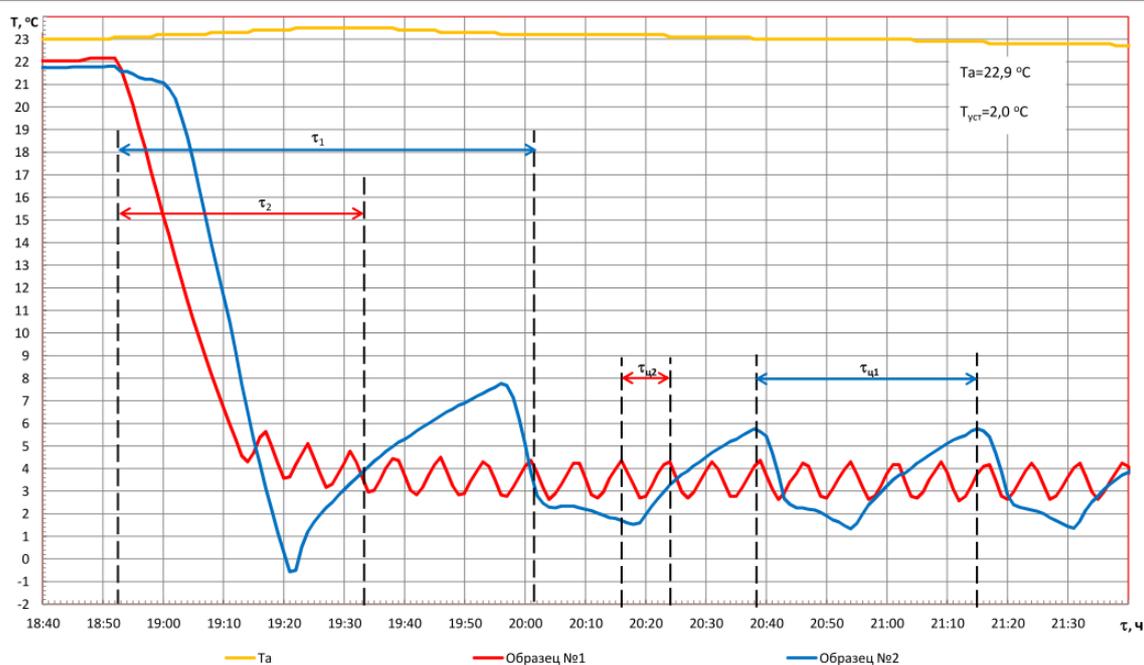


Рисунок 6 – Изменение среднеобъемных температур внутри образцов при выходе ХШ на режим при температуре окружающей среды  $T_a = 22,9 \text{ }^\circ\text{C}$  и уставке контроллера  $T_{уст} = 2 \text{ }^\circ\text{C}$

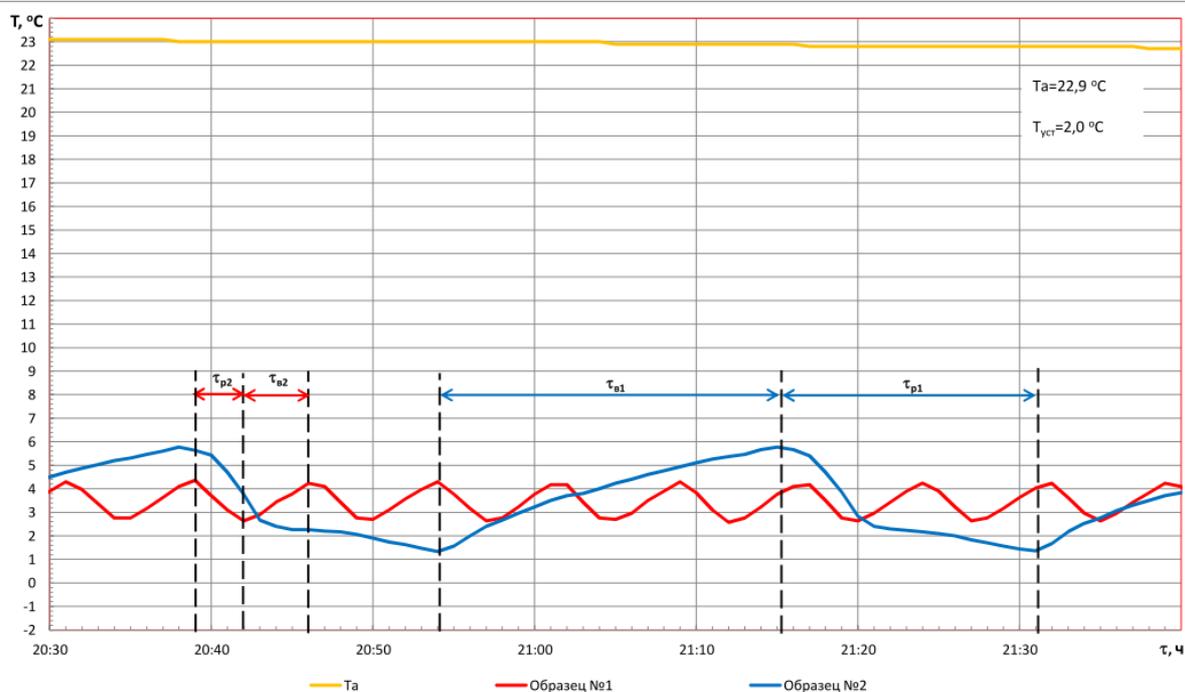


Рисунок 7 – Изменение среднеобъемных температур внутри образцов при установившемся режиме

### Испытание на температуру хранения с загрузкой испытательными пакетами

Загрузку испытательными пакетами необходимо произвести равномерно по всем полкам:

1. Необходимо охладить предварительно препараты до заданной температуры, пакеты уложить в холодильную камеру и начать регистрацию температурного режима в холодильной камере.

2. Определить температуру полезного объема и испытательных пакетов после стабилизации температурного режима. Определение шло в трех контрольных точках ( $T_{1п}$  – верхняя полка,  $T_{2п}$  – средняя полка,  $T_{3п}$  – нижняя полка) датчиками температуры NTC, подключенными к контроллерам IR33 и PJ-EASY, расположенными согласно рисункам 4, 5.

3. Данные зарегистрировать и зафиксировать в программе *BOSS mini*. Шаг регистрации составлял 60 с.

Пример графика изменения температур на входе в испаритель (примерно соответствующих среднеобъемным температурам воздуха внутри) от времени работы представлен на рисунках 8 и 9. По графику можно сделать вывод, что рабочий цикл Образца №2 после загрузки испытательными пакетами изменился, появился дополнительный участок. После включения компрессора идет резкое понижение температуры до определенного уровня, а затем длительное время температура поддерживается около требуемой величины уставки.

Пример результатов температурных испытаний представлены на рисунках 10,11,12,13.

На рисунке 11 представлено изменение температуры воздуха на входе в испаритель, при условии загрузки испытательными пакетами, в течение суток работы при наружной температуре  $T_a=20$  °С. Пример разности температур на входе в испаритель за час работы Образцов при тех же условиях показаны на рисунках 12, 13, 14, можно увидеть изменение температуры на входе в испаритель для температуры окружающей среды  $T_a=27$  °С, соответственно за сутки и час работы.

### Задания

1. Построить графики по результатам исследования;
2. Составить сводную таблицу данных температурных испытаний Образцов с загруженными испытательными пакетами.

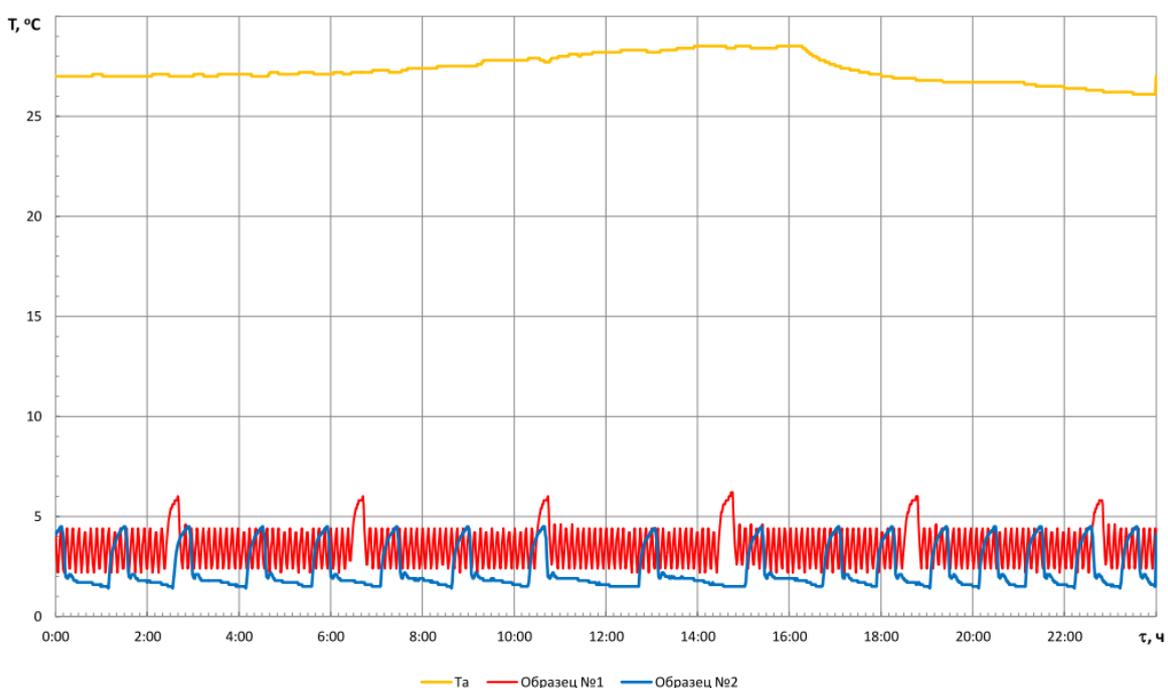


Рисунок 8 – Среднеобъёмные температуры воздуха внутри Образцов с загруженными испытательными пакетами при температуре окружающей среды  $T_a = 27$  °С

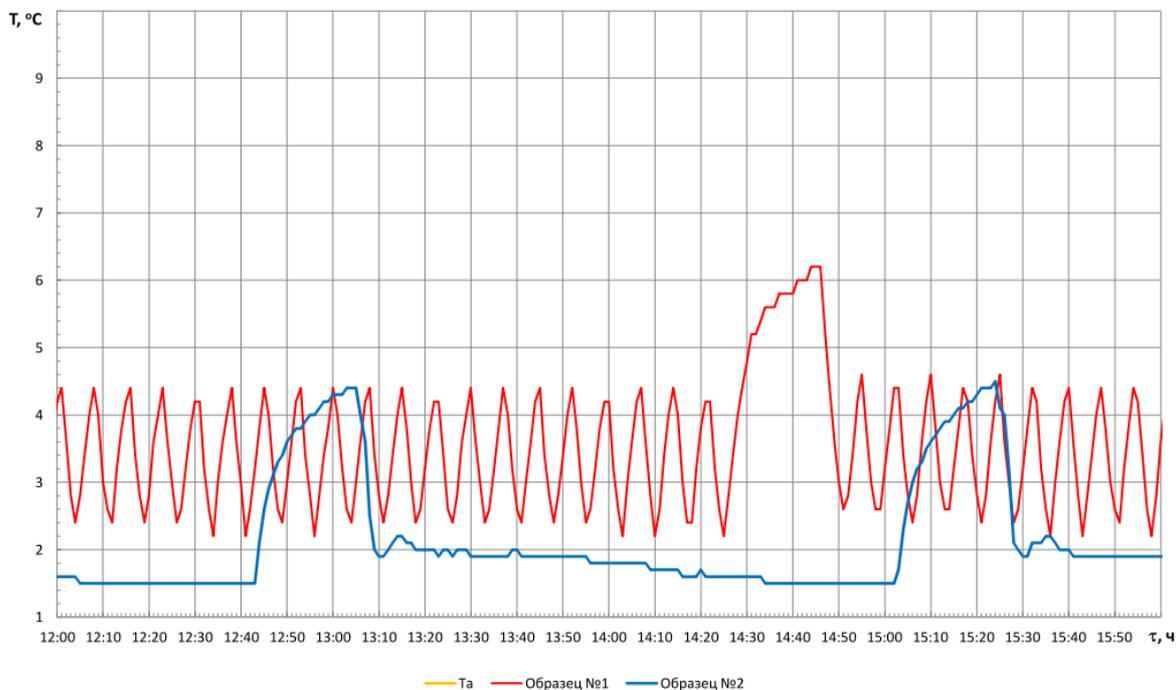


Рисунок 9 – Среднеобъёмные температуры воздуха внутри Образцов с загруженными испытательными пакетами при температуре окружающей среды  $T_a = 27\text{ }^\circ\text{C}$

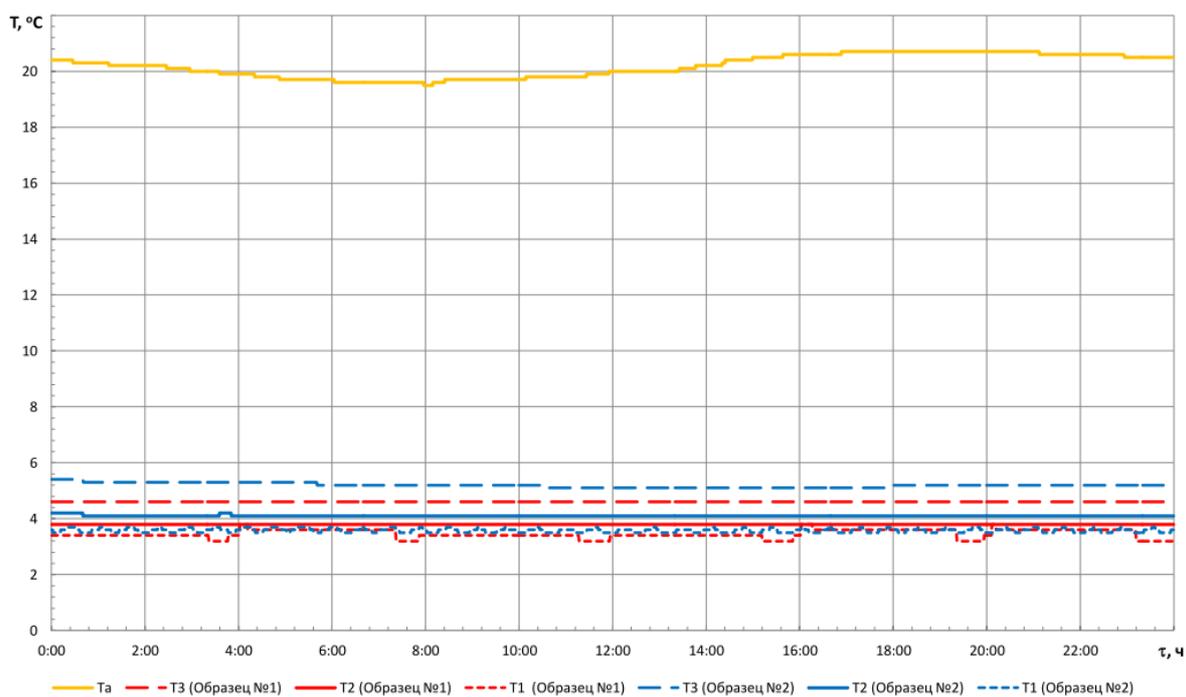


Рисунок 10 – Температуры испытательных пакетов в зависимости от размещения внутри ХШ в течении суток при  $T_a = 20\text{ }^\circ\text{C}$

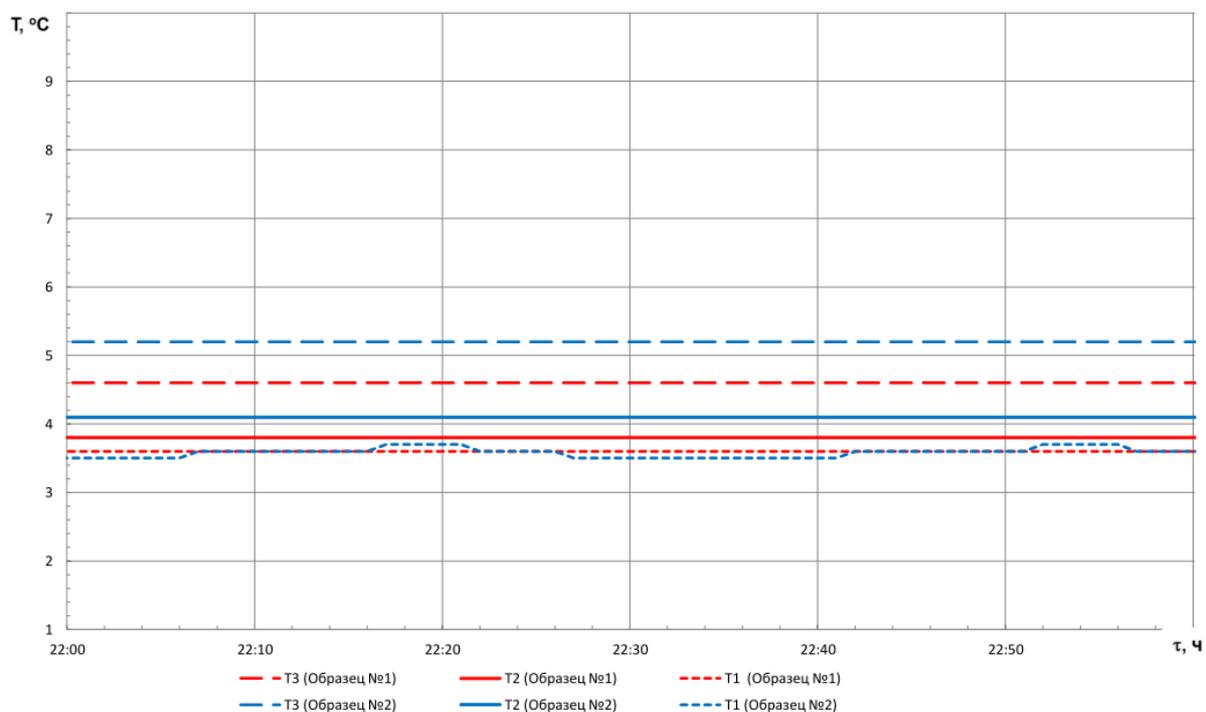


Рисунок 11 – Температуры испытательных пакетов в зависимости от размещения внутри ХШ в течении 1 часа при  $T_a=20^{\circ}\text{C}$

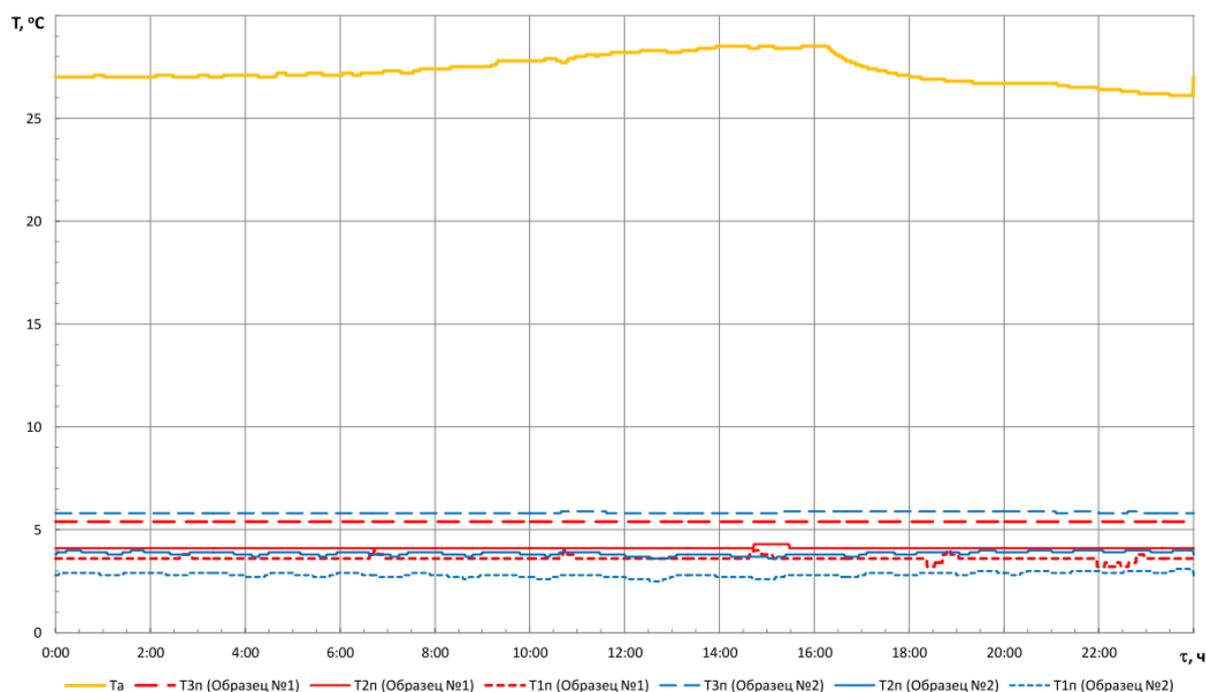


Рисунок 12 – Температуры испытательных пакетов в зависимости от размещения внутри ХШ в течении суток при  $T_a=27^{\circ}\text{C}$

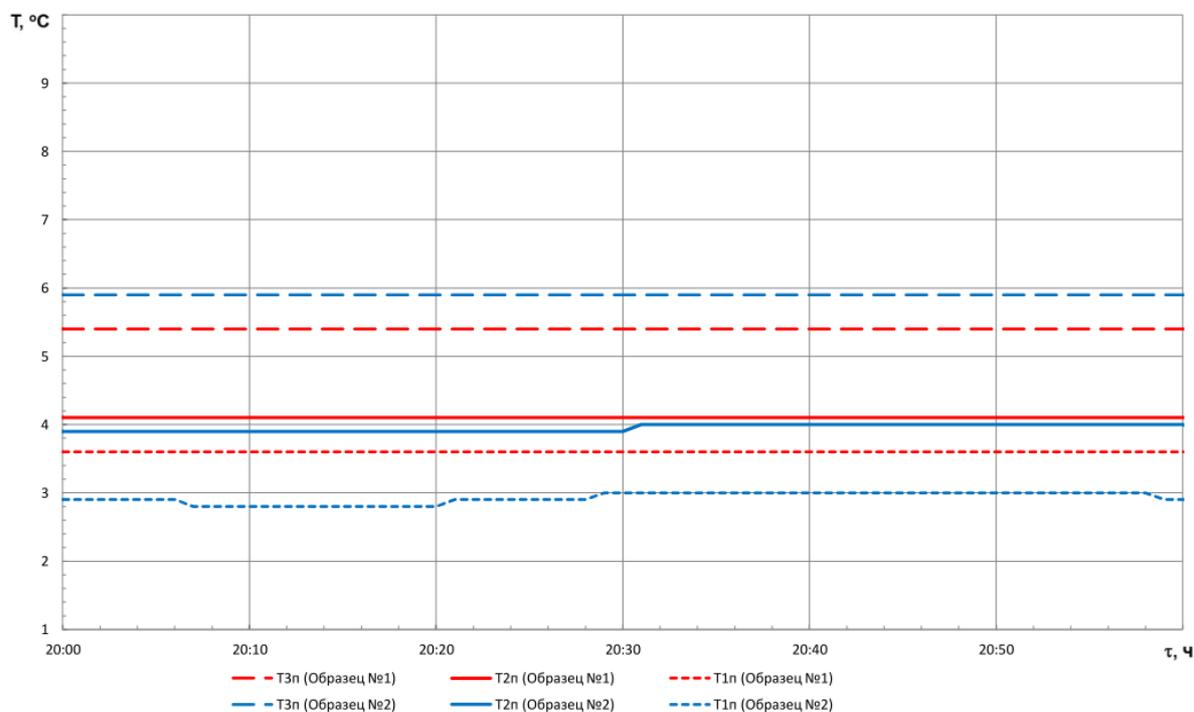


Рисунок 13 – Температуры испытательных пакетов в зависимости от размещения в течении 1 часа при  $T_a=27\text{ }^{\circ}\text{C}$

Следующим этапом необходимо сделать таблицу сводных данных температурных испытаний образцов с испытательными пакетами (пример приведен в таблице 2). Также приведены значения температуры продукта в контрольных точках на момент выключения (верхнее значение) и включения (нижнее значение) холодильного агрегата.

Пример вывода при измерениях: изменение температуры продукта за цикл при работе в атмосфере окружающей среды  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , например, для средней полки: для Образца №1 и для Образца №2 не происходит, а при  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$  – для Образца №1 составляет  $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , для Образца №2  $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Видно, что изменение температуры внутри практически мало зависит от температуры окружающей среды.

Изменение разности температур между средними значениями на верхней и нижней полках при температуре  $T_a=20\text{ }^{\circ}\text{C}$  у Образца №1 составляет  $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , у Образца №2 –  $1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а при температуре  $T_a=27\text{ }^{\circ}\text{C}$  составляет  $1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , у Образца №2 –  $3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Таблица 2 – Сводные данные температурных испытаний Образцов с загруженными испытательными пакетами

<b>ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ</b>		<b>Образец 1</b>	<b>Образец 2</b>
<b>Температура окружающей среды +20±1 °С</b>			
Уставка контроллера, °С		+2	+2
Средняя температура испытательных пакетов, °С		4,0	4,3
Температура воздуха на входе в испаритель, °С		-	+3,2
Температуры исп. пакетов, °С (минимальная/ <b>средняя</b> / максимальная)	на верхней полке	+3,2	+3,5
		<b>+3,5</b>	<b>+3,6</b>
		+3,8	+3,7
	на средней полке	+3,8	+4,1
		<b>+3,8</b>	<b>+4,2</b>
		+3,8	+4,2
	на нижней полке	+4,6	+5,1
		<b>+4,6</b>	<b>+5,2</b>
		+4,6	+5,4
Изменение разности температур между средними значениями на верхней и нижней полках, °С		<b>1,1</b>	<b>1,6</b>
<b>Температура окружающей среды +27±1 °С</b>			
Уставка контроллера, °С		+2	+2
Средняя температура испытательных пакетов, °С		4,4	4,2
Температура воздуха на входе в испаритель, °С		<b>+3,5</b>	<b>+2,3</b>
Температуры исп. пакетов, °С (минимальная/ <b>средняя</b> / максимальная)	на верхней полке	+3,2	+2,5
		<b>+3,6</b>	<b>+2,8</b>
		+4,0	+3,1
	на средней полке	+4,1	+3,6
		<b>+4,1</b>	<b>+3,9</b>
		+4,3	+4,0
	на нижней полке	+5,4	+5,8
		<b>+5,4</b>	<b>+5,8</b>
		+5,4	+5,9
Изменение разности температур между средними значениями на верхней и нижней полках, °С		<b>1,9</b>	<b>3,0</b>

## Задание

По результатам температурных испытаний необходимо написать выводы.

### Контрольные вопросы

1. Что контролирует система управления холодильным шкафом?
2. Чем объясняется разница температур между температурой уставки контроллера и среднеобъемной?
3. Что влияет на максимальный перепад температур в Образцах?

### Испытание на потребление электроэнергии

Испытания Образцов необходимо проводить при различных температурах окружающей среды  $+ 20 \pm 1$  °С и  $+ 27 \pm 1$  °С. Необходимо проверить потребляемую мощность при номинальном напряжении питающей сети, а потребление электроэнергии за сутки провести с испытательными пакетами и без них.

На рисунках 14, 15, 16, 17 представлены примеры графиков потребляемой мощности.

## Задания

1. По результатам исследования построить графики и сделать выводы согласно примеру. Например, из графиков видно, что минимальная потребляемая мощность для Образца №1 составляет 40 Вт, а Образца №2 – 10 Вт, что соответствует мощностям, установленных в воздухоохладителях, вентиляторов. Из графиков следует, что вентиляторы работают постоянно. На графиках у Образца №2 прослеживается изменение циклов работы в зависимости от температуры окружающей среды. С ростом температуры цикл увеличивается, в нем появляется дополнительно горизонтальный участок, величина которого меняется, предположительно, от температуры окружающей среды. Это возможно, если меняется алгоритм работы холодильной машины.

2. По результатам испытаний необходимо сделать результирующую таблицу, пример представлен в таблице 3. А также необходимо сравнить энергетическую эффективность Образцов по суточному потреблению электроэнергии.

### Контрольные вопросы

1. Расчетные способы определения объемов потребленной электрической энергии (мощности) и основания их применения?

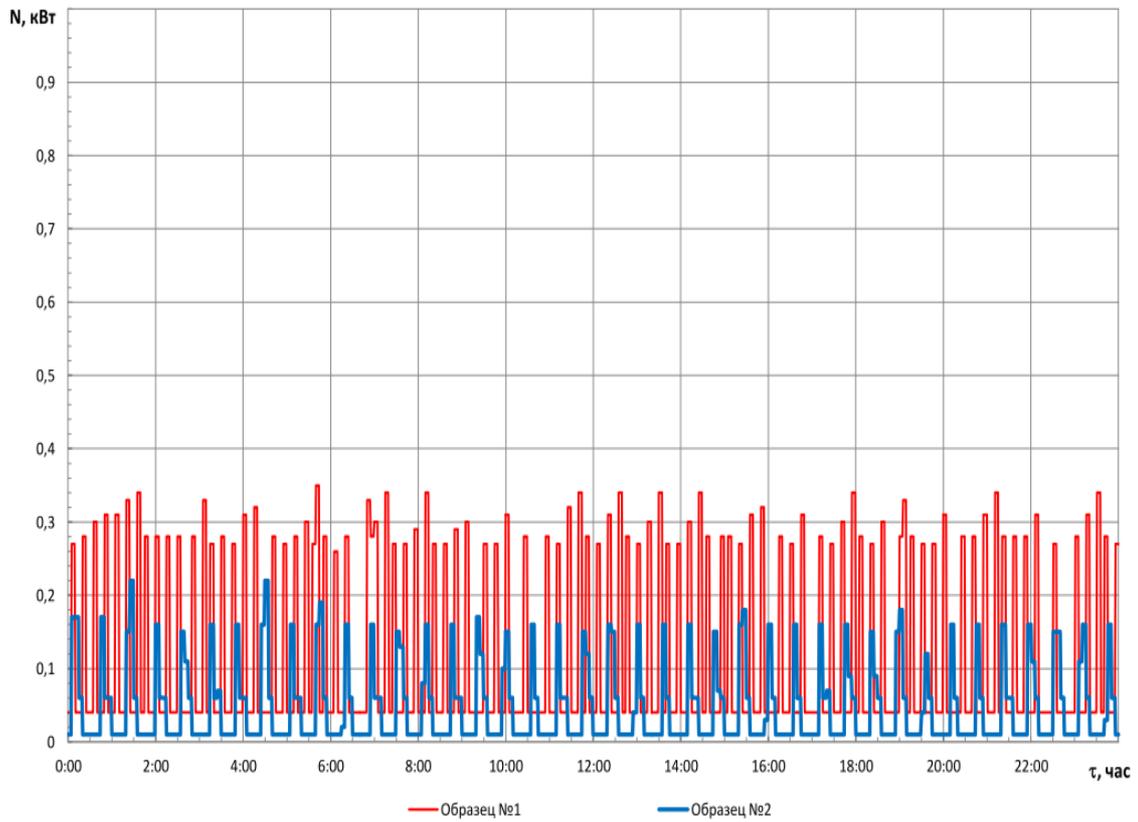


Рисунок 14 – Потребляемая мощность без загрузки испытательными пакетами при  $T_a = 20\text{ °C}$

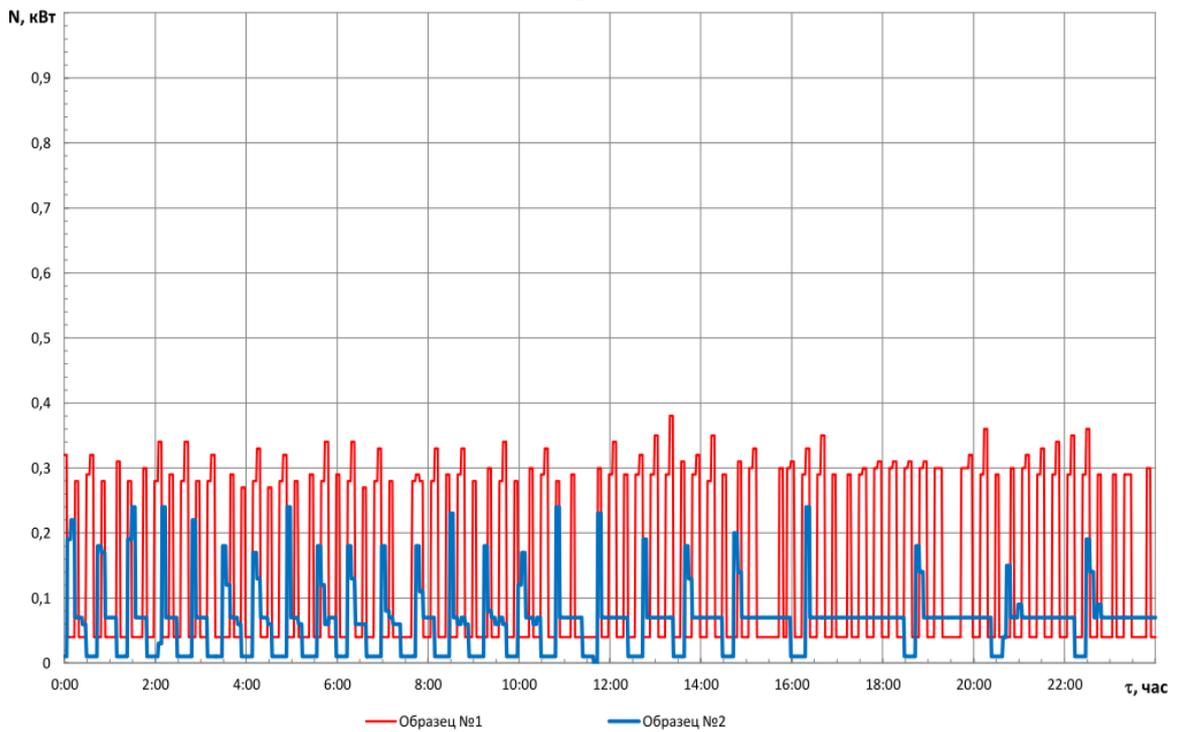


Рисунок 15 – Потребляемая мощность без загрузки испытательными пакетами при  $T_a = 27\text{ °C}$

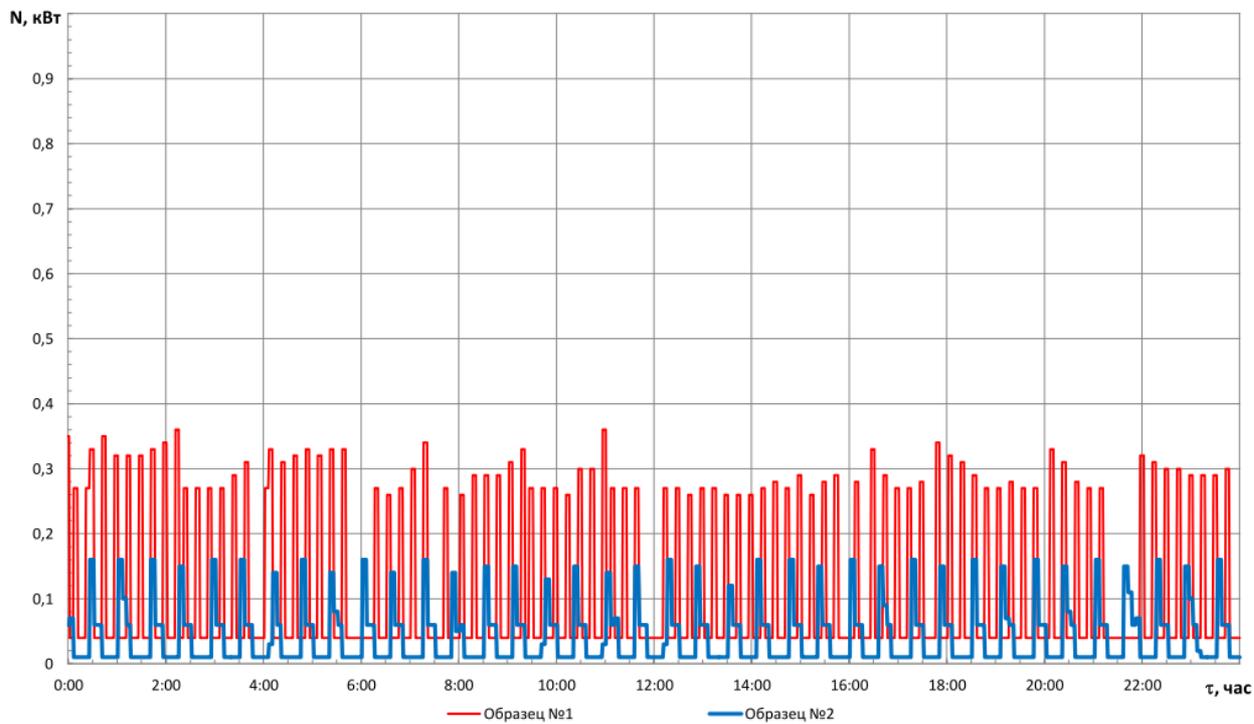


Рисунок 16 – Потребляемая мощность с загрузкой испытательными пакетами при  $T_a = 20\text{ °C}$

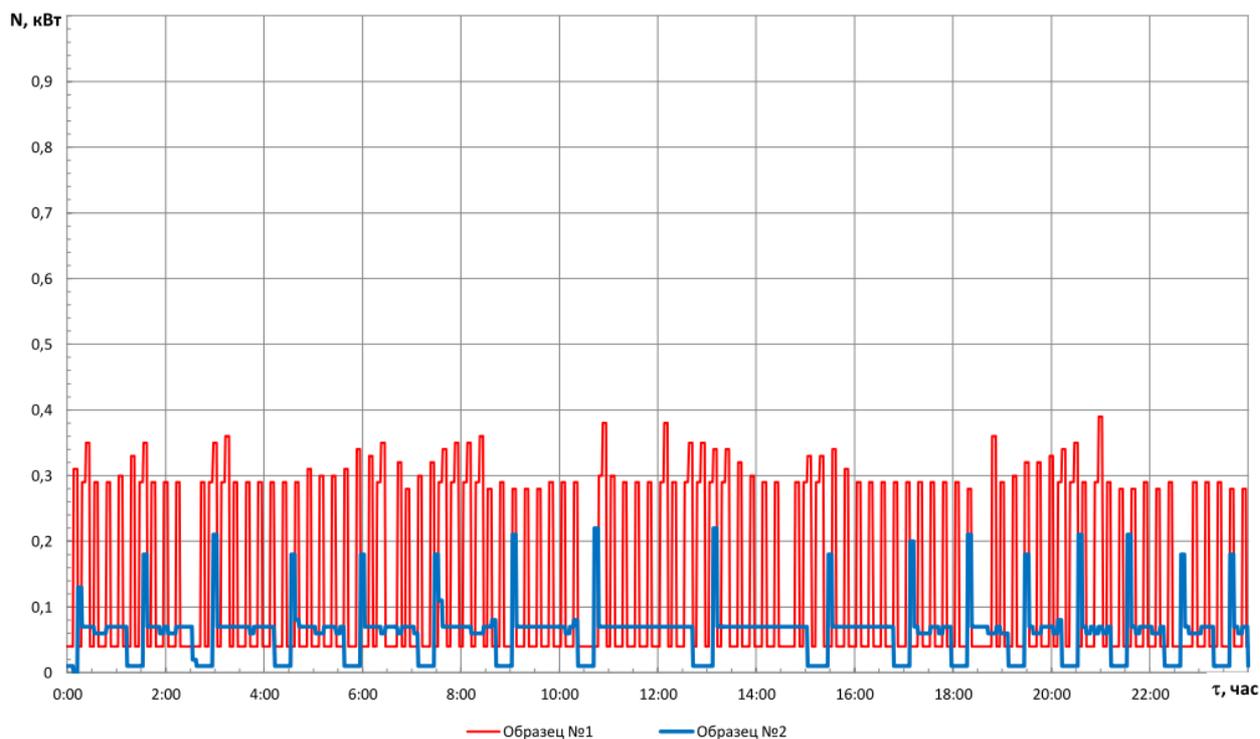


Рисунок 17 – Потребляемая мощность с загрузкой испытательными пакетами при  $T_a = 27\text{ °C}$

Таблица 3 – Потребляемая мощность и расход электроэнергии

<b>ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ</b>	<b>Образец 1</b>	<b>Образец 2</b>
<b>Без испытательных пакетов</b>		
<b>Температура окружающей среды +21±1 °С</b>		
Установка контроллера	+2	+2
Средняя температура в объеме ХШ	3,6	3,5
потребляемая мощность, Вт		
минимальная	40	10
<b>средняя</b>	<b>123</b>	<b>48</b>
максимальная	350	220
Расход электроэнергии за сутки, кВт·час	2,9	1,1
<b>Температура окружающей среды +27±1 °С</b>		
Установка контроллера	+2	+2
Средняя температура в объеме ХШ	4,0	3,3
потребляемая мощность, Вт		
минимальная	40	10
<b>средняя</b>	<b>149</b>	<b>69</b>
максимальная	360	230
Расход электроэнергии за сутки, кВт·час	3,6	1,7
<b>С загрузкой испытательными пакетами</b>		
<b>Температура окружающей среды +20±1 °С</b>		
Установка контроллера	+2	+2
Среднеобъемная температура	<b>+3,7</b>	<b>+2,8</b>
потребляемая мощность, Вт		
минимальная	40	10
<b>средняя</b>	<b>140</b>	<b>70</b>
максимальная	380	240
Расход электроэнергии за сутки, кВт·час	2,7	1,1
<b>Температура окружающей среды +27±1 °С</b>		
Установка контроллера	+2	+2
Средняя температура в объеме ХШ	<b>+3,5</b>	<b>+2,3</b>
потребляемая мощность, Вт		
минимальная	40	10
<b>средняя</b>	<b>144</b>	<b>62</b>
максимальная	390	220
Расход электроэнергии за сутки, кВт·час	3,5	1,4

## Заключение

В результате работы мы получаем сравнительный анализ работы двух шкафов холодильных фармацевтических. Проводим испытания на герметичность уплотнителей дверей, испытание на температуру хранения без загрузки, испытание на температуру хранения с загрузкой испытательных пакетов, испытание на потребление энергии. Получаем и сопоставляем данные по температурным режимам внутри объёма и в испытательных пакетах при различных температурах окружающей среды, мгновенным и среднесуточным показателям электропотребления.

## Литература

1. ГОСТ Р 50444-92 Приборы, аппараты и оборудование медицинские. Общие технические условия. М: Госстандарт России, 1992, 43 с.
2. ГОСТ 23833-95 Оборудование холодильное торговое. Общие технические Условия. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1995 41 с.
3. ГОСТ Р МЭК 60335-2-24-2001 Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Дополнительные требования к холодильникам, морозильникам, устройствам для производства льда и методы испытаний. М: Госстандарт России, 2001, 37 с.
4. ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. М: Стандартиформ, 2010, 71 с.
5. ГОСТ EN 378-1-2014 Системы холодильные и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 1. Основные требования, определения, классификация и критерии выбора. Часть 2. Проектирование, конструкция, изготовление, испытания, маркировка и документация. М: Стандартиформ, 2014, 78 с.
6. ГОСТ 24393-80 Техника холодильная. Термины и определения. Б: ИПК Издательство стандартов, 1980, 7 с.
7. ГОСТ 32560.2-2013 (ISO 23953-2:2005) Требования, методы и условия испытаний. М: Стандартиформ, 2016, 82 с.

**Приложение А**  
(обязательное)

**«Перечень средств проведения испытаний»**

Таблица 1 – Перечень средств проведения испытаний

Наименование и тип прибора	Кол-во	Гост, ТУ или обозначение	Основные характеристики
Контроллер 1	1	IR33	Количество подключаемых датчиков – 5, Тип датчиков – NTC Диапазон измерений -50 ... +90 °С
Контроллер 2	1	PJ EASY	Количество подключаемых датчиков – 3, Тип датчиков – NTC Диапазон измерений -50 ... +50 °С
Датчик температуры	5	NTC**HP	Измерение температуры Диапазон измерений -50 ... +105 °С, Погрешность±0,5 °С, Термическая константа в воздухе) – 25 с
Датчик температуры и влажности	1	DPP	Диапазон измерений -20 ... +70 °С Погрешность ±0,5 °С , Измерение влажности (от 0 до 100 % отн. влажности) Погрешность ±5%
Carel Emeter3 счетчик электрический трехфазный	2	EN 50470-1-3; EN 62053-21. EN 62053-23	Максимальный ток – 6А Диапазон напряжений 160-260В ноль-фаза (277-450В межфазное) Точность измерения: Ток 0,002-0,2А: ±0,5% изм. знач. + 3 мин. дел.; Ток 0,2-6А: ± 1% изм. знач. + 1 мин. дел.;

			<p>Напряжение ноль-фаза:  <math>\pm 0,5\%</math> изм. знач. +1 мин. дел.;          Напряжение межфазное: <math>\pm 1\%</math>          изм. знач. +1 мин. дел.;          Частота: <math>\pm 1</math> Гц  <math>\cos\phi</math>: <math>\pm (0,001+1\%</math> (1,000-изм.          знач.));          Реактивная мощность: <math>\pm (2\%</math>          изм. знач. + 2 мин. дел.;          Потребляемая активная          мощность:          класс В в соответствии с EN          50470-1-3;          класс 1 в соответствии с EN          62053-21.</p>
SVAN-959	1	<p>МЭК 651, МЭК          8041, ГОСТ          17168-82;          ГосРеестр СИ          РФ №39165-08</p>	<p>Диапазон измерений:          от 25 дБА до 140 дБА, от 12          дБ в режиме 1/1 октавных          полос от 56 дБ до 260 дБ          виброускорение,          относительно 10-6мм/с<sup>2</sup>          Корректирующие фильтры:          режим шумомера А, С, Z по          МЭК 61672-1          режим виброметра:          W-Bz, W-Bxy, W-Bc, H-A - в          соответствии с требованиями          российских санитарных норм          СН 2.2.4/2.1.8.255-96          «Производственная вибрация,          вибрация в помещениях          жилых и общественных          зданий»          Wk, Wd, We, Wj, Wh - в          соответствии с требованиями          международных норм ISO          8041 VeiMF - полосовой          фильтр от 10Гц до 1000Гц          соответствии с ISO-10816 для          измерения вибрации на          машинах          Полосовые фильтры:</p>

			15 1/1 октавных фильтров с центральной частотой от 1 Гц до 16 кГц, по МЭК 651, МЭК 8041, ГОСТ 17168-82; 45 1/3 октавных фильтров с центральной частотой от 0,8 Гц до 20 кГц, по МЭК 651, МЭК 8041, ГОСТ 17168-82
--	--	--	---

Муравейников Сергей Сергеевич

. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ШКАФОВ ХОЛОДИЛЬНЫХ  
ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ

учебно-методическое пособие

В авторской редакции  
Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО  
Зав. РИО Н. Ф. Гусарова  
Подписано к печати  
Заказ №  
Отпечатано на ризографе

**Редакционно-издательский отдел**  
**Университета ИТМО**  
197101, Санкт-Петербург, Кронверский пр., 49