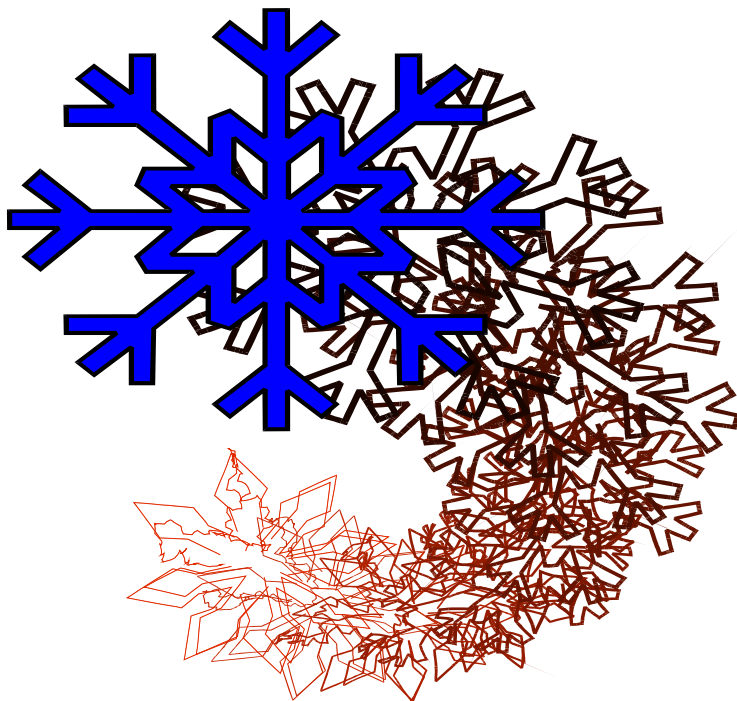


КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

*Кафедра холодильных машин и установок*

# **УСТАНОВКИ И СИСТЕМЫ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕХНИКИ**

*Сборник методических указаний  
к выполнению расчетно-графических работ для курсантов  
специальности 070200 "Техника и физика низких температур"*



Петропавловск-Камчатский 2002



УДК 621.5  
ББК

Рецензент:  
Ст. преподаватель каф. ХМиУ Сарайкина И.П.,

Составители: канд. техн. наук., проф. Х.А. Абдульманов,  
ст. пр. И.Ф. Владарчик,  
ассистент О.В. Ерко

**Установки и системы низкотемпературной техники**

Сост. Х.А. Абдульманов, И.Ф. Владарчик, О.В. Ерко  
П.-Камч.: РИО КГТУ, 2002 - 55 с.

Методические указания разработаны в соответствии с типовой программой дисциплины «Установки и системы низкотемпературной техники» для курсантов специальности 070200 «Техника и физика низких температур».

Обсуждено  
на заседании кафедры холодильных машин и установок  
24 сентября 2002 г. Протокол № 1

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Основные требования к оформлению расчетно-графической работы .....	4
2. РГР 1. Определение емкости и основных размеров холодильника .....	10
3. РГР 2. Анализ увлажнения изоляционного материала в ограждении охлаждаемой камеры .....	12
4. РГР 3. Расчет изоляции с тепловыми мостиками .....	15
5. РГР 4. Расчет теплопритоков .....	19
6. РГР 5. Расчет скороморозильной установки с интенсивной циркуляцией воздуха .....	27
7. РГР 6. Расчет льдогенератора периодического действия	34
8. Литература .....	39
9. Приложение 1..Пример оформления титульного листа....	40
10. Приложение 2. Варианты заданий к РГР 1.....	41
11. Приложение 3. Варианты заданий к РГР 2.....	45
12. Приложение 4. Варианты заданий к РГР 3.....	46
13. Приложение 5. Варианты заданий к РГР 4.....	47
14. Приложение 6. Варианты заданий к РГР 5.....	48
15. Приложение 7. Варианты заданий к РГР 6.....	48
16. Приложение 8. Расчетные параметры наружного воздуха .....	49
17. Приложение 9. Значения коэффициента теплопроводности для некоторых материалов.....	50
18. Приложение 10. Энтальпии пищевых продуктов .....	51

## 1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Первым листом расчетно-графической работы (РГР) является титульный. Номер на этом листе не проставляется, но включается в общий объем работы.

Пример оформления титульного листа приведен в приложении 1. Расчеты выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ 2.106-68 "ЕСКД. Текстовые документы". Расчет в общем случае должен содержать:

- эскиз или схему рассчитываемого изделия;
- задачу расчета;
- данные для расчета;
- условия расчета;
- расчет;
- заключение (вывод).

Расчет может быть оформлен как в виде текста так и в табличной форме.

Текст и иллюстрации как правило, выполняются с использованием ЭВМ при помощи известных текстовых и графических редакторов.

Распечатка текста производится на одной стороне формата А4 черным цветом. Расстояние между строками текста должно составлять 1,5 высоты шрифта, использованного при наборе текста. Расстояние от нижней или верхней строки текста до соответствующих рамок должно быть не менее 10 мм, а от начала и конца строк текста до рамок 5 мм. Абзацы текста начинают с отступом от начала строк, равным 5 знакам.

Допускается выполнение текста от руки черной пастой или чернилами аккуратным и разборчивым почерком или чертежным шрифтом высотой букв и цифр не менее 2,5 мм.

При необходимости, вписывание в машинописный текст отдельных слов, формул, условных знаков должно выполняться также черным цветом.

Подчеркивание заголовков, отдельных слов, использование римской нумерации разделов не допускается.

Номер раздела обозначается арабскими цифрами без точки: нумерация разделов осуществляется в пределах всей работы.

Заголовок раздела записывается с абзацного отступа или после окончания текста предыдущего раздела с пропуском двух-трех строк на том же листе. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Их номер должен состоять из номера раздела и подраздела, разделенных точкой. Между заголовком и текстом подраздела должен быть пропуск одной-двух строк. На странице после заголовка подраздела должно размещаться не менее трех строк текста, в противном случае заголовок подраздела переносят на следующий лист. Заголовки пунктов и подпунктов нумеруют арабскими цифрами, записываемыми в начале заголовков.

Подчеркивание, переносы и сокращения слов в заголовках не допускаются. Точку в конце заголовка не ставят. Если заголовок состоит из двух предложений, то их разделяют точкой. Пункты и подпункты могут не иметь заголовка. Номер заголовка состоит из цифр, последовательно обозначающих номера раздела, подраздела и пункта (подпункта), например, "3.2.2", "3..5.1".

Если документ не имеет подразделов, то нумерация пунктов в нем должна производиться в пределах каждого раздела. В этом случае номер пункта должен состоять из номеров раздела и пункта, разделенных точкой. В конце номера точка не ставится.

Если раздел или подраздел состоит только из одного пункта, то он также нумеруется.

Пункт без заголовка начинают с абзацного отступа от начала строки и без пропуска строк после предшествующего текста. Таблицы, приведенные в работе, могут быть выполнены как в тексте, так и на отдельных листах. Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Таблицы каждого приложения нумеруют отдельно: в этом случае перед ее номером ставится обозначение приложения, например: "Таблица А.2". Если в работе одна таблица, то она обозначается "Таблица 1". Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае их номер должен состоять из номера раздела и порядкового номера таблицы в разделе, например "Таблица 3.5". Таблицы следует размещать сразу после ссылки на них в тексте.

Номер таблицы размещается в ее верхнем левом углу. Если таблица имеет заголовок, то он записывается после ее номера через

дефис (необходимо придерживаться единообразия - или все таблицы с наименованиями, или все без них). На все имеющиеся в тексте таблицы должны быть сделаны ссылки.

Таблицы должны иметь головку, состоящую из граф, и строки высотой не менее 8 мм. Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы, а подзаголовки граф - со строчной, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе.

При переносе таблицы на следующую страницу ее головку повторяют.

В этом случае над продолжением указывают "Продолжение таблицы 5". Заголовок таблиц указывают один раз и при переносе не повторяют.

Размерности численных данных записывают в каждой графе головки. Допускается заменять заголовки и подзаголовки граф буквенными обозначениями с соответствующими пояснениями в тексте или примечании к таблице. При отсутствии в столбцах таблиц данных пропуски заполняют знаком тире. Числа, имеющие более пяти знаков, должны подразделяться на классы по три цифры в каждом (за исключением номеров и дат). Цифры в столбцах должны располагаться так, чтобы классы чисел во всем столбце были расположены точно один под другим: единицы под единицами, десятки под десятками и т.д.

Таблицы ограничивают линиями. Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет пользование таблицей. Головка таблицы отделяется от остальной ее части линией.

Иллюстрации размещаются в тексте или на отдельных листах формата А4. В тексте работы они должны, как правило, располагаться сразу после ссылки на них. Ссылки выполняются по типу "... см. рисунок 4". "... в соответствии с рисунком 2.7". Иллюстрации выполняются при помощи графических процессоров, вручную черными чернилами или простым карандашом, а также с использованием сканера. Ксерокопированные иллюстрации допускаются как исключение при высокой сложности изображения.

Иллюстрации, как правило, нумеруют в пределах всей работы арабскими цифрами. Допускается их нумерация в пределах раздела, в этом случае номер состоит из номера раздела и порядкового номера, разделенных точкой, например "Рисунок 2.1.". Если иллюстрация одна, то она обозначается "Рисунок 1".

При необходимости иллюстрации могут быть снабжены наименованием и пояснительными данными (подрисуночным текстом). Слово "Рисунок" и наименование размещают после пояснительных данных и располагают следующим образом: "Рисунок 5 - План холодильника".

Графики и диаграммы, представляющие результаты расчетов исследований, с учетом особенностей задания и назначения могут быть выполнены на листах формата А4 или А3 и включены в состав разделов пояснительной записки, а также на стандартных чертежных листах (формата А1 или др.) и включены в приложения.

Следует учесть, что указанные иллюстрации относятся не к чертежам, а к иллюстративным материалам пояснительной записки, и должны быть выполнены с учетом требований ГОСТ 2.105-95. "Общие требования к текстовым документам" и ГОСТ 2.06-68. "Текстовые документы".

Формулы следует записывать в текст буквенными символами и затем сопровождать числовыми значениями и размерностью. Размерность указывается только в тех формулах, в которых присутствуют вычисления и их результат. Размерность также должна сопровождать численные значения исходных данных. После написания формул следует приводить пояснения (наименования) впервые используемых символов в той последовательности, в которой они использованы в формуле, их численные значения или указывать источник информации об их величинах.

Формулы, на которые в тексте имеются ссылки, следует нумеровать в пределах раздела цифрами в скобках, указывая сначала номер раздела, а затем порядковый номер формулы (например, "... в формуле (8.6) ..."). Прочие формулы нумеровать не следует. Одна строка над формулой и одна строка под ней должны быть свободными от записей. Написание формулы должно быть единообразным: или машинописным способом, или вручную. Комбинация указанных способов в формуле недопустима.



При использовании косой черты дроби следует иметь в виду, что множители, стоящие в знаменателе, обязательно надо брать в скобки.

В формулах следует применять в первую очередь круглые скобки ( ), во вторую - прямые [ ], в третью - фигурные { }.

После формул ставится тот знак препинания, который необходим для построения фразы: если формулой заканчивается фраза - точка, если заканчивается главное предложение - запятая. Эти знаки необходимо располагать непосредственно за формулами до их номера.

Сокращения слов в тексте и подписях под иллюстрациями не допускаются, кроме случаев, оговоренных в ГОСТ 2.316-68.

Заключение должно содержать краткие выводы по разделам работы, отвечать на вопрос, поставленный в задаче расчета. В заключении перечисляются предлагаемые технические решения, производится оценка полученных результатов.

Заключение должно быть четким и лаконичным. Его основные положения следует представлять в виде отдельных абзацев.

Заключение не нумеруется.

Список использованной литературы составляется в алфавитном порядке или в порядке упоминания источников в тексте.

В библиографическом описании источника следует указывать фамилию и инициалы авторов, полное (без сокращений) название источника, место издания, издательство, год издания, количество страниц или страницы, на которых источник находится в сборнике.

Оно должно соответствовать требованиям ГОСТ 7.1-84

"Библиографическое описание документа".

## 2. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА N 1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕМКОСТИ И ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ ХОЛОДИЛЬНИКА

**ЗАДАЧА РАСЧЕТА.** Определить емкость холодильника, производительность морозилок, рассчитать потребную площадь холодильника и выполнить эскиз планировки холодильника. Принять схему механизации и определить необходимое количество средств механизации.

**ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И УСЛОВИЯ РАСЧЕТА.** Каждому курсанту выдаются графики месячного поступления и выпуска охлажденной и мороженой продукции. Варианты исходных данных даны в приложении 2.

Необходимо указать, что холодильник распределительный и число этажей (лучше принять холодильник одноэтажный). Высоту камер принять в соответствии с требованиями СНИП - 2.11.02.-87.

Производительность морозильных камер принять в соответствии с рекомендациями ВНТП 03-83 [4].

**РАСЧЕТ.** По графику поступления определяется ежемесячное количество выдаваемой из холодильника продукции, если в исходных данных выпуск продукции равномерный по месяцам. Далее курсант должен построить графики поступления и выпуска продукции на холодильник и на их основании определить сезонные запасы мороженой и охлажденной продукции (Рисунки 1 и 2). Емкость холодильника определяется, исходя из месяца, в котором сезонные запасы охлажденной и замороженной продукции максимальны. На рисунке 3 необходимо представить структуру емкости холодильника с указанием емкости камер хранения охлажденной и мороженой продукции в тоннах и емкость универсальных камер (если таковые получились в результате построения графика).

Определяется площадь камер хранения холодильника и площадь, занимаемая морозилками. Строительная площадь холодильника определяется, исходя из суммы площадей камер хранения и морозилки с учетом коэффициента использования площади холодильника. Планировку холодильника целесообразно выполнять с учетом планировок типовых холодильников [1,2,3]. В заключе-

нии следует указать, что окончательная емкость холодильника в соответствии с принятой планировкой равна  $m^3$  строительного объема камер хранения, в том числе емкость камер хранения мороженой и охлажденной продукции, емкость универсальных камер. Указать какая получилась фактическая величина коэффициента использования площади холодильника.

В следующем разделе РГР 1 необходимо определить потребное количество средств механизации. Согласно принятому на холодильнике технологическому процессу вычерчивается схема механизации погрузочно-разгрузочных работ. Схему механизации целесообразно принять по справочнику [3]. Затем следует определить суточное количество поступающих и отправляемых грузов. Определить количество грузовых тележек и автопогрузчиков [1,2], количество поддонов [3,4], длину автомобильной и железнодорожной платформ [1]. В заключении раздела указать количество принятых средств механизации с указанием их марки и краткой технической характеристики.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое типовое проектирование?
2. В чем сущность консервирования холодом?
3. Почему необходимо в распределительных холодильниках предусматривать универсальные камеры?
4. Как определить потребную (проектную) производительность морозилок?
5. Как определить условную емкость холодильника и почему вводится такое понятие?
6. Какую схему механизации вы могли бы предложить для распределительного холодильника?
7. Как определить потребное количество элетротележек?
8. Как разместить поддоны с грузом в камере?

### 3. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА N 2

#### **АНАЛИЗ УВЛАЖНЕНИЯ ИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА В ОГРАЖДЕНИИ ОХЛАЖДАЕМОЙ КАМЕРЫ**

#### СОДЕРЖАНИЕ РГР-2

Введение должно содержать краткое описание назначения изоляции (условия работы изоляции, краткие сведения об изоляции холодильников и др.) [1].

В основной части работы необходимо выполнить эскиз изолированного ограждения и произвести расчет.

**ЗАДАЧА РАСЧЕТА.** Определить зону конденсации в изолированном ограждении, рассчитать количество выпадающей влаги и толщину пароизоляционного слоя. Проверить ограждение на выпадение влаги на поверхности.

**ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.** Место расположения холодильника город .....

Температура воздуха в охлаждаемом помещении .....

Материал ограждения .....

Изоляционный материал .....

Варианты исходных данных см. приложение 3.

**УСЛОВИЯ РАСЧЕТА.** Коэффициент теплопередачи ограждения принимается по СНиПу 2.11.02-87. Относительная влажность наружного воздуха и воздуха в камере даны в приложении 3.

**РАСЧЕТ.** Необходимо определить толщину изоляции [1, с.99, формула 3.24] и удельный тепловой поток через ограждения ( $q$ , Вт/м<sup>2</sup>). Построить график изменения температуры в слоях ограждения ( $\delta_x-t_x$ ), изменения упругости водяных паров насыщенного воздуха ( $\delta_x-p_x$ ).

Определить сопротивление ограждения паропроницанию  $H_p$  (м<sup>2</sup>·ч·мм.рт.ст./г) и удельный поток влаги через ограждение  $w$ , (ч/(м<sup>2</sup>·ч)) [1, с.85]. Построить графики изменения действительных парциальных давлений водяных паров воздуха в координатах  $\delta_x-p_x$  и  $H_x-p_x$ .

Определить зону конденсации [1, с.87], количество выпадающей влаги [1, с.88] и толщину пароизоляционного слоя.

При построении указанных графиков, необходимо использовать свойства влажного воздуха [6, с.224]. Коэффициенты паропроницаемости [1, с.80], коэффициент теплопроводности [1, с.70].

Проверка ограждения на возможность выпадения влаги производится с учетом уравнения 3.22 [1, с.98].

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Следует указать о расчетной толщине изоляции, выбранном пароизоляционном материале, месте нанесения слоя пароизоляции и условиях невыпадения влаги.

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.**

1. Как надо понимать коэффициент теплопроводности изоляционного материала (какими способами проходит тепло через пористую структуру изоляционного материала) и какие имеются возможности снижения этого коэффициента?
2. Характеристика традиционных изоляционных материалов (пробка натуральная, пенобетон, торфоплиты, минеральная пробка, пенопласты и пенополиуретан) с учетом требований, предъявляемых к изоляционным материалам.
3. Предложить студентам решить короткую задачу по определению изменения коэффициента теплопроводности изоляционного материала, взятого из ограждения камеры хранения работающего холодильника. Например: масса пробы 0,5 кг (минераловатная плита), масса сухого материала после сушки 0,40 кг; начальная величина коэффициента теплопроводности минеральной пробки  $0,07 \text{ Вт}/(\text{см}^0\text{C})$ , плотность  $280 \text{ кг}/\text{м}^3$ .
4. Каким основным показателем характеризуется пароизоляционный материал и как представить физическую модель коэффициента паропроницаемости?
5. Почему коэффициент теплопроводности изоляционного материала возрастает после его увлажнения?
6. Как определить поток влаги через ограждения охлаждаемого помещения?
7. В каком случае возникает зона конденсации внутри изоляционного ограждения охлаждаемого помещения?
8. Как можно ликвидировать зону конденсации внутри изолированного ограждения?
9. При каких условиях выпадает влага на поверхности изолированного ограждения?
10. Какова методика инженерного расчета изоляции ограждений холодильной установки?
11. Какие факторы учитываются при определении оптимальной толщины изоляции? Как составить уравнение суммарных затрат при определении оптимальной толщины изоляции?

12. Каковы особенности изоляции трубопроводов и аппаратов холодильных установок?
13. В чем сущность расчета коэффициента теплопередачи изоляции с тепловыми мостиками методом круговых потоков?
14. Как составить дифференциальные уравнения теплопроводности при расчете изоляции методом круговых потоков?
15. Как можно просушить изоляционный материал в ограждении, не разрушая изоляцию? В чем сущность динамической изоляции?
16. Как определить количество влаги, выпадающей внутри ограждения при наличии зоны конденсации?

#### 4. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА N 3 РАСЧЕТ ИЗОЛЯЦИИ С ТЕПЛОВЫМИ МОСТИКАМИ СОДЕРЖАНИЕ РГР 3

В соответствии с ГОСТом ЕСКД 2.106-66 расчет излагается в следующей последовательности:

- эскиз рассчитываемого изделия;
- задача расчета;
- расчет;
- заключение.

Эскиз выполняется с соблюдением масштаба в соответствии с требованиями к выполнению чертежей общего вида ГОСТ 2.110-73.

##### ЗАДАЧА РАСЧЕТА.

Рассчитать коэффициент теплопередачи изолированной панели с тепловыми мостиками и сравнить с величиной коэффициента теплопередачи без тепловых мостиков.

##### ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И УСЛОВИЯ РАСЧЕТА.

Размеры ограждения даны на рис. 1;

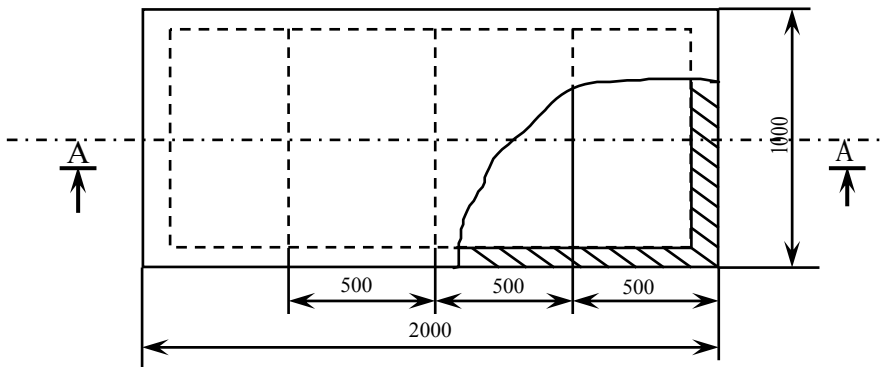
Вариант ограждения, коэффициент изменения размера, коэффициент теплопроводности изоляционного материала, даны в приложении 4.

Для всех вариантов:  $a=140$  мм,  $e=100$  мм,  $h=200$  мм.

## РАСЧЕТ

Тепловой поток через ограждение разбивается на отдельные зоны. Курсант определяет зоны самостоятельно.

Целесообразно выделить зону с деревянным брусом, отделив ее нетеплопроводной оболочкой. В условиях расчета указывается, что сопротивления теплоотдачи от воздуха к поверхности ограждения и от внутренней поверхности к воздуху равны нулю, а температура металлического ребра жесткости по высоте равна наружной температуре.



**A-A**

Металлическая обшивка  
с ребрами жесткости

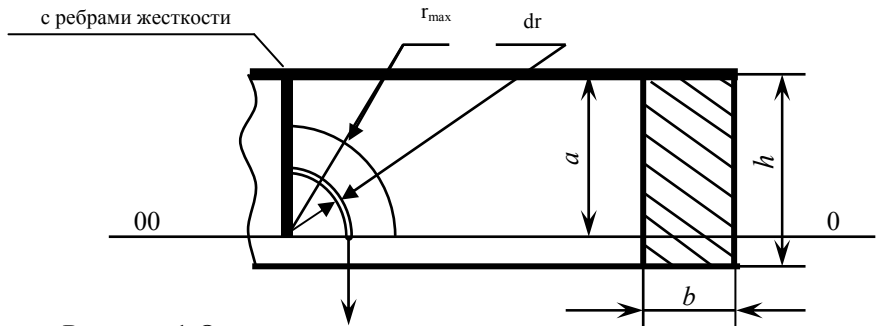


Рисунок 1 Ограждение с тепловыми мостиками  
а) схема ограждения; б) тепловой поток от ребра жесткости.

Каждой зоне присущ свой характер направления линий теплового потока. Предполагается, что линии теплового потока, идущие от боковых поверхностей металлических элементов, являются дугами окружностей. Отсюда название метода круговых потоков.

1. Расчет коэффициента теплопередачи ограждения обычно ведется для полосы глубиной 1м по формуле:

$$k = \frac{1}{R} \quad (4.1.)$$

где:  $R$  – коэффициент термического сопротивления ограждения (рассчитывается для каждой зоны отдельно)

1.1. В качестве первой зоны берется деревянный каркас ограждения. Количество тепла, проходящего через первую зону – теплопроводимость рассчитывается по формуле:

$$\tau_1 = K_1 F_1 = \frac{\lambda_1 b \ell_1}{h} \quad (4.2.)$$

где:  $\tau_1$ - теплопроводимость участка конструкции;

$b$  – ширина деревянной детали каркаса (см. данные для расчета), м;

$L$  – общая длина деревянного каркаса, м.

1.2. Расчет теплового потока в зоне 2 производится методом круговых потоков. Согласно этому методу линии теплового потока представляют собой дуги окружностей, проведенных переменным радиусом  $r$  из центра, находящегося в ближайшем углу ребра (см. рис. 1). Затем линии теплового потока идут перпендикулярно поверхности ограждения. Очевидно, что  $r_{\min}=0$ .  $r_{\max}$  рассчитывается из тех соображений, что тепловой поток идет по пути наименьшего сопротивления, т.е. самый длинный путь по дуге окружности не может превышать  $a$ :

$$r_{\max} = \frac{2a}{\pi} \quad (4.3.)$$



Отсюда следует, что площадь зоны 2 равна, с учетом общей длины  $l_2$ :

$$F_2 = l_2 2r_{max} = l_2 \frac{4a}{\pi} \quad (4.4.)$$

Но величина теплового потока в зоне 2 зависит от удаленности от центра зоны, т.е. изменяется вместе с радиусом (рис.1, б). Учитывая условие переменного радиуса, получим уравнение теплопроводности для зоны 2:

$$\tau_2 = 2l_2 \int_0^{r_{max}} \frac{dr}{\frac{\pi r}{2\lambda_{уз}} + \frac{h-a}{\lambda_{уз}}} = 2 \frac{2\lambda_{уз}}{\pi} \ln \frac{\frac{\pi r_{max}}{2\lambda_{уз}} + \frac{h-a}{\lambda_{уз}}}{\frac{h-a}{\lambda_{уз}}} \quad (4.5.)$$

1.3. Теплопроводимость зоны 3 вычисляется аналогично зоне 1 (3.2.). Площадь зоны 3 определяется как остаток общей площади после вычитания из нее площадей зон 1 и 2:

$$F_3 = F_{общ} - F_2 - F_1 \quad (4.6.)$$

Коэффициент теплопередачи ограждения в целом:

$$K = \frac{\tau_1 + \tau_2 + \tau_3}{F_{общ}} \quad (4.7.)$$

Заключение: полученный коэффициент теплопередачи сравнить с величиной коэффициента теплопередачи ограждения без тепловых мостиков.

## 5. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА N4

### РАСЧЕТ ТЕПЛОПРИТОКОВ

#### СОДЕРЖАНИЕ РГР 4

В основной части работы необходимо вычертить план и разрез холодильника с указанием размеров, названий охлаждаемых помещений (камер), температурного режима и ориентацией холодильника относительно сторон света.

**ЗАДАЧА РАСЧЕТА.** Определить потребную холодопроизводительность компрессоров и тепловую нагрузку камерных охлаждающих устройств по величине теплопритоков рассчитываемых камер.

**ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.**

Место строительства - город

Холодильник распределительный

Камера N 1 Хранения мороженого мяса,  $t_k = - 25^{\circ}\text{C}$

Камера N 2 Хранения охлаждаемой продукции,  $t_k = - 2^{\circ}\text{C}$

Температура поступающей продукции

Камера N 1  $t_{\text{пост}} = - 8^{\circ}\text{C}$

Камера N 2  $t_{\text{пост}} = 12^{\circ}\text{C}$

Температура выпускаемой продукции

Камера N 1  $t_{\text{вып}} = - 25^{\circ}\text{C}$

Камера N 2  $t_{\text{вып}} = 0^{\circ}\text{C}$

Варианты исходных данных см. приложение 5.

**УСЛОВИЯ РАСЧЕТА.** Каждая камера работает в системе отдельного температурного отсека.

Расчет изоляции камер не производится. За расчетные принимаются значения термических сопротивлений теплопередаче ограждений по СНиП 2.11.02-87. Холодильники.

Расчетную летнюю температуру воздуха и среднегодовую температуру наружного воздуха см. приложение 5.

В камере N 2 хранения охлажденной продукции предусмотреть вентиляцию с 3-х кратной сменой воздуха в сутки.

Вид хранимой в камерах продукции выбирается курсантом самостоятельно.

4.1. Теплоприток через ограждения определяется по формуле:

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1C}, \text{ Вт} \quad (5.1)$$

где:  $Q_{1T}$  - теплоприток, вызванный наличием разности температур снаружи и внутри камеры;

$Q_{1C}$  - теплоприток от воздействия солнечной радиации.

$$Q_{1T} = k \cdot F(t_H - t_K), \text{ Вт} \quad (5.2)$$

где:  $k$  - коэффициент теплопередачи ограждения (определяется по СНиП 2.11.02-87);

$F$  - площадь ограждения,  $\text{м}^2$ ;

$t_H$  - температура воздуха снаружи ограждения,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_K$  - температура воздуха в камере,  $^{\circ}\text{C}$ .

Примечание: Измерение размеров ограждения производится по рекомендациям [4]. Расчетную разность температур ( $t_H - t_K$ ) для внутренних ограждений принимать по рекомендациям [4].

Теплоприток от воздействия солнечной радиации рассчитывается для одной наружной стены и кровли по формуле:

$$Q_{1C} = k \cdot F \cdot \Delta t_C, \text{ Вт} \quad (5.3)$$

Результаты расчета теплопритоков через ограждения сводятся в таблицу 5.1.

Таблица 5.1

Наименование камеры	Наименование ограждения	F, $\text{м}^2$	$\Delta t$ , $^{\circ}\text{C}$	k, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$	$Q_{1T}$ , Вт	$Q_{1C}$ , Вт	$Q_1$ , Вт

Примечание к таблице 1: Рекомендуется привести расчеты теплопритоков через одну из стен камер и через пол одной из камер. Остальные расчеты записываются в виде готового результата в таблицу 5.1.

Расчет теплопритоков через ограждения завершается подведением итога по каждой камере отдельно.

4.2. Теплоприток от продуктов (грузов) при их термической обработке рассчитывается по формуле

$$Q_2 = Q_{2,р} + Q_{2,T}, \text{ Вт} \quad (5.4)$$

где:  $Q_{2zp}$  - теплоприток от грузов при их охлаждении (замораживании), Вт;

$Q_{2T}$  - теплоприток от тары, Вт.

4.2.1. Теплоприток от грузов рассчитывается по формуле:

$$Q_{2zp} = \frac{G_{zp} \cdot 1000 \cdot (i_{nocm} - i_{вып})}{\tau_p \cdot 3600}, \text{ Вт} \quad (5.5)$$

где:  $G_{zp}$  - суточное поступление грузов в камеру, т/сутки;

$i_{nocm}$  - энтальпия продукта, поступающего в камеру с  $t_{nocm}$ , кДж/кг;

$i_{вып}$  - энтальпия выпускаемого продукта при  $t_{вып}$ , кДж/кг;

$\tau_p$  - продолжительность холодильной обработки продукта, ч.

\* Для охлажденных продуктов  $t_{вып}$  принимать не ниже  $0^\circ\text{C}$ .

4.2.2. Теплоприток  $Q_2$  на компрессор определяется по максимальному поступлению грузов за сутки по данным грузооборота

$$Q_{2kp}^{км} = \frac{E_K \cdot B \cdot m}{360}, \text{ т/сутки} \quad (5.6)$$

где:  $E_K$  - емкость камеры хранения, т;

$B$  - кратность грузооборота;

$m$  - коэффициент неравномерности поступления продуктов на холодильник.

Для камер хранения охлажденных грузов  $B=5\div 6$ ,  $m=1,5$ .

Для камер хранения мороженных грузов  $B=3\div 3,5$ ,  $m=2,5$ .

4.2.3. Теплоприток  $Q_2$  на камерное оборудование определяется возможным поступлением грузов в данную камеру в относительно большем количестве, чем в среднем по холодильнику.

Так в камеру емкостью до 200 тонн может ежедневно поступать до 8% емкости камеры, а емкостью свыше 200 т - до 6%  $E_K$ .

4.2.4. Теплоприток от тары рассчитывается по формуле:

$$Q_{2map} = \frac{G_{map} \cdot c_m \Delta t \cdot 1000}{24 \cdot 3600}, \text{ кВт} \quad (5.7)$$

где:  $G_{map}$  - масса тары в тоннах, в зависимости от вида тары - 10-20%  $G_{тгр}$ ;

Значения энтальпий продуктов даны в приложении 10. Вид продукта выбирается курсантом самостоятельно.

Расчет приводится для двух камер. Результаты расчета заносятся в таблицу 5.2. (стр. 26).

4.3. Теплоприток от наружного воздуха при вентиляции камеры №2 рассчитывается по формуле:

$$Q_3 = G_{\text{возд}} (i_H - i_K), \text{ кВт} \quad (5.8)$$

где:  $G_{\text{возд}}$  - массовый расход вентиляционного воздуха, кг/с;  
 $i_H$  - энтальпия наружного воздуха при  $t_{H.B}$  и  $\phi_{H.B}$ , кДж/кг;  
 $i_K$  - энтальпия воздуха в камере при  $t_K$  и  $\phi_K$ , кДж/кг.

\* Значения энтальпий определить по i-d диаграмме влажного воздуха.

$$G_B = \frac{V_K \cdot a \cdot \rho_B}{24 \cdot 3600}, \text{ кг/с} \quad (5.9)$$

где:  $V_K$  - строительный объем камеры, м<sup>3</sup> ;  
 $a$  - кратность воздухообмена (см. п. 4.3.);  
 $\rho_B$  - плотность воздуха при  $t_K$ , кг/м<sup>3</sup> .

4.4. Эксплуатационные теплопритоки определяются от различных источников.

4.4.1. Теплоприток от освещения

$$q_1 = A \cdot F, \text{ Вт} \quad (5.10)$$

где:  $F$  - площадь камеры, м<sup>2</sup> ;  
 $A$  - теплота, выделяемая приборами освещения в ед. времени на 1 м<sup>2</sup> площади камеры, Вт/м<sup>2</sup> .

\* Для камер хранения  $A=2,3$  Вт/м<sup>2</sup> .

4.4.2. Теплоприток от людей, работающих в помещении

$$q_2 = 350 \cdot n, \text{ Вт} \quad (5.11)$$

где:  $n$  - количество работающих людей.

\* При площади камеры до 200 м<sup>2</sup> –  $n=2 \div 3$ .

При площади камеры свыше 200 м<sup>2</sup> –  $n=3 \div 4$ .

4.4.3. Теплоприток при открывании дверей

$$q_3 = B \cdot F, \text{ Вт} \quad (5.12)$$

где:  $F$  - площадь камеры, м<sup>2</sup> ;  
 $B$  - теплоприток на 1 м<sup>2</sup> пола камеры, Вт/м<sup>2</sup>

Назначение камеры	Площадь камеры, м <sup>2</sup>		
	до 50 м <sup>2</sup>	до 150 м <sup>2</sup>	свыше 150 м <sup>2</sup>
Хранение охлажденных грузов	9	5	3
Хранение мороженных грузов	7	4	2

#### 4.4.4. Теплопритоки от работающих электродвигателей

$$q_4 = \sum N_{\text{эдр}}, \text{ кВт} \quad (5.13)$$

где:  $\sum N_{\text{эдр}}$  - суммарная мощность установленных в камере электродвигателей.

#### 4.5. Суммарный эксплуатационный теплоприток:

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 \quad (5.14)$$

Примечание: расчет эксплуатационных теплопритоков привести для одной камеры. Итоговые значения для двух камер оформить в виде таблицы 5.3.

Таблица 5.3 Эксплуатационные теплопритоки

Назначение камеры	q <sub>1</sub>	q <sub>2</sub>	q <sub>3</sub>	q <sub>4</sub>	Q <sub>4</sub> <sup>обо</sup> <sub>р</sub>	Q <sub>4</sub> <sup>км</sup>
Хранения охлажденных грузов						
Хранение мороженных грузов						

\* На оборудование суммарный эксплуатационный теплоприток учитывается полностью, а на компрессор составляет 70% от Q<sub>4</sub>.

#### 4.6. Суммарные теплопритоки по каждой камере оформляются в виде таблицы 4 (стр.26)

В заключении необходимо указать предполагаемые температуры кипения хладагента по температурным отсекам и потребную холодопроизводительность компрессоров.

$$Q_0^{b''} = K_{mp} \cdot \tau \cdot \sum Q^{b''}, \text{ кВт} \quad (5.15)$$

где:  $K_{mp}$  - коэффициент, учитывающий потери в трубопроводах;

7% - для аммиачных установок,

12% - с промежуточным хладоносителем,

14% - для фреоновых установок;

$\tau$  - коэффициент рабочего времени компрессора,  $\tau = \frac{24}{22}$

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К РАЗДЕЛУ "РАСЧЕТ ТЕПЛОПРИТОКОВ"

1. Какая решается задача путем расчета теплопритоков?
2. Как можно объяснить разницу по величине между теплопритоками "на компрессор" и "на камерное оборудование"?
3. Как определяют теплопритоки через пол камеры?
4. Как учитываются теплопритоки между камерами?
5. Как определяется теплоприток от солнечной радиации?
6. Как определяется теплоприток от продуктов "на компрессор" и "на камерное оборудование"?
7. Как определяется теплоприток при подаче в охлаждаемое помещение свежего воздуха (вентиляции)?
8. Как определяются теплопритоки от работающих механизмов?
9. Почему потери в трубопроводах учитываются при определении потребной холодильной мощности компрессоров, но не учитываются при определении тепловой нагрузки на камерные охлаждающие устройства?
10. Как определить температуру кипения холодильного агента, если известна температура охлаждаемого воздуха?

Таблица 5.2

Теплопритоки от продуктов

№ камеры	Назначе- ние камеры	Емкость камеры, т	Суточное поступ- ление груза в сутки, т/сут		Температура груза, °С		Энтальпия груза, кДж/кг		Мас
			на компр.	На обор.	Пост.	Вып.	Пост.	Вып.	

Таблица 5.4

Сводная таблица теплопри-

ТОВОК

Назначе- ние камеры	$t_k, ^\circ\text{C}$	$E_k, \text{т}$	$F_k, \text{м}^2$	$V_k, \text{м}^3$	$Q_1, \text{кВт}$		$Q_2, \text{кВт}$		$Q_3, \text{кВт}$		$Q_4, \text{кВт}$	
					обор	км	обор	км	обор	км	обор	км



## РАСЧЕТ СКОРОМОРОЗИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ С ИНТЕНСИВНОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ ВОЗДУХА.

### СОДЕРЖАНИЕ РГР 5

В основной части работы вычертить схему морозильной установки с нанесением габаритных размеров помещения, длины конвейера и указанием позиций основных ее элементов.

**ЗАДАЧА РАСЧЕТА.** Определить число блок-форм, длину и скорость конвейера, потребную холодопроизводительность компрессоров, производительность вентиляторной установки, охлаждающую поверхность воздухоохладителей, а также удельные показатели работы скороморозильной установки: расход холода на замораживание 1 кг рыбы; расход электроэнергии на замораживание 1 т рыбы.

### ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Производительность морозилки	$G = 25$ т/сутки
Вид продукции	рыба тощая.
Температура поступающей рыбы	$t_{\text{нач}} = 25$ °С
Температура выходящей рыбы	$t_{\text{кон}} = - 22$ °С
Хладагент	аммиак
Температура наружного воздуха	$t_{\text{н}} = 15$ °С
Относительная влажность наружного воздуха	$\varphi_{\text{н}} = 70$ %
Температура воздуха в морозилке	$t_{\text{в}}$ (см. Приложение 7)
Относительная влажность воздуха в морозилке	$\varphi_{\text{в}} = 100\%$
Блок-форма оребренная из сплава алюминия	
Размеры блока $l \times b \times \delta$	$800 \times 240 \times \delta$ (см. Приложение 6)
Масса блока рыбы	$g = 10$ кг (при $\delta = 60$ мм)

### РАСЧЕТ.

6.1. Продолжительность замораживания определяется по формуле Планка

$$\tau_3 = \frac{q \cdot \rho}{(t_{кр} - t_6)} \cdot \delta \cdot \left( R \frac{\delta}{\lambda_3} + P \frac{1}{\alpha} \right) \quad (6.1)$$

где:  $\tau_3$  - время замораживания, с;

$q$  - количество тепла, отводимое при замораживании 1 кг рыбы, определяемое как разность энтальпий от начальной до конечной температуры рыбы, кДж/кг;

$\delta$  - толщина блока рыбы, мм;

$t_{кр}$  - криоскопическая температура рыбы, равная  $-1^{\circ}\text{C}$ ;

$\lambda_3$  - коэффициент теплопроводности замороженной рыбы, равный  $1,1 \text{ Вт/м} \cdot ^{\circ}\text{C}$ ;

$R$  и  $P$  - коэффициенты, зависящие от формы и относительных размеров блока рыбы,  $\text{кг/м}^3$  (см. табл. 6.1)

$\rho$  - плотность мороженой рыбы,  $\text{кг/м}^3$ ;

$\alpha$  - коэффициент теплоотдачи от блок-формы к воздуху-определяемый по формуле:

$$\alpha = 11,6 + 4,6 \cdot w_B, \text{ Вт/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})}, \quad (6.2)$$

где:  $w_B$  - скорость воздуха в морозилке, (принять  $5 \text{ м/с}$ );

Таблица 6.1

b/δ	∞	6	5	4	3	2
P	0,5	0,47	0,43	0,4	0,375	0,33
R	0,125	0,112	0,11	0,106	0,101	0,091

Для оребренных блок-форм время замораживания снижается на 15%,  $\tau_3^* = 0,85 \tau_3$

Время цикла замораживания учитывает время на загрузку, оттайку и разгрузку блок-форм ( $\Delta\tau$ ):

$$\tau_u = \tau_3^* + \Delta\tau; \quad \Delta\tau = 60 \text{ секунд}$$

6.2. Количество блок-форм определяется по формуле

$$n_{\text{бф}} = \frac{G}{g \cdot \frac{\tau_p}{\tau_u}} \quad (6.3)$$

где:  $G$  - производительность морозилки,  $\text{кг/сутки}$ ;

$\tau_p$  - время работы морозилки в сутки (22 ч), сек;

6.3. Длина конвейера определяется по формуле

$$L_K = \frac{n \cdot s}{z} \quad (6.4)$$

где:  $z$  - рядность конвейера, принять равным 2;

$s$  - шаг блок-форм, м.

6.3.1. Шаг блок-форм определяется сложением толщины блока, расстояния между блок-формами (30-50мм), удвоенной суммы высоты ребра блок-формы (20мм) и толщины металла блок-формы (8мм).

6.3.2. Скорость конвейера определяется по формуле

$$w_K = \frac{L}{\tau_{ц}} \text{, м /сек} \quad (6.5)$$

6.4. Для определения потребной холодопроизводительности компрессоров необходимо учесть все теплопритоки, поступающие в морозилку.

6.4.1. Теплоприток через ограждение морозилки

$$Q_1 = k \cdot F \cdot (t_H - t_B), \text{ кВт} \quad (6.6)$$

где:  $k$  - коэффициент теплопередачи ограждения, принять 0,4 Вт / (м<sup>2</sup> °С);

$F$  - сумма площадей наружных ограждений морозилки, м<sup>2</sup>;

6.4.2. Теплоприток от рыбы при ее заморозке

$$Q_2 = \frac{G \cdot (i_H - i_K) 1000}{3600 \cdot \tau_p}, \text{ кВт} \quad (6.7)$$

где:  $i_H, i_K$  - соответственно энтальпии рыбы в начале и в конце заморозки, кДж / кг;

6.4.3. Теплоприток от инфильтрации воздуха

$$Q_3 = \frac{V \cdot a \cdot \rho_{\epsilon} \cdot (i_H - i_B)}{3600}, \text{ кВт} \quad (6.8)$$

где:  $V$  - объем помещения морозилки, м<sup>3</sup>;

$a$  - кратность воздухообмена в час, принять 3;

$\rho_{\epsilon}$  - плотность воздуха в морозилке, кг / м<sup>3</sup>

$$\rho_{\epsilon} = \frac{353}{T_{\epsilon}}$$

$i_n, i_e$  - соответственно энтальпии наружного воздуха и в морозилке, кДж / кг (определить по  $i-d$  диаграмме влажного воздуха при соответствующей температуре и влажности воздуха).

6.4.4. Теплоприток от металла блок-форм после загрузки

$$Q_4 = g_K \cdot w \cdot c_p \cdot (t_H - t_B), \text{ кВт} \quad (6.9)$$

где:  $w$  - скорость конвейера, м/с;

$c_p$  - теплоемкость металла блок-формы, кДж/(кг °С);

$g_K$  - масса 1 пог.м конвейера, кг/м;

$$g_K = g_{\text{бф}} \frac{l}{S}, \text{ кг/м} \quad (6.10)$$

где:  $g_{\text{бф}}$  - масса металла блок-формы, кг;

6.4.5. Теплоприток от работающих электродвигателей вентиляторов определяется на основании следующих расчетов.

Сначала необходимо определить производительность вентустановки ( $V_{\text{вент}}$ ), приняв холодопроизводительность из допущения  $Q_0 = 1,3 Q_2$ .

$$V_{\text{вент}} = \frac{Q_0}{c_B \rho_B \Delta t_B}, \quad (6.11)$$

где:  $c_B$  - теплоемкость воздуха в морозилке, кДж/(кг °С);

$\rho_B$  - плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$\Delta t_B$  - разность температур до и после воздухоохладителя принять 3 °С;

Мощность вентиляторной установки определяется по формуле:

$$N_B = \frac{V_{\text{вент}} \cdot \Delta P_B}{\eta_B} \quad (6.12)$$

где:  $\Delta P_B$  - падение давления в вентиляторе принять 500 Па;

$\eta_B$  - к.п.д. вентилятора, принять 0,6;

4.4.6. Теплоприток от работы электродвигателей вентиляторов вычисляется по формуле:

$$Q_5 = \frac{N_B}{\eta_{\text{э}}} \quad (6.13)$$

где:  $\eta_{\text{э}}$  - к.п.д. электродвигателя, (принять 0,9);

Потребная холодопроизводительность компрессоров составит:

$$Q_0 = n_{mp} \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5), \text{ кВт} \quad (6.14)$$

где:  $n_{mp}$  - потери холода в трубопроводах, для аммиака принять 1,07;

6.5. Удельные показатели работы морозильной установки:

6.5.1. Расход холода на замораживание 1 кг рыбы:

$$R_{хол} = \frac{Q_0 \cdot 22 \cdot 3600}{G \cdot 1000}, \text{ кДж/кг} \quad (6.15)$$

6.5.2. Расход электроэнергии на замораживание 1 т рыбы

$$R_{эл} = \frac{(N_{KM} + N_B) \cdot \tau_P}{G}, \text{ кВт} \cdot \text{ч/т} \quad (6.16)$$

где:  $N_\theta$  - мощность вентустановки, кВт;

$N_{KM}$  - эффективная мощность компрессора, кВт;

Для определения мощности компрессора рекомендуется воспользоваться соотношением:

$$N_{KM} = \frac{Q_0}{\varepsilon_e} \quad (6.17)$$

где:  $\varepsilon_e$  - эффективный холодильный коэффициент, (определяется для любого компрессора при рабочих условиях  $t_0$ ,  $t_k$  по графикам [9], стр. 39).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Необходимо указать число блок-форм, скорость конвейера, габаритные размеры морозилки, потребную холодопроизводительность компрессора и удельные показатели.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В каких случаях прибегают к охлаждению рыбы, а когда ее необходимо замораживать?
2. Какие вы знаете способы охлаждения рыбы, их достоинства и недостатки?
3. Какие существуют способы замораживания рыбы, их достоинства и недостатки?
4. В чем достоинства быстрого замораживания рыбы, какие существуют пути интенсификации процесса замораживания?

5. Какие требования предъявляются к морозильным аппаратам?
6. Каковы достоинства и недостатки стеллажной морозилки?
7. В чем достоинства и недостатки морозильного аппарата с интенсивной циркуляцией воздуха?
8. Проведите сравнительную оценку морозилок с интенсивной циркуляцией воздуха и плиточной морозилкой?
9. Какие исходные данные необходимы для проектирования морозильной установки?
10. Как определить теплопритоки в морозилку?
11. Как определить скорость конвейера скороморозильного аппарата?
12. Как определить производительность и мощность привода вентиляторной установки морозильного аппарата?

## 7. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

### РАСЧЕТ ЛЬДОГЕНЕРАТОРА ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЛАСТИНЧАТОГО ЛЬДА

#### СОДЕРЖАНИЕ РГР 5

В основной части работы необходимо привести чертеж конструкции намораживающего элемента льдогенератора, и произвести расчет.

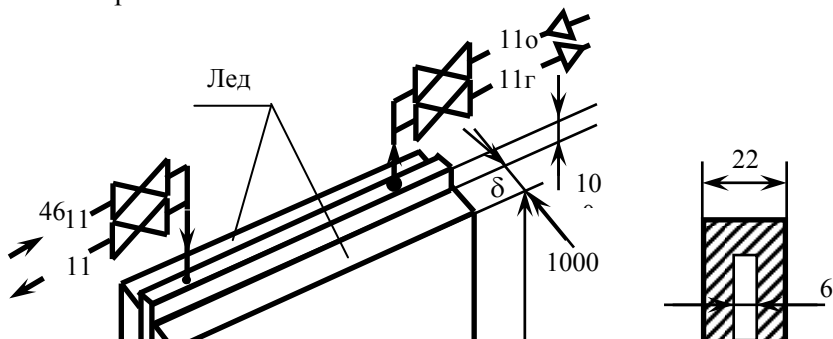


Рисунок 7.1 Намораживающий элемент льдогенератора.

Толщина намораживания льда  $\delta$ , мм (см. Приложение 8)

**ЗАДАЧА РАСЧЕТА.** Определить число намораживающих элементов льдогенератора, время намораживания льда, потребную холодопроизводительность компрессоров, удельные показатели работы льдогенератора и составить полную схему трубопроводов холодильного агента.

**ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.**

Производительность льдогенератора  $G$  - 50 т/сутки

Холодильный агент аммиак

Температура кипения (см. Приложение 8)  $t_0$ , °C

Температура конденсации  $t_k = 30$  °C

Расчетная температура воды  $t_w = 20$  °C

**РАСЧЕТ.**

5.1. Время намораживания льда на плоской поверхности (при одностороннем отводе тепла) определяется по формуле Планка:

$$\tau_3 = \frac{q \cdot \rho_l}{\Delta t} \cdot \delta \cdot \left( \frac{\delta}{2\lambda} + \frac{1}{\alpha} \right) \quad (7.1)$$

где:  $\tau_3$  - время намораживания льда, сек.;

$\rho_l$  - плотность льда, кг/м<sup>3</sup>; [1]

$\lambda_l$  - теплопроводность льда, Вт/(м·°C); [8]

$\alpha$  - коэффициент теплоотдачи при кипении аммиака, (принять 500 Вт/(м<sup>2</sup>·°C);

$\Delta t$  - разность температур между началом замерзания воды (0°С) и температурой кипения аммиака, °C;

$q$  - количество тепла, отводимое при превращении 1 кг воды с температурой  $t_w$  в лед с температурой  $t_l$ , кДж/кг;

$$q = c_w \cdot t_w + r_l - c_l \cdot t_l \quad (7.2)$$

где:  $c_w$  - теплоемкость воды: 4,19 кДж/(кг·°C);

$c_l$  - теплоемкость льда, кДж/(кг·°C); [8]

$r_l$  - удельная теплота плавления льда, 335 кДж/кг;

$t_l$  - температура льда:  $\frac{0 + t}{2}$ , °C;

5.2. Время цикла получения льда определяется с учетом оттайки намораживающих элементов льдогенератора:

$$\tau_{\text{ц}} = \tau_3 + \tau_{\text{от}}, \quad \tau_{\text{от}} = 6 \text{ мин.}$$

5.3. Количество намораживающих элементов определяется по формуле:

$$n = G' \frac{1000}{g_l \frac{\tau_p}{\tau_{\text{ц}}}} \quad (7.3)$$

где:  $\tau_p$  - время работы льдогенератора в сутки, 22 ч;

$G'$  - производительность льдогенератора с учетом потерь льда при оттайке ( $\Pi$ ), т/сутки:

$$G' = G \cdot (1 + \Pi), \quad \Pi = \frac{f \cdot \delta_{\text{от}} \cdot \rho_l}{g_l}$$

где:  $f$  - поверхность намораживания одного элемента (с двух сторон), м<sup>2</sup>;

$\delta_{\text{от}}$  - толщина оттайки льда, принять 0,001 м;

$g_l$  - масса намораживаемого льда в одном элементе, кг;

$$g_l = f \cdot \delta \cdot \rho_l$$

Потребная холодопроизводительность компрессоров определяется на основании учета всех теплопритоков, возникающих при производстве льда.

5.4. Расход холода на замораживание воды:

$$Q_1 = G' \cdot \frac{q \cdot 1000}{\tau_p \cdot 3600}, \quad \text{кВт} \quad (7.4)$$



5.4.1. Расход холода на охлаждение льдогенератора после оттайки:

$$Q_2 = G_M \cdot c_M (t_{om} - t_0) \frac{1}{\tau_{ц}}, \quad (7.5)$$

где:  $c_M$  - теплоемкость сплава алюминия, кДж/(кг·°C); [8]

$t_{om}$  - температура намораживающих плит после оттайки  $t_{от}$  принять 15 °C;

$G_M$  - масса металла намораживающих плит льдогенератора, кг;

$$G_M = V \cdot \rho \cdot n, \quad (7.6)$$

где:  $V$  - объем одной плиты льдогенератора, м<sup>3</sup>;

$\rho$  - плотность сплава алюминия, кг/м<sup>3</sup>;

$n$  - количество намораживающих плит;

5.4.2. Расход холода в окружающую среду вследствие теплоотдачи от поверхности плит льдогенератора не рассчитывается, а принимается:

$$Q_3 = 0,1 Q_1$$

5.5. Потребная холодопроизводительность компрессоров определяется по формуле:

$$Q_0 = n_{mp} (Q_1 + Q_2 + Q_3), \quad (7.7)$$

где:  $n_{mp}$  - коэффициент, учитывающий потери холода в трубопроводах, для аммиака - 1,07.

5.6. Удельные показатели работы льдогенератора:

5.6.1. Расход холода на производство 1 кг льда:

$$R_{хол} = Q_0 \frac{3600 \cdot \tau_p}{G \cdot 1000}, \text{ кДж/кг} \quad (7.8)$$

5.6.2. Расход электроэнергии на производство 1т льда:

$$R_{эл} = \frac{N_e \cdot \tau_p}{G}, \text{ кВт·ч/т} \quad (7.9)$$

\* Эффективная мощность компрессора ( $N_e$ ) определяется аналогично РГР 4.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Указать количество намораживающих элементов (плит), потребную холодопроизводительность компрессоров, удельные показатели работы льдогенератора и вычертить схему включения льдогенератора в состав холодильной установки.

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К СЕМИНАРУ ПО РАЗДЕЛУ  
«ПРОИЗВОДСТВО ВОДНОГО ЛЬДА»**

1. Какие вы знаете виды искусственного льда?
2. Какие существуют типы льдогенераторов, их сравнительная характеристика?
3. Как определить потребную холодопроизводительность компрессора для производства льда?
4. Как определяются удельные показатели работы льдогенератора ?

## СПИСОК НЕОБХОДИМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курылев Е.С., Герасимов Н.А. Холодильные установки.- Л: Машиностроение, 1980, - 622 с.
2. Крылов Ю.С. и др. Проектирование холодильника.- М: Пищ. пром-сть, 1972. - 310 с.
3. Эксплуатация холодильников. Справочник. - М: Пищ.пром-сть, 1977. - 207 с.
4. Ведомственные нормы технологического проектиров. Гипрохолод. 1986. См. журнал "Холод.техника" 1988. N 4 (с 33-41); N 5 (с 48-53); N 7 (с. 38-43). Имеется собранный комплект в библ. КГТУ.
5. СНиП 2.11.02-87. Холодильники. (В библиотеке КГТУ).
6. Теплофизические основы получения искусственного холода. Справочник -М.: Пищ.пром-сть, 1980. -231 с.

7. Курылев Е.С., Герасимов Н.А. Примеры, расчеты и лабораторные работы по холодильным установкам. Л.: Машиностроение, 1971 - 256 с.
8. Богданов С.Н., Иванов О.П., Куприянова А.В. Холодильная техника. Свойства веществ. Справочник. - М.: Агропромиздат, 1985. - 208 с.
9. Холодильные компрессоры: Справочник/Под ред. А.В.Быкова/ - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981.- 279 с.

Приложение 1

Пример оформления титульного листа

КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Кафедра Холодильных машин и установок

Дисциплина  
«Установки и системы низкотемпературной техники»

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕМКОСТИ И ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ  
ХОЛОДИЛЬНИКА**

Расчетно-графическая работа №...  
Вариант № \_\_\_\_\_

Выполнил курсант гр..... \_\_\_\_\_  
Ф.И.О.

подпись, дата

Принял: \_\_\_\_\_  
должность, Ф.И.О.

подпись, дата

Петропавловск-Камчатский 20...

Варианты заданий к РГР 1

График поступления и выпуск замороженной (-) и охлажденной (+) продукции, тыс.т./месяц.

вар.	Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Поступление (-)	0,28	0,42	0,49	0,7	1,05	1,26	0,98	0,77	0,49	0,21	0,14	0,21
	Выпуск (-)	0,49	0,56	0,56	0,63	0,63	0,7	0,63	0,63	0,56	0,56	0,49	0,56
	Поступление (+)	0,35	0,525	0,63	0,49	0,385	0,245	0,105	0,07	0,105	0,14	0,21	0,245
	Выпуск (+)	0,315	0,315	0,35	0,315	0,315	0,28	0,28	0,245	0,28	0,245	0,28	0,28
2	Поступление (-)	0,7	0,7	0,9	1,1	1,2	1,5	1,2	1,0	0,2	0,8	0,4	0,1
	Выпуск (-)	равномерный											
	Поступление (+)	0,2	0,3	0,4	0,8	0,4	0,8	1,4	1,9	0,3	0,1	0,5	0,2
	Выпуск (+)	равномерный											
3	Поступление (-)	0,56	0,84	0,98	1,4	2,1	2,52	1,96	1,54	0,98	0,42	0,28	0,42
	Выпуск (-)	0,98	1,12	1,12	1,26	1,26	1,4	1,26	1,26	1,12	1,12	0,98	1,12
	Поступление (+)	0,7	1,05	1,26	0,98	0,77	0,49	0,21	0,14	0,21	0,28	0,42	0,49
	Выпуск (+)	0,63	0,63	0,7	0,63	0,503	0,56	0,56	0,49	0,56	0,49	0,56	0,56
4	Поступление (-)	0,4	0,6	0,7	1,0	1,5	1,8	1,4	1,1	0,7	0,3	0,2	0,3
	Выпуск (-)	равномерный											
	Поступление (+)	0,2	0,4	0,5	0,9	0,7	0,9	1,2	1,1	0,2	0,1	0,2	0,1
	Выпуск (+)	равномерный											
5	Поступление (-)	0,32	0,48	0,56	0,8	1,2	1,44	1,12	0,88	0,56	0,24	0,16	0,24
	Выпуск (-)	0,56	0,64	0,64	0,72	0,72	0,8	0,72	0,72	0,64	0,64	0,56	0,64
	Поступление (+)	0,4	0,6	0,72	0,56	0,44	0,28	0,12	0,08	0,12	0,16	0,24	0,28
	Выпуск (+)	0,36	0,36	0,4	0,36	0,36	0,32	0,32	0,28	0,32	0,28	0,32	0,32

вар.	Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	Поступление (-)	0,52	0,78	0,91	1,3	1,95	3,24	1,82	1,43	0,91	0,39	0,26	0,39
	Выпуск (-)	0,91	1,04	1,04	1,17	1,17	1,3	1,17	1,17	1,04	1,04	0,91	1,04
	Поступление (+)	0,65	0,97	1,17	0,91	0,72	0,455	0,19	0,13	0,19	0,26	0,39	0,455
	Выпуск (+)	0,59	0,59	0,65	0,59	0,59	0,52	0,52	0,455	0,52	0,455	0,52	0,52
7	Поступление (-)	0,6	0,9	1,08	0,84	0,66	0,42	0,18	0,12	0,18	0,24	0,36	0,42
	Выпуск (-)	0,54	0,54	0,6	0,54	0,54	0,48	0,48	0,42	0,48	0,42	0,48	0,48
	Поступление (+)	0,42	0,33	0,21	0,9	0,6	0,9	0,12	0,18	0,21	0,3	0,45	0,54
	Выпуск (+)	0,27	0,27	0,24	0,24	0,18	0,24	0,21	0,24	0,24	0,27	0,27	0,3
8	Поступление (-)	0,44	0,66	0,77	1,1	1,65	1,98	1,54	1,21	0,77	0,33	0,22	0,33
	Выпуск (-)	0,77	0,88	0,88	0,99	0,99	1,1	0,99	0,99	0,88	0,88	0,77	0,88
	Поступление (+)	0,55	0,825	0,99	0,77	0,605	0,305	0,165	0,11	0,165	0,22	0,33	0,385
	Выпуск (+)	0,495	0,495	0,55	0,495	0,495	0,44	0,44	0,385	0,44	0,385	0,44	0,44
9	Поступление (-)	1,6	2,4	2,88	2,24	1,76	1,12	0,48	0,32	0,48	0,64	0,96	1,12
	Выпуск (-)	1,44	1,44	1,6	1,44	1,44	1,28	1,28	1,12	1,28	1,12	1,28	1,28
	Поступление (+)	1,12	0,88	0,56	0,24	0,16	0,24	0,32	0,48	0,56	0,8	1,2	1,44
	Выпуск (+)	0,72	0,72	0,64	0,64	0,56	0,64	0,56	0,64	0,64	0,72	0,72	0,8
10	Поступление (-)	0,76	1,14	1,33	1,90	2,85	3,42	2,66	2,09	1,33	0,57	0,38	0,57
	Выпуск (-)	1,33	1,52	1,52	1,17	1,71	1,90	1,71	1,71	1,52	1,52	1,33	1,52
	Поступление (+)	0,95	1,43	1,71	1,33	1,05	0,67	0,29	0,19	0,29	0,38	0,57	0,67
	Выпуск (+)	0,86	0,86	0,95	0,86	0,86	0,76	0,76	0,67	0,76	0,67	0,76	0,76
11	Поступление (-)	0,4	0,6	0,7	1	1,5	1,8	1,4	1,1	0,7	0,3	0,2	0,3
	Выпуск (-)	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,8
	Поступление (+)	0,5	0,75	0,9	0,7	0,55	0,35	0,15	0,1	0,15	0,2	0,3	0,35
	Выпуск (+)	0,45	0,45	0,5	0,45	0,45	0,4	0,4	0,35	0,4	0,35	0,4	0,4

вар.	Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
------	-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----

12	Поступление (-)	0,4	0,6	0,7	1,0	1,5	1,8	1,4	1,1	0,7	0,3	0,2	0,3
	Выпуск (-)	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,8
	Поступление (+)	0,5	0,75	0,9	0,7	0,55	0,35	0,15	0,1	0,15	0,2	0,3	0,35
	Выпуск (+)	0,45	0,45	0,5	0,45	0,45	0,4	0,4	0,35	0,4	0,35	0,4	0,4
13	Поступление (-)	0,8	1,2	1,4	2,0	3,0	3,6	2,8	2,2	1,4	0,6	0,4	0,6
	Выпуск (-)	1,4	1,6	1,6	1,8	1,8	2,0	1,8	1,8	1,6	1,6	1,4	1,6
	Поступление (+)	1,0	1,5	1,8	1,4	1,1	0,7	0,3	0,2	0,3	0,1	0,6	0,7
	Выпуск (+)	0,9	0,9	1	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,8
14	Поступление (-)	0,4	0,6	0,7	1,0	1,5	1,8	1,4	1,1	0,7	0,3	0,2	0,3
	Выпуск (-)	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,8
	Поступление (+)	0,5	0,75	0,9	0,7	0,55	0,35	0,15	0,1	0,15	0,2	0,3	0,35
	Выпуск (+)	0,45	0,45	0,5	0,45	0,45	0,4	0,4	0,35	0,4	0,35	0,4	0,4
15	Поступление (-)	0,68	1,02	1,19	1,7	2,55	3,06	2,38	1,87	1,19	0,51	0,34	0,51
	Выпуск (-)	1,19	1,36	1,36	1,53	1,53	1,7	1,53	1,53	1,36	1,36	1,19	1,36
	Поступление (+)	0,85	1,27	0,53	1,19	0,93	0,59	0,25	0,17	0,25	0,34	0,51	0,59
	Выпуск (+)	0,76	0,76	0,85	0,76	0,76	0,68	0,68	0,59	0,68	0,59	0,68	0,68
16	Поступление (-)	4,0	6,0	4,0	1,0	1,5	-	-	-	3,0	2,0	3,0	1,5
	Выпуск (-)	равномерный											
	Поступление (+)	0,7	0,8	-	-	-	0,9	0,8	0,7	0,8	0,5	0,1	-
	Выпуск (+)	равномерный											
17	Поступление (-)	1,5	2,8	3,1	4,0	5,0	-	-	-	3,2	2,9	2,1	1,0
	Выпуск (-)	равномерный											
	Поступление (+)	4,5	4,8	5,0	-	-	0,5	1,2	4,0	4,2	-	-	-
	Выпуск (+)	равномерный											

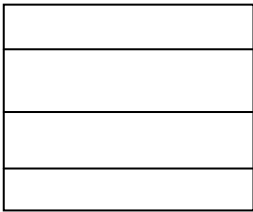
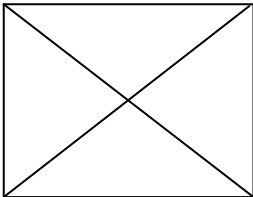
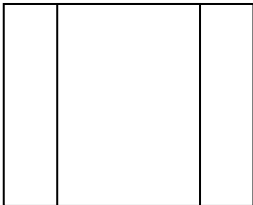
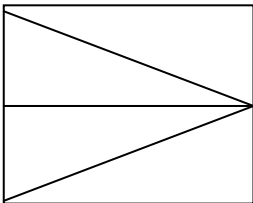
вар.	Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Поступление (-)	0,5	1,3	0,4	0,1	0,5	0,6	1,2	-	-	-	1,8	2,0

18	Выпуск (-)	равномерный											
	Поступление (+)	-	-	4,2	3,1	2,5	-	-	-	0,8	2,8	-	1,0
	Выпуск (+)	равномерный											
19	Поступление (-)	3,6	3,7	3,5	4,0	6,6	8,0	-	-	-	-	1,8	1,9
	Выпуск (-)	равномерный											
	Поступление (+)	2,4	3,5	4,0	-	-	-	2,3	2,0	1,5	1,1	1,4	3,8
20	Выпуск (+)	равномерный											
	Поступление (-)	1,4	1,6	1,8	-	-	-	3,4	2,3	1,4	-	0,8	1,4
	Выпуск (-)	равномерный											
21	Поступление (+)	0,5	0,5	-	-	-	1,2	0,9	1,2	1,5	-	2,3	0,5
	Выпуск (+)	равномерный											
	Поступление (-)	0,5	1,3	0,4	0,1	0,5	0,6	1,3	-	-	-	1,8	2,0
22	Выпуск (-)	равномерный											
	Поступление (+)	-	-	4,2	3,1	2,6	-	-	-	0,8	2,8	-	1,0
	Выпуск (+)	равномерный											
22	Поступление (-)	1,8	2,1	2,4	2,9	2,8	1,9	1,4	1,5	-	-	-	2,0
	Выпуск (-)	равномерный											
	Поступление (+)	0,9	1,4	-	-	-	1,8	2,1	1,6	1,3	0,8	2,0	2,2
	Выпуск (+)	равномерный											



## Варианты заданий к РГР 2

№ вар.	Город	$t_k, ^\circ\text{C}$	$\varphi_k, \%$	$t_{н}, ^\circ\text{C}$	$\varphi_{н}, \%$	материал огражд.	Изоляция
1	Казань	-8	85	30	60	кирпич 125 мм	Минераловатные плиты
2	Воронеж	-12	87	33	65	кирпич 125 мм	Минераловатные плиты
3	Самара	-10	90	32	70	кирпич 125 мм	Минераловатные плиты
4	Тамбов	-16	85	32	60	кирпич 125 мм	Минераловатные плиты
5	Пермь	-10	90	29	70	кирпич 125 мм	Минераловатные плиты
6	Оренбург	-16	85	34	65	кирпич 125 мм	Минераловатные плиты
7	Новороссийск	-12	90	33	70	кирпич 125 мм	Минераловатные плиты
8	Красноярск	-18	90	30	60	кирпич 125 мм	Минераловатные плиты
9	Астрахань	-8	85	34	65	ж/бетон 60 мм	ПСБ -С
10	Вологда	-15	90	28	70	ж/бетон 60 мм	ПСБ-С
11	Уфа	-16	85	32	60	ж/бетон 60 мм	ПСБ-С
12	Сочи	-8	90	32	65	ж/бетон 60 мм	ПСБ-С
13	Хабаровск	-13	85	32	70	ж/бетон 60 мм	ПСБ-С
14	Краснодар	-10	90	34	60	ж/бетон 60 мм	ПСБ-С
15	Барнаул	-12	85	31	44	кирпич 125 мм	ПСБ-С
16	Волгоград	-9	90	28	61	кирпич 125 мм	Экспанзит
17	Ростов-на-Дону	-8	85	33	70	ж/бетон 60 мм	Экспанзит
18	Москва	-16	90	30	60	ж/бетон 60 мм	Экспанзит
19	Курск	-11	95	30	53	кирпич 125 мм	Экспанзит
20	Саратов	-15	90	33	60	ж/бетон 60 мм	Экспанзит
21	Иваново	-18	90	30	60	ж/бетон 60 мм	Экспанзит

Варианты ограждений	№ варианта	Коэффициент изменения размеров	$\lambda_{\text{изз}}$ , Вт/(м <sup>0</sup> С)
	1.	1	0,03
	2.	1	0,035
	3.	1	0,04
	4.	1,3	0,03
	5.	1,3	0,035
	6.	1,3	0,04
	7.	1,6	0,03
	8.	1,6	0,035
	9.	1,6	0,04
	10.	2,0	0,03
	11.	2,0	0,035
	12.	2,0	0,04
	13.	1	0,03
	14.	1	0,035
	15.	1	0,04
	16.	1,3	0,03
	17.	1,3	0,035
	18.	1,3	0,04
	19.	1,6	0,03
	20.	1,6	0,035
	21.	1,6	0,04
	22.	2,0	0,03
	23.	2,0	0,035
	24.	2,0	0,04
	25.	1	0,03
	26.	1,3	0,035
	27.	1,6	0,04
	28.	2,0	0,03

Приложение 5

Варианты заданий к ргр 4

№ вар.	Город	№ рис.	Камеры	Лит-ра
--------	-------	--------	--------	--------

1	Астрахань	4	(две крайние слева) № 2	1 стр. 20
2	Барнаул	4	(две смеж. внизу справа) № 2	1 стр. 20
3	Брянск	5	(две смежные слева) № 1	1 стр. 22
4	Владивосток	7а	(две крайние справа) № 18	1 стр. 27
5	Владимир	7а	(две внизу слева) № 24	1 стр. 27
6	Вологда	7б	(две смежные вверху справа) № 18	1 стр. 27
7	Воронеж	7б	(две несмежные внизу) № 23 и 24	1 стр. 27
8	Волгоград	7б	(две смежные вверху справа) № 24	1 стр. 27
9	Иваново	8	(две смежные вверху справа) № 4	1 стр. 28
10	Красноярск	10а	две камеры № 2	1 стр. 31
11	Курск	10б	две камеры № 2	1 стр. 31
12	С-Петербург	10б	(справа) № 1 и 3	1 стр. 31
13	Москва	13	(две смежные вверху слева) № 1	1 стр. 34
14	Новороссийск	14а	(две смежные крайние справа) № 1	1 стр. 35
15	Омск	14а	(две смежные крайние слева) № 1	1 стр. 35
16	Хабаровск	15	(две смежные внизу слева) № 1	1 стр. 39
17	Саратов	19	(две не смежные внизу) № 4 и 5	1 стр. 44
18	Сочи	5	(две смежные внизу справа) № 1	1 стр. 22
19	Иркутск	10а	(нижние) № 1 и 3	1 стр. 31
20	Смоленск	10б	(справа) № 1 и 3	1 стр. 31
21	Новосибирск	13	(внизу не смежные) № 1	1 стр. 34

Приложение 6

Варианты заданий к РГР 5

№ вар	Толщина брикета рыбы $\delta$ , мм	Температура воздуха в морозилке $t_B$ , °C	№ вар	Толщина брикета рыбы $\delta$ , мм	Температура воздуха в морозилке $t_B$ , °C
1	30	-30	13	30	-35
2	45	-30	14	45	-35
3	60	-30	15	60	-35
4	75	-30	16	75	-35
5	90	-30	17	90	-35
6	105	-30	18	105	-35
7	30	-40	19	30	-42
8	45	-40	20	45	-42
9	60	-40	21	60	-42
10	75	-40	22	75	-42
11	90	-40	23	90	-42
12	105	-40			

Приложение 7

Варианты заданий к РГР 6

№ вар	Толщина льда $\delta$ , мм	Температура кипения $t_0$ , °C	№ вар	Толщина льда $\delta$ , мм	Температура кипения $t_0$ , °C
1	10	-15	13	10	-25
2	15	-15	14	15	-25
3	20	-15	15	20	-25
4	25	-15	16	25	-25
5	30	-15	17	30	-25
6	35	-15	18	35	-25
7	10	-20	19	10	-30
8	15	-20	20	15	-30
9	20	-20	21	20	-30
10	25	-20	22	25	-30
11	30	-20	23	30	-30
12	35	-20			

Приложение 8

Расчетные параметры наружного воздуха

Город	Географи	Температура, °C	Относительная
-------	----------	-----------------	---------------

	ческая широта	Среднегодо- вая	Расчетная летняя	влажность
Архангельск	64	0,8	27	63
Астрахань	48	9,4	34	37
Барнаул	52	1,1	31	44
Брянск	52	4,9	30	53
Владивосток	44	4,0	23	75
Владимир	56	3,4	29	57
Вологда	60	2,2	28	61
Волгоград	48	7,6	35	33
Воронеж	52	6,4	33	47
Н.Новгород	56	3,1	29	56
Грозный	44	10,1	34	47
Иваново	56	2,7	30	56
Иркутск	52	-1,1	29	58
Казань	56	2,8	30	53
Краснодар	44	10,8	34	46
Красноярск	56	0,5	30	56
Самара	52	3,8	32	48
Курск	52	5,4	30	53
С-Петербург	60	4,3	27	59
Минск	52	5,4	28	56
Москва	56	4,8	30	54
Мурманск	68	0,0	25	63
Новороссийск	44	12,7	33	53
Новосибирск	56	-0,1	30	56
Одесса	48	9,9	32	55
Омск	56	0,0	31	52
Владикавказ	44	7,9	30	61
Оренбург	52	3,9	34	40
Пермь	56	1,5	29	57
Ростов-на-Дону	48	8,7	33	41
Саратов	52	5,3	33	41
Екатеринбург	56	1,2	30	54
Смоленск	56	4,4	28	60
Сочи	44	13,4	32	70
Тамбов	53	4,8	32	49
Город	Географи- ческая широта	Температура, °С		Относительная влажность
		Среднегодо- вая	Расчетная летняя	
Томск	56	-0,6	29	59
Тюмень	56	1,3	31	58

Уфа	56	2,8	32	53
Хабаровск	48	1,4	32	67
Чита	52	-2,7	32	53
Ялта	44	13	33	56
Ярославль	56	2,7	28	58

## Приложение 9

Значения коэффициента теплопроводности для некоторых материалов

Материалы	Коэффициент теплопроводности	
	Вт/(м·К)	Ккал/(м·ч·°С)
Серебро	418,7	360
Медь	336,4	315
Алюминий	203,5	175
Железо	52,5	45
Кирпич	0,83	0,7
Дерево	0,14-0,23	0,12-0,2
Торфоплиты	0,07-0,08	0,06-0,07
Пенопласт	0,05-0,07	0,04-0,06
Воздух (в покое)	0,023	0,02

Приложение 10

Энтальпии пищевых продуктов при различных температурах, кДж/кг

Температура продукта, °С	Мясо говяжье, птица всех видов	Баранина	Свинина мясная	Субпродукты мясные	Мясо говяжье, бескостное, эндокринное сырье	Рыба тощих пород	
-25	-10,9	-10,9	-10,5	-11,7	-11,3	-12,2	
-20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
-19	2,1	2,1	2,1	2,5	2,5	2,5	
-18	4,6	4,6	4,6	5,0	5,0	5,0	
-17	7,1	7,1	7,1	8,0	8,0	8,0	
-16	10,0	9,6	9,6	10,9	10,5	10,9	
-15	13,0	12,6	12,2	13,8	13,4	14,2	
-14	15,9	15,5	15,1	17,2	16,8	17,6	
-13	18,9	18,4	18,0	20,5	20,1	21,0	
-12	22,2	21,8	21,4	24,3	23,5	24,7	
-11	26,0	25,6	25,1	28,5	27,2	28,9	
-10	30,2	29,7	28,9	33,1	31,4	33,5	
-9	34,8	33,9	33,1	38,1	36,0	38,5	
-8	39,4	38,5	37,3	43,2	41,1	43,6	
-7	44,4	43,6	41,9	48,6	46,1	49,4	
-6	50,7	49,4	47,3	55,3	52,4	56,6	
-5	57,4	55,7	54,5	62,9	59,9	74,2	
-4	66,2	64,5	62,0	72,9	69,1	80,9	
-3	75,4	77,1	73,7	88,0	83,0	89,2	
-2	98,9	96,0	91,8	109,8	103,5	111,9	
-1	186,0	179,8	170,1	204,5	194,4	212,4	
0	232,5	224,2	212,0	261,5	243,0	266,0	
1	235,9	227,5	214,9	264,8	246,4	269,8	
2	238,8	230,5	217,9	268,6	249,7	273,2	
3	242,2	233,8	221,2	271,9	253,1	277,0	
4	245,5	236,7	224,2	275,3	256,4	280,3	
5	248,5	240,1	227,1	279,1	259,8	283,7	
6	251,8	243,0	230,0	282,4	263,1	287,4	
7	255,2	246,4	233,4	285,8	266,5	290,8	
8	258,5	249,3	236,3	289,5	269,4	295,4	
9	261,5	252,6	239,2	292,9	272,8	297,9	
10	264,8	255,6	242,2	296,2	276,1	301,3	
11	268,2	258,9	245,5	300,0	279,5	305,0	
12	271,1	261,9	248,5	303,4	282,8	308,4	
13	274,4	265,2	251,4	306,7	286,2	312,2	
14	277,8	268,2	254,3	310,5	289,5	315,5	
15	280,7	271,5	257,3	313,8	292,9	318,9	
16	284,1	274,4	260,6	317,2	296,2	322,6	
17	287,4	277,8	263,6	321,0	299,6	326,0	
18	290,4	280,7	266,5	324,3	302,9	329,8	
19	293,7	284,1	260,4	327,7	306,3	333,1	
20	297,1	287,0	272,8	331,4	309,6	336,5	
21	300,0	290,4	275,7	334,8	313	340,2	
22	303,4	293,3	278,6	338,1	315,9	343,6	
23	306,7	296,7	281,6	341,9	319,3	346,9	
24	310,1	299,6	284,9	345,3	322,6	350,7	
25	313,0	302,9	287,9	349,0	326,0	354,1	
Температура продукта, °С	Рыба жирных пород	Рыбное филе	Яйцо в скорлупе	Яичный желток	Молоко цельное	Масло сливочное	Масло коровье топленое

-25	-12,2	-12,6	-8,8	-9,6	-12,6	-9,2	-8,8
-20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-19	2,5	2,5	2,1	2,1	2,9	1,7	1,7
-18	5,0	5,4	4,2	4,6	5,4	3,8	3,4
-17	8,0	8,4	6,3	6,7	8,4	5,9	5,0
-16	10,9	11,3	8,4	8,8	11,3	8,0	7,1
-15	14,2	14,7	10,5	11,3	14,2	10,1	9,2
-14	17,2	18,0	12,6	13,8	17,6	12,6	11,3
-13	20,5	21,8	15,1	15,9	21,4	15,1	13,4
-12	24,3	25,6	17,6	18,4	25,1	17,6	15,9
-11	28,1	29,7	20,1	21,4	28,9	20,5	18,0
-10	32,7	34,8	22,6	24,3	32,7	23,5	20,5
-9	37,3	40,2	25,6	23,5	37,3	26,4	23,5
-8	42,3	45,7	28,5	31,0	42,3	29,3	26,0
-7	47,8	51,5	31,8	34,4	48,2	32,7	28,5
-6	54,5	58,7	36,0	39,0	54,9	36,5	31,4
-5	61,6	67,0	41,5	44,8	62,9	40,6	34,4
-4	71,2	77,5	47,8	52,0	73,7	44,8	36,9
-3	85,5	93,9	<u>227,9*</u> 57,8	63,3	88,8	50,7	39,8
-2	106,4	117,7	<u>230,9*</u> 75,8	83,4	111,5	60,3	43,2
-1	199,9	225,0	<u>234,2*</u> 128,6	142,0	184,4	91,8	49,0
0	249,3	282,0	237,6	264,4	319,3	95,1	52,0
1	253,1	285,8	240,5	267,7	323,0	98,0	55,3
2	256,4	289,1	243,9	271,1	326,8	101,4	58,2
3	259,8	292,9	246,8	274,4	331,0	104,8	61,2
4	263,1	296,7	250,1	277,8	334,8	107,7	64,1
5	266,5	300,4	253,1	281,6	339,0	111,0	67,5
6	269,8	303,8	256,4	284,9	342,7	114,4	70,8
7	273,2	307,5	259,4	288,3	346,5	117,7	74,2
8	277,0	311,3	262,7	291,6	350,7	121,5	77,5
9	280,3	315,1	265,6	295,0	354,5	125,7	81,3
10	283,7	318,4	269,0	298,7	358,7	129,9	85,5
11	287,0	322,2	271,9	302,1	362,4	134,1	90,1
12	290,4	326,0	275,3	305,5	366,6	138,7	95,1
13	293,7	329,3	278,6	308,8	370,4	144,1	100,6
14	297,1	333,1	281,6	312,2	374,6	149,6	106,4
15	300,8	336,9	284,9	315,9	378,8	155,4	112,3
16	304,2	340,6	287,9	319,3	382,5	161,3	118,6
17	307,5	344,0	291,2	322,6	386,7	166,8	124,9
18	310,9	347,8	294,1	326,0	390,9	172,2	130,3
19	314,3	351,5	297,5	329,3	394,7	177,7	136,2
20	317,6	355,3	300,4	333,1	398,9	182,7	141,2
21	321,4	358,7	303,8	336,5	402,7	187,7	146,2
22	324,7	362,4	307,1	339,8	406,8	192,3	150,8
23	328,1	366,2	310,1	343,2	410,6	196,5	155,4
24	331,4	369,6	313,4	346,5	414,8	200,7	159,6
25	334,8	373,3	316,3	350,3	418,6	204,9	163,8
Температура продукта, С	Мороженое сливочное	Мороженое молочное	Виноград, абрикосы, вишня	Фрукты и ягоды (другие виды)	Фрукты в сахарном сиропе	Ягоды с сахаром	
-25	-16,3	-14,7	-17,2	-14,2	-17,6	-22,2	
-20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
-19	3,4	2,9	3,8	3,4	3,8	5,0	



-18	7,1	6,3	7,5	6,7	8,0	10,0
-17	11,3	9,6	11,7	10,0	12,0	15,5
-16	15,5	13,4	15,9	13,4	16,8	21,0
-15	19,7	17,6	20,5	17,2	21,4	26,8
-14	24,3	22,2	25,6	21	26,4	33,1
-13	29,3	27,2	31,0	25,1	31,4	39,8
-12	34,8	33,1	36,5	29,7	36,9	46,9
-11	40,6	39,8	42,7	34,4	43,2	54,9
-10	46,9	47,3	49,9	39,4	49,4	63,7
-9	54,1	55,7	57,8	44,8	56,6	73,7
-8	62,4	65,4	66,6	51,1	64,9	85,9
-7	72,9	77,1	78,8	58,7	75,8	101,0
-6	86,7	92,2	93,9	68,7	89,7	120,3
-5	105,6	111,9	116,1	82,1	108,1	147,5
-4	132,0	138,7	150	104,3	135,3	169,7
-3	178,9	181,4	202,8	139,1	180,6	173,5
-2	221,2	230,0	229,2	211,2	240,1	176,4
-1	224,6	233,4	233,0	268,2	243,9	179,8
0	227,9	236,7	236,3	271,9	247,2	182,7
1	231,3	240,1	240,1	275,7	251,0	186,0
2	234,6	243,4	243,4	279,5	254,3	189,0
3	238,0	247,2	249,7	283,2	258,1	192,3
4	241,3	250,1	250,6	287,0	261,5	195,3
5	244,7	253,9	254,3	290,8	266,5	198,6
6	248,0	257,3	257,7	294,6	268,6	201,5
7	251,4	260,6	260,6	298,3	272,4	204,9
8	254,8	264	264,8	302,1	275,7	207,8
9	258,1	267,3	268,6	305,9	279,5	211,2
10	261,5	270,7	271,9	309,6	282,8	214,1
11	264,8	274,4	275,7	313,4	286,6	217,5
12	268,2	277,8	279,1	317,2	289,9	220,4
13	271,5	281,1	282,8	321,0	293,7	223,7
14	274,9	284,5	286,2	324,7	297,1	226,7
15	278,2	287,9	289,9	328,5	300,8	230,0
16	281,6	291,2	293,3	332,3	304,2	233,0
17	284,9	294,6	297,1	336,5	308,0	236,3
18	288,3	297,9	300,4	339,8	313,4	239,2
19	291,6	301,3	304,2	343,6	315,1	242,6
20	295,0	304,6	307,5	347,4	318,4	245,5
21	298,3	308,0	311,3	351,1	322,2	248,9
22	301,7	311,3	318,9	354,9	325,6	251,8
23	305,0	314,7	318,4	358,7	329,3	255,2
24	308,4	318,0	321,8	362,4	332,7	258,1
25	311,4	321,4	325,6	366,2	336,5	261,5

\* В числителе указана энтальпия охлажденного яйца в скорлупе, в знаменателе – замерзшего