

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики

Отделение/НОЦ Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль Тепловые электрические станции

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы

Экспериментальное определение температуры на поверхности раздела фаз «пар-жидкость»

УДК 536.53:621.1.016.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б4Б	Меньшиков Даниил Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	Д.В.Феоктистов.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент Отделения контроля и диагностики	М.В. Василевский	к.т.н., доцент		

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель Отделения социально- гуманитарных наук	Н.Г. Кузьмина			

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	М.А. Вагнер	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель Отделения/НОЦ/ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Б.В. Борисов	д.ф.-м.н., профессор		

Томск – 2018 г.

Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы бакалавриата, указанными в ФГОС ВПО по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	<i>Универсальные компетенции</i>
P1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе <i>на иностранном языке</i> , разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты <i>комплексной</i> инженерной деятельности.
P2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных</i> инженерных задач.
P3	Демонстрировать <i>личную</i> ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения <i>комплексной</i> инженерной деятельности с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.
P4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
P5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
P6	Осознавать необходимость и демонстрировать <i>способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни</i> , непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
	<i>Профессиональные компетенции</i>
P7	Применять <i>базовые</i> математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности <i>в широком</i> (в том числе междисциплинарном) контексте в <i>комплексной</i> инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии.
P8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач <i>комплексного</i> инженерного анализа с использованием <i>базовых и специальных</i> знаний, нормативной документации, современных аналитических методов, методов математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования.
P9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнять <i>комплексные</i> инженерные проекты с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, <i>современных</i> методов проектирования для достижения <i>оптимальных</i> результатов, соответствующих техническому заданию <i>с учетом</i> нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.
P10	Проводить <i>комплексные</i> научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с применением <i>базовых и специальных</i> знаний и <i>современных</i> методов.
P11	Использовать информационные технологии, использовать компьютер как

	средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать опасности и угрозы в развитии современного информационного общества, соблюдать основные требования информационной безопасности.
P12	Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой и электрической энергии, управлять технологическими объектами на основе АСУТП; использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
	<i>Специальные профессиональные</i>
P13	Участвовать в выполнении работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов теплоэнергетического производства, контролировать организацию метрологического обеспечения технологических процессов теплоэнергетического производства, составлять документацию по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках.
P14	Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализировать затраты и оценивать результаты деятельности первичных производственных подразделений, контролировать соблюдение технологической дисциплины.
P15	Использовать методики испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планировать и участвовать в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.
P16	Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущие ремонты, составлять заявки на оборудование, запасные части, готовить техническую документацию на ремонт, проводить работы по приемке и освоению вводимого оборудования.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики
Отделение/НОЦ Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова
Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Профиль Тепловые электрические станции

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель профиля
Г.В. Кузнецов

(Подпись)

(Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврская работа

Студенту:

Группа	ФИО
5Б4Б	Меньшикова Даниила Сергеевича

Тема работы:

Экспериментальное определение температуры на поверхности раздела фаз «пар-жидкость»

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

14.06.2018

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Объект исследования – теплообмена при испарении слоев жидкости в условии недогрева.
Предметом исследования являлась изменение температуры на границе раздела «пар-жидкость».

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Введение; • Современное представление процесса испарения и кипения в условия их недогрева • Планирование экспериментальных исследований • Анализ результатов экспериментального исследования • Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение • Социальная ответственность • Список основной литературы • Список дополнительной литературы • Заключение • Приложение А • Приложение Б • Приложение В
<p>Перечень графического материала</p>	
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
<p style="text-align: center;">Раздел</p>	<p style="text-align: center;">Консультант</p>
<p style="text-align: center;">Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Н.Г. Кузьмина, старший преподаватель Отделения социально-гуманитарных наук</p>
<p style="text-align: center;">Социальная ответственность</p>	<p>М.В. Василевский, доцент Отделения контроля и диагностики</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p style="text-align: center;">30.02.2018</p>
--	---

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p style="text-align: center;">Доцент НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ</p>	<p style="text-align: center;">Д.В. Феоктистов</p>	<p style="text-align: center;">к.т.н.</p>		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p style="text-align: center;">5Б4Б</p>	<p style="text-align: center;">Меньшиков Д.С.</p>		<p style="text-align: center;">30.02.18</p>

Реферат

Выпускная квалификационная работа 109 с., 31 рис., 9 табл., 32 источников, 3 приложений.

Ключевые слова: плотность теплового потока, испарение, кипение, коэффициент теплоотдачи, скорость испарения, центр парообразования.

Объект исследования – тепломассообмена при испарении слоев жидкости в условии недогрева.

Предметом исследования являлась изменение температуры на границе раздела «пар-жидкость»

Цель работы – экспериментальное определение температуры на поверхности раздела «пар-жидкость».

Проводились экспериментальные измерения по определению температуры на поверхности раздела «пар-жидкость».

Полученные результаты могут быть использованы при разработке фундаментальных теплофизических основ процесса испарения и кипения жидкостей.

Оглавление

Введение.....	9
1. Современное представление процесса испарения и кипения в условиях недогрева до кипения.....	12
1.1. Влияние плотности теплового потока на испарение тонких слоев жидкости.....	12
1.2. Процесс образования пузырька пара.....	14
1.3. Изменение плотности центров парообразования от толщины слоя.....	15
1.4. Передача тепла от поверхности нагрева в тонких слоях жидкости.....	21
1.5. Разрыв пленки жидкости. Факторы влияния на разрыв пленки жидкости.....	27
Вывод по первому разделу.....	29
2. Планирование экспериментальных исследований.....	31
2.1. Описание экспериментальной установки.....	32
2.2. Методика проведения эксперимента по измерению температур рабочего участка в процессе испарения.....	35
2.3. Описание программного обеспечения.....	36
2.6 Выбор области изменения основных факторов.....	42
Вывод по второму разделу.....	43
3. Анализ результатов экспериментального исследования.....	44
3.1. Распределение температур поперёк раздела фаз.....	44
3.2. Оценка погрешности измерения.....	48
Вывод по третьему разделу.....	50
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	53
4.1 Планирование этапов научного исследования и временных оценок.....	53
4.2 Смета затрат на проект.....	54
4.2.1 Материальные затраты.....	55
4.2.2 Амортизация компьютерной техники.....	55
4.2.3 Затраты на заработную плату.....	56

4.2.4 Затраты на социальные нужды.....	57
4.2.5 Прочие затраты.....	57
4.2.6 Накладные расходы.....	57
5. Социальная ответственность.....	60
5.1 Производственная безопасность.....	61
5.1.1 Анализ выявленных вредных факторов производственной среды.....	62
5.1.2 Освещение.....	66
5.1.3 Расчет осветительной установки.....	67
5.1.4 Анализ опасных факторов производственной среды.....	69
5.2 Экологическая безопасность.....	76
5.3 Защита в чрезвычайных ситуациях.....	77
5.3.1 Пожарная безопасность.....	77
5.3.2 Безопасность при чрезвычайных антропогенных и природных ситуациях.....	79
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	80
Заключение.....	83
Список основной литературы.....	84
Список дополнительной литературы.....	86
Приложение А.....	88
Приложение Б.....	89
Приложение В.....	109

Введение

В последнее время внимание исследователей привлекали процессы, испарения и кипения жидкости.

Испарение протекает при большом потреблении энергии, что требует поиска путей снижения затрат путем совершенствования оборудования, ведения технологического процесса с использованием вторичных тепловых потоков. Испарение происходит как в тонких слоях, так и в больших объемах.

Характер движения пленки определяется как физико-химическими свойствами граничащих с ней твердой и газовой сред.

Тонкий слой жидкости представляет собой систему, состоящую из трех слоев. Средний слой такой системы представляет собой объемную фазу жидкости. Этот слой соприкасается с двумя межфазными переходными слоями «жидкость–газ» и «жидкость–твердое тело» [1]. На молекулярном уровне, в случае изотропных жидкостей межфазный слой «жидкость–твердое» тело может составлять несколько молекулярных слоев жидкости, толщина межфазного слоя «жидкость–пар» может варьировать в диапазоне десятков и сотен ангстрем. В этих слоях имеется специфическое поле молекулярных и электрических сил, затухающих при углублении в каждую из смежных фаз. Свойства жидкости в этих межфазных слоях могут существенно отличаться от свойств объемной жидкой фазы.

Объем считается большим (неограниченным), если изменение размеров не влияет на процесс теплообмена между жидкостью и стенкой.

По результатам визуальных наблюдений установлено [1], что в тонком слое жидкости образуются структуры двух основных типов: сухие пятна и полусферические пузыри.

Наличие разрывов в слое создает необходимость изучать процесс переноса тепла, в котором создаются условия для регенерации паровых зародышей на металлической поверхности нагрева. В настоящее время

накоплен значительный экспериментальный материал [6,8,10,16] относительно влияния тех или иных параметров на критические тепловые потоки, при которых происходит разрывы плёнок и осушение поверхности.

Определено [1], что в движущихся тонких плёнках критический тепловой поток уменьшается при уменьшении толщины плёнки.

Так же в [1] установлено, что в тонких горизонтальных неподвижных слоях жидкости критический тепловой поток увеличивается с увеличением высоты слоя при кипении и испарении слоя в условиях пониженных давлений. В толстых слоях величина теплового потока становилась постоянной, происходил переход к режиму теплообмена в большом объёме. При этом величина критического теплового потока значительно больше, чем это следует из известной расчётной зависимости [1] и близка к расчётам по формулам [1]. В настоящее время существует необходимость идентификации режимов кипения и испарения тонких горизонтальных слоев жидкости со структурами, которые в них образуются. В работе [1] представлены результаты исследования теплообмена и визуальных наблюдений структур, образующихся при кипении и испарении горизонтального слоя n – додекана высотой 0,8 мм при давлении меньше атмосферного. По результатам исследования выявлено, что критические тепловые потоки в горизонтальном тонком слое, в исследованном диапазоне приведенных давлений, меньше, чем критические тепловые потоки при кипении жидкости в большом объеме. Общий вид зависимости плотности теплового потока от температурного напора для случая пузырькового кипения в тонком слое с сухими пятнами такой же, как в случае кипения жидкости в большом объеме.

Для устойчивого и полностью развитого ламинарного потока на плоской пластине теоретическое решение может быть получено из простого баланса между силой гравитационного тела и поперечной силой на твердой стенке. Толщина пленки остается постоянной, а профиль скорости поперек пленки становится параболическим в развитой области. Это решение называется Нуссельтом. Однако поток пленки, падающий под действием

силы тяжести, перестает быть ламинарным и постоянным по толщине при увеличении скорости потока. Волны, как правило, появляются на свободной поверхности, и поток становится турбулентным, когда скорость потока увеличивается [2]. Численно показали, что локально более тонкая толщина пленки в режиме волнового потока и циркуляции, генерируемые в потоке большой амплитуды, усиливают теплопередачу [2]. Также сообщали об усилении теплопередачи в режиме волнового потока экспериментально. Это подразумевает, что как распространение пленки как можно более тонкой поверх поверхности пластины, так и перемешивание жидкости имеют важное значение для повышения теплопередачи [2].

1. Современное представление процесса испарения и кипения в условиях недогрева до кипения

1.1. Влияние плотности теплового потока на испарение тонких слоев жидкости.

В настоящее время отсутствуют расчётные соотношения, которые бы позволяли учесть влияние плотности теплового потока на интенсивность теплопереноса в режимах интенсивного испарения плёнок жидкости, включая предкризисные режимы с образованием нестационарных и устойчивых сухих пятен [3].

При больших значениях теплового потока на поверхности нагрева появляются «сухие» пятна и сама жидкая плёнка в некоторых местах поверхности периодически пересыхает, при этом её средняя толщина уменьшается. Переход к плёночному кипению сопровождается снижением интенсивности отвода теплоты. Существенное влияние на толщину паровой плёнки, которая создаёт основное термическое сопротивление переносу теплоты, оказывает форма и расположение в пространстве поверхности нагрева [4].

Предельные граничные условия $T_{ст} = const$ и $q_{ст} = const$ при неравномерном распределении локального коэффициента теплоотдачи в реальных условиях эксперимента практически не достижимы. Использование толстостенных высокопроводных нагревателей обеспечивает на стенке граничные условия, близкие к $T_{ст} = const$. Проведение опытов на низкопроводных тонкостенных образцах позволяет получать граничные условия близкие к $q_{ст}$. В условиях интенсивно испаряющейся волновой пленки жидкости величина локального коэффициента теплоотдачи будет существенно зависеть от времени. Для ламинарно – волновых режимов течения зависимость этой величины будет обусловлено различием

термических сопротивлений зон пленки жидкости, распределенной неравномерно по толщине при наличии крупных волн, и заметным снижением локального числа Рейнольдса включая течения испарения при высоких тепловых потоках [3].

В работе [3] представлены результаты экспериментального исследования локального теплообмена при гравитационном течении жидкого азота вдоль равномерной нагреваемой поверхности в ламинарно – волновом режиме. Опытные данные получены при интенсивном испарении волновой пленки жидкости, стекающей по тонкостенному нагревателю (константановой фольге), удовлетворяющему граничному условию $q_{ст} \approx const$ в диапазоне чисел Рейнольдса $Re_{вх} = 60 – 690$.

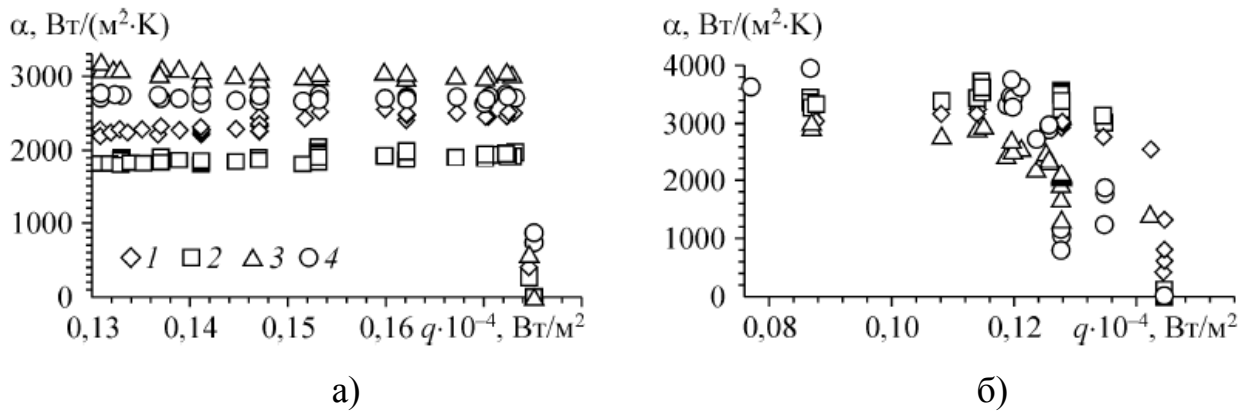


Рисунок 1 – Зависимость локального коэффициента теплоотдачи от плотности теплового потока при испарении жидкого азота [3].

Экспериментальные данные: $Re_{вх} = 162$ (а), 91 (б), $q_{с.п.} = 0,174$ (а), $0,127$ (б) $Вт/см^2$; расстояние от начала обогреваемой поверхности: 42 (1), 52 (2), 72 (3), 82 (4) мм.

На рисунке 1 показано, что величина коэффициента теплоотдачи при интенсивном испарении азота лежит существенно выше полуэмпирической зависимости Гимбутиса, полученной при обобщении опытных данных для воды и фреона – 11 в области малых тепловых потоков на протяженных вдоль течения тепловыделяющих поверхностях [3].

1.2. Процесс образования пузырька пара.

Теоретическое изучение пленочного кипения недогретых жидкостей в условиях охлаждения высокотемпературных поверхностей имеет принципиально важное значение для понимания механизмов инициирования парового взрыва, а также позволит теоретически описать закономерности охлаждения металлических изделий при закалке [5].

Переход от пленочного режима кипения к пузырьковому режиму называют вторым кризисом теплоотдачи при кипении. Минимальная плотность теплового потока при пленочном кипении называется второй критической плотностью теплового потока $q_{кр2}$. Соответствующий этой величине температурный напор называется вторым критическим температурным напором $\Delta t_{кр2}$.

Проведено исследование [6] охлаждения высокотемпературного никелевого шара в насыщенной и недогретой жидкости, приведены значения плотности теплового потока (рисунок 2).

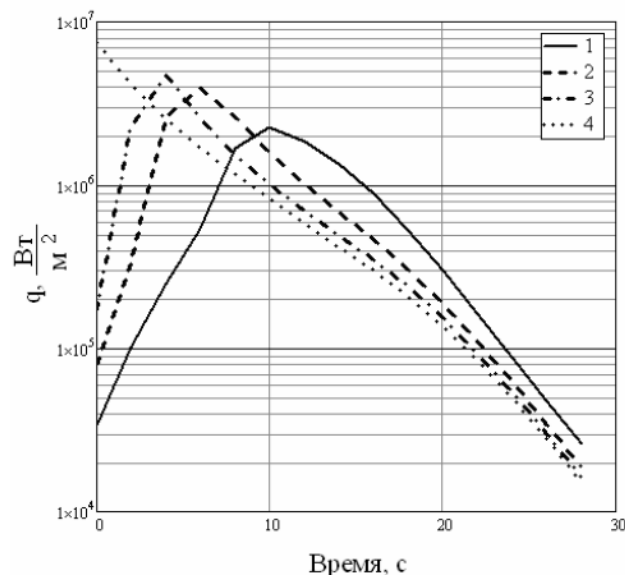


Рисунок 2 – Плотность теплового потока на поверхности никелевого шара $\varnothing 45$ в воде с температурой $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. 1–4 – плотность теплового потока при полярных углах $\theta = 60, 90, 120$ и 180° соответственно.

Исследования кризисных явлений кипения азота [7] в условиях большого объема критические тепловые потоки существенным образом

зависят от темпа нарастания тепловой нагрузки и периода импульсов тепловыделения. В исследованиях [7] показано, что значительные перегревы теплоотдающей поверхности и пристенного слоя жидкости перед активацией центров парообразования могут быть причинами существенного уменьшения величины критического теплового потока при нестационарном тепловыделении по сравнению со стационарным режимом. Как показывают результаты кинофотограмм развития пленочного кипения, образование сплошной паровой пленки происходит до момента отрыва паровых пузырей от теплоотдающей поверхности, когда интенсивное перемешивание жидкости отсутствует.

В условиях пленочного течения, на стадии нестационарного прогрета жидкости до вскипания в зависимости от локальной толщины пленки, плотности теплового потока и температурного напора закипания может развиваться интенсивное испарение со свободной поверхности, ограничивающее дальнейший рост температуры тепловыделяющей поверхности и приводящее к быстрому утончению пленки. Динамика развития теплообмена в этом случае будет определяться соотношением характерных времен развития теплового слоя $\tau_{\text{тепл}}^{\text{лок}}$, плотного испарения пленки жидкости $\tau_{\text{п. исп}}^{\text{лок}}$ и временем ожидания вскипания жидкости $\tau_{\text{н. к.}}$ [7].

1.3. Изменение плотности центров парообразования от толщины слоя.

Представлена компьютерная модель пузырькового кипения [8]. Для режимов кипения с большими значениями Рейнольдса [8] образование остаточной пленки под пузырьком пара определяется взаимодействием инерционных и вязких эффектов в пристенном течении жидкости, вызванном ростом пузырька. Толщина жидкой плёнки, отождествленная с толщиной

потери импульса радиального пограничного слоя под растущим пузырьком, оценивается по уравнению[8]:

$$\delta_{F0(x)} = C \cdot \sqrt{\vartheta_l \cdot t(R=x)},$$

где $C = 0,383$;

$t(R=x)$ – момент времени, в котором край пузырька проходит над точкой с координатой x .

Изменение толщины пленки, вследствие испарения, как и размер сухого пятна, определяется [9]:

$$\delta_{F(x,t)} = - \frac{q}{h_{vl} \cdot \rho_l} \cdot (t - t(R=x)) + \delta_{F0(x)}.$$

В области малых чисел Рейнольдса (кипение при большом давлении) остаточный слой жидкости формируется при пользующем течении вязкой жидкости, вытесняемой растущим пузырьком пара. Модельная задача такого рода описывается уравнением [8]:

$$\frac{\partial h}{\partial \left(\frac{t}{Ca}\right)} = - \frac{\partial}{\partial x} \cdot \left(\frac{h^4}{\varepsilon + h} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \cdot \left(\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} \right) \right), \quad (1)$$

где h и t – безразмерные толщина пленки и время;

$Ca = 3\mu w/\sigma$ – капиллярное число, соотношение вязких и капиллярных сил.

Численное интегрирование уравнения (1) показывает, что значительные деформации равновесного профиля исчезают благодаря действию капиллярного давления за время порядка $t/Ca \sim 1$ (рисунок 3, трёх пунктирная и пунктирная линии соответственно для первоначально сильно сплющенного или вытянутого пузырька). Эта оценка в размерном виде означает, что при $Ca \ll 1$ время релаксации много меньше характерного времени роста пузырька R_m/w .

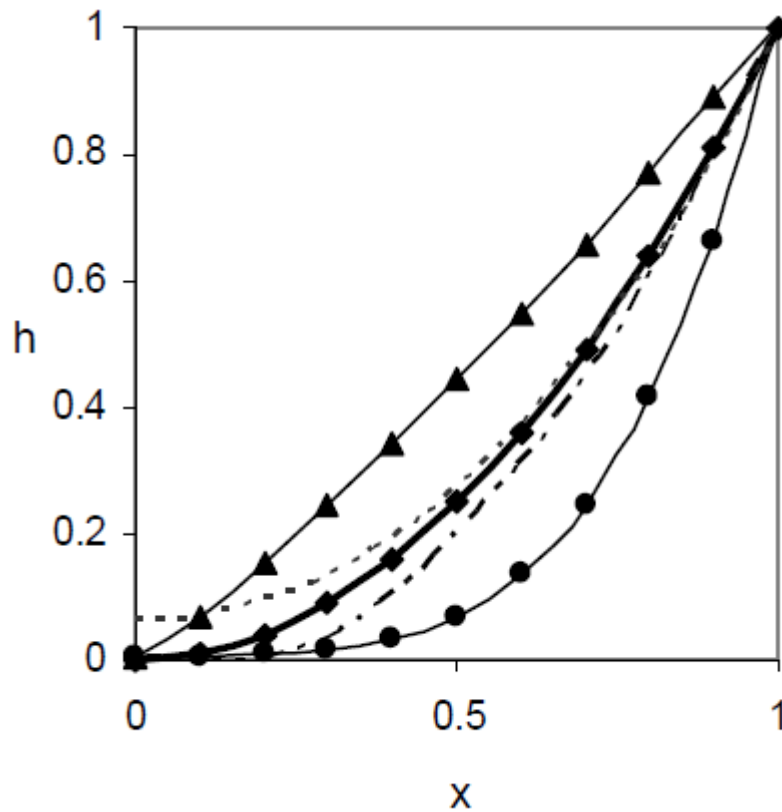


Рисунок 3 – Релаксация сплющенного (●) или вытянутого (▲) пузырька к равновесной (◆) форме [8].

Тепловой рост пузырька был представлен [8] системой двух дифференциальных уравнений:

$$\frac{d t_r}{d R_r} = \frac{\delta_{shr}}{C_w \cdot \delta_{shr} + C_{sh} \cdot \theta(t_r) D_\delta}, \quad (2)$$

$$\frac{d \delta_{shr}}{d R_r} = -2 \cdot \frac{\delta_{shr}}{R_r} + \frac{D_\delta \left(\frac{1}{\mathfrak{R}_l Pr_l} - \rho_{vl} \cdot \theta(t_r) \right)}{C_w \cdot \delta_{shr} + C_{sh} \cdot \theta(t_r) D_\delta}, \quad (3)$$

где R_r – независимая переменная, радиус пузырька;

$$R_r = 0 \div 1;$$

t_r, δ_{shr} – зависимые переменные соответственно время роста и толщина тепловой оболочки.

Уравнение (3) описывает эволюцию толщины тепловой оболочки пузырька.

Для плотности центров $N, \text{ м}^{-2}$, анализ размерностей приводит к соотношению Лабунцова [10] $N \sim R_{cr}^{-2}$, откуда следует $L \sim R_{cr}$, где

коэффициент пропорциональности должен быть большим числом, зависящим от степени шероховатости [8].

Величину N можно понимать как число структурных элементов шероховатой поверхности с некоторым характерным размером k . Измерения площади адсорбционными методами выявили фрактальный характер различных поверхностей, в соответствии с уравнением (4) [8]:

$$N \propto k^{-D},$$

где D – фрактальная размерность, $2 \leq D \leq 3$.

В случае кипения активные центры парообразования, и характерный размер k может быть отождествлен с R_{cr} . Из соотношений $L \sim 1/\sqrt{N} \cdot b$ (4) следует уравнение, учитывающее фрактальный характер поверхности нагрева [8]:

$$L = C_{rough} \cdot \left(\frac{R_{cr}}{R_s} \right)^{\left(\frac{D-2}{2} \right)} \cdot R_{cr},$$

где R_s – линейный масштаб для шероховатости;

C_{rough} – безразмерный коэффициент.

Фрактальная размерность принималась равной 2 и 3. Пример фрактальной поверхности изображен на рисунке 4.

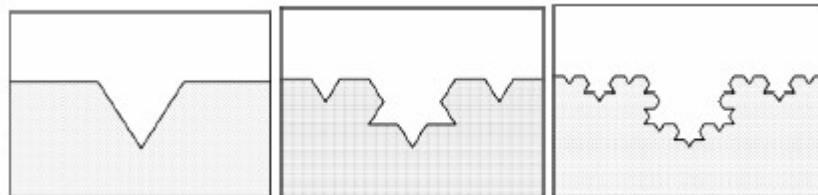


Рисунок 4 – Треугольная кривая Коха [8].

На рисунке 4 показано, что с уменьшением размера зародышевых пузырьков R_{cr} , поверхность представляется все более изрезанной [8].

Две характерные конфигурации с полусферическим и сферическим пузырьком представлены на рисунке 5. Затемненная область соответствует перегретой жидкости.

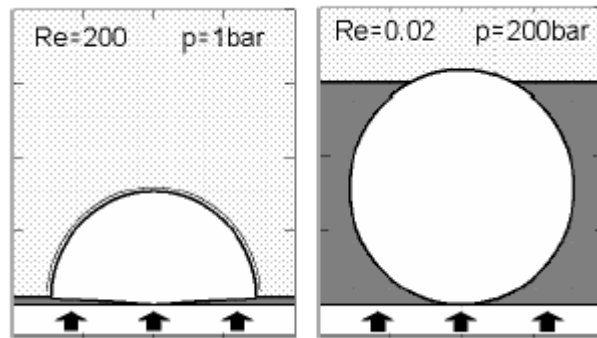


Рисунок 5 – Кадры анимации для нормального и высокого давления [8].

Явление смачиваемости оказывает влияние на образование паровой фазы на поверхность нагрева. Известно, что центрами парообразования являются микронеровности поверхности. Во впадинах будет активным центром парообразования в случае, если при заполнении жидкостью сосуда содержащийся в ней газ не растворился в жидкости, а останется во впадинах. При нагреве поверхности, когда давление пара повысится, то это будет представлять собой активный центр [7]. В этом центре будут возникать пузырьки, если радиус его устья больше $R_{кр}$. Скорость роста пузырька dR/dt в изобарических условиях определяется интенсивностью подвода тепла из окружающей жидкости к поверхности пузырька. Взаимосвязь между этими величинами определяется уравнением энергетического баланса [10]:

$$R \cdot \rho_v \cdot \frac{dV}{dt} = \int q dS ,$$

где R — радиус пузырька;

V — объем пузырька;

S — поверхность;

t — время;

q — плотность теплового потока;

r — теплота парообразования;

ρ_v — плотность паровой фазы.

В условиях развитого пузырькового кипения вблизи поверхности нагрева существует тонкий слой перегретой жидкости; его толщина, по грубой оценке, равна $\delta \sim \lambda \Delta T / q_w$ [10].

При малых давлениях существенным становится подвод теплоты к растущему пузырьку от всей окружающей пузырёк жидкости. Формула скорости роста пузырька, справедлива в широком интервале изменения давлений, была получена В.В.Яговым [7].

Рост пузырька, образовавшегося на поверхности, продолжается до момента отрыва. В зависимости от давления форма растущих пузырьков различна. При высоких давлениях, когда скорость роста и ускорение относительно малы, преобладающей формой пузырька является сферическая; при атмосферном давлении наблюдаются сферические, сплюснутые и полусферические пузырьки; в области низких давлений – преимущественно полусферические [7].

Представлением о подводе тепла выдвигается следующая модель для объяснения механизма роста паровых пузырьков на поверхности [3]:

- а) зона интенсивного испарения расположена около основания растущего пузырька;
- б) тепло, расходуемое на испарение, подводится к этим элементам поверхности пузырька непосредственно от поверхности нагрева путем теплопроводности через прилегающие слои жидкости.

Согласно Лабунцову Д.А.[3], значение эффективной толщины плёнки зависит от вязкости жидкости, интенсивности движения парожидкостной смеси у границы плёнки и плотности действующих центров парообразования. Поскольку увеличением теплового потока объём генерируемого пара возрастает, интенсивность беспорядочного движения двухфазной среды при этом также растёт. Чем меньше радиус пузыря $R_{кр}$, тем на большем числе активных центров парообразования возникает паровая фаза [7].

1.4. Передача тепла от поверхности нагрева в тонких слоях жидкости.

На сегодняшний день существует популярный подход к описанию теплообмена при кипении жидкости – так называемая RPI-модель, учитывающая вклад различных составляющих передачи тепла. Суммарный тепловой поток, передающийся при кипении жидкости, является суммой различных составляющих [6]:

$$q = q_1 + q_2 + q_3,$$

где q_1 – тепло, затрачиваемое на испарение жидкости в паровые пузыри:

$$q_1 = \frac{\pi}{6 \cdot S} \cdot \rho_n^r \cdot \sum_{n=1}^N (f_n D_n^3), \text{ Вт/м}^2.$$

где S – площадь тепловыделяющей поверхности, м^2 ;

F – частота зародышеобразования, Гц;

D_n – диаметр парового пузыря, мм;

ρ_n^r – плотность парового пузырька, кг/м^3 .

q_2 – тепло, затрачиваемое на повторное формирование разрушенного после отрыва пузырей пограничного слоя:

$$q_2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot (T_n - T_{\text{нас}})}{S \cdot \sqrt{\pi \cdot a}} \cdot \sum_{n=1}^N [D_n^2 \cdot (F_n \sqrt{t_{\text{нк}_n}})], \text{ Вт/м}^2,$$

где λ – коэффициент теплопроводности, $\text{Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

$T_n, T_{\text{нас}}$ – температура нагревательной поверхности и насыщения, $^{\circ}\text{C}$;

F_n – площадь поверхности, м^2 ;

a – коэффициент температуропроводности, $\text{м}^2/\text{с}$;

$t_{\text{нк},n}$ – температура начало кипения, $^{\circ}\text{C}$;

q_3 – тепло, передающееся жидкости за счет конвекции на поверхности, свободной от пузырей (рисунок 6) [6]:

$$q_3 = \left[1 - \frac{\pi}{4 \cdot S} \cdot \sum_{n=1}^N (D_n^2) \right] \cdot \alpha_{\text{кон}} \cdot (T_H - T_{\text{нас}}) , \text{ Вт/м}^2,$$

где $\alpha_{\text{кон}}$ – конвективный коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К).

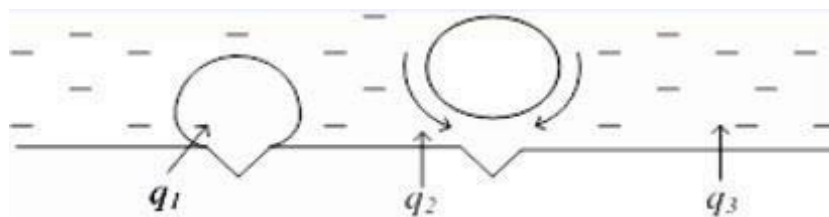


Рисунок 6 – Механизм теплообмена при кипении (RPI-модель)

В. Нуссельтом впервые была решена задача о теплообмене при пленочной конденсации пара. Анализ теплоотдачи при испарении с поверхности пленки в рамках подхода Нуссельта дает:

$$Nu = 1,1 \cdot \mathcal{R}^{-1/3} ,$$

$$Nu = \frac{\alpha}{\lambda} \cdot \left(\frac{v^2}{g_x} \right)^{1/3} , \quad (5)$$

где α – коэффициент теплоотдачи;

λ – коэффициент теплопроводности;

ν – коэффициент кинематической вязкости;

g_x – ускорение свободного падения.

Экспериментальные значения коэффициента теплоотдачи при испарении с поверхности пленки значительно превышают рассчитанные по соотношению (5), что объясняется влиянием волн. В отличие от процесса конденсации, при испарении пленки жидкости интенсификация теплоотдачи на впадинах волн (область остаточного слоя) способствует уменьшению толщины пленки в данных областях, и, соответственно еще большей интенсификации, объясняется автором [12].

Эффект интенсификации за счет крупных волн учитывается в работе [12], где предлагается следующее полуэмпирическое уравнение, описывающее опытные данные по испарению с поверхности пленки:

$$Nu = 1,1 \cdot Re^{-1/3} \cdot \left(1 + 0,02 \cdot Re^{0,2} + 0,0009 \cdot Re^{0,85} \cdot Pr^{0,65} \right)$$

Данное уравнение справедливо для ламинарно – волновых и турбулентных режимов течения.

В работе [12] приводятся экспериментальные данные по коэффициенту теплоотдачи при интенсивном испарении жидкого азота, существенно превышающие значения, рассчитанные по зависимостям (рисунок 7). В экспериментальной работе [6] было продемонстрировано, что в области высоких тепловых потоков имеет место неравномерное уменьшение толщины остаточного слоя и быстрый рост относительной амплитуды волн.

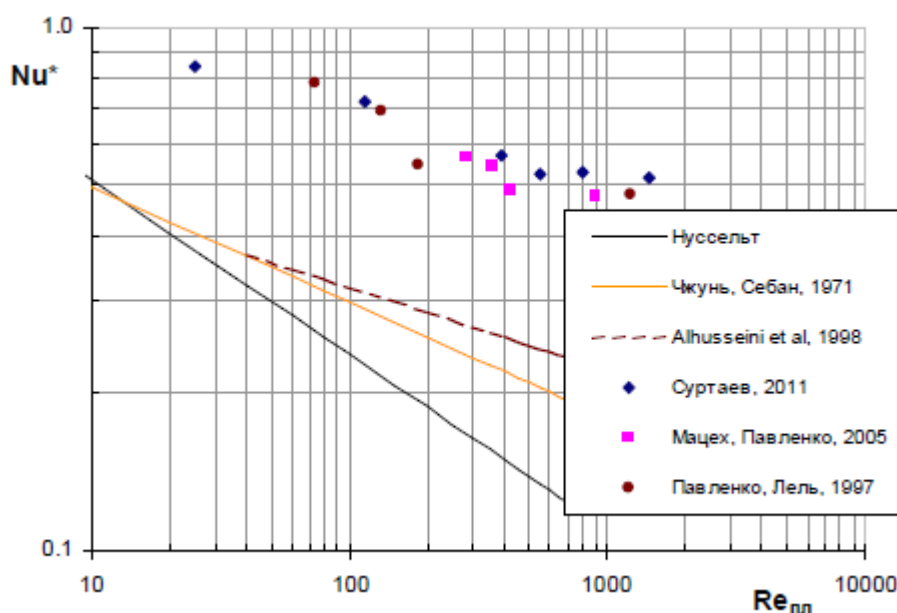


Рисунок 7 – Зависимость безразмерного коэффициента теплоотдачи при испарении от пленочного числа Рейнольдса на входе. Сравнение опытных данных с расчетными зависимостями [6].

В случае достаточно плотного газа во внешней среде таких как воздух с давлением, близким к атмосферному, столкновения молекул приводит к

возвращению части молекул к испаряющейся поверхности. Другая часть молекул за счет процессов диффузии и конвекции отводится от испаряющейся поверхности во внешнюю среду. Для удобства описания процесса испарения вводят коэффициент испарения – отношение числа молекул, которые покинули жидкость и ушли во внешнюю среду к числу молекул, которые испарились с поверхности.

В равновесном случае, когда на поверхности испарения отсутствует “температурный скачок” (не учитывается термическое сопротивление межфазной поверхности), можно считать коэффициенты испарения и конденсации одинаковыми. Более того, в равновесном состоянии полагается, что давление вблизи поверхности испарения (в тонком слое парогазовой смеси) равно давлению насыщения при температуре поверхности. Указанные выше предположения о параметрах вблизи поверхности испарения справедливы только в условиях термодинамического равновесия и нуждаются в каждом конкретном случае в обосновании.

Процесс фазового перехода «жидкость-пар» при подводе внешнего тепла (рисунок 8) является испарением жидкости. При этом, в случае испарения во внешнюю среду, имеет место конвекция как внутри слоя жидкости, так и во внешней среде. Основными параметрами такой задачи являются: температура жидкости $T_{ж}$, температура насыщения T_s , плотность насыщенного пара $\rho_{ж}$, и температура и плотность пара вдали от поверхности испарения T_{∞} , ρ_{∞} .

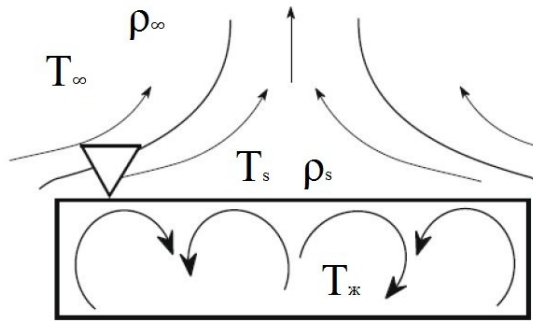


Рисунок 8 – Схема задачи об испарении со свободной поверхности жидкости, находящейся в конечном объёме [13].

В работе [13] на основе модельных представлений теплообмена при развитом пузырьковом кипении была получена зависимость (рисунок 9), позволяющая определить интенсивность теплоотдачи при развитом пузырьковом кипении:

$$\alpha_i = \frac{4 \cdot \varphi}{\pi \cdot d^2} \cdot \frac{\gamma^2 \cdot \rho_n \cdot \alpha_{жс} \cdot Ja^2 \cdot c_{жс}}{2 \cdot \pi \cdot r},$$

$$\alpha_i = \frac{4 \cdot \varphi}{\pi \cdot d^2} \cdot \frac{\gamma^2 \cdot \rho_{жс}^2 \cdot \alpha_{жс} \cdot c_{жс}^2}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot \rho_n} \cdot \vartheta^2,$$

Кризис кипения наступает при условии: $q = q_{\max} = q_{кр}$ и $\frac{dq_{кр}}{d\vartheta_{кр}} = 0$.

Таким образом,

$$q = \alpha_i \cdot \vartheta = \frac{4 \cdot \varphi}{\pi \cdot d^2} \cdot \frac{\gamma^2 \cdot \rho_{жс}^2 \cdot \alpha_{жс} \cdot c_{жс}^2}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot \rho_n} \cdot \vartheta^3,$$

$$q_{кр} = \alpha_i \cdot \vartheta_{кр} = \frac{4 \cdot \varphi}{\pi \cdot d^2} \cdot \frac{\gamma^2 \cdot \rho_{жс}^2 \cdot \alpha_{жс} \cdot c_{жс}^2}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot \rho_n} \cdot \vartheta_{кр}^3,$$

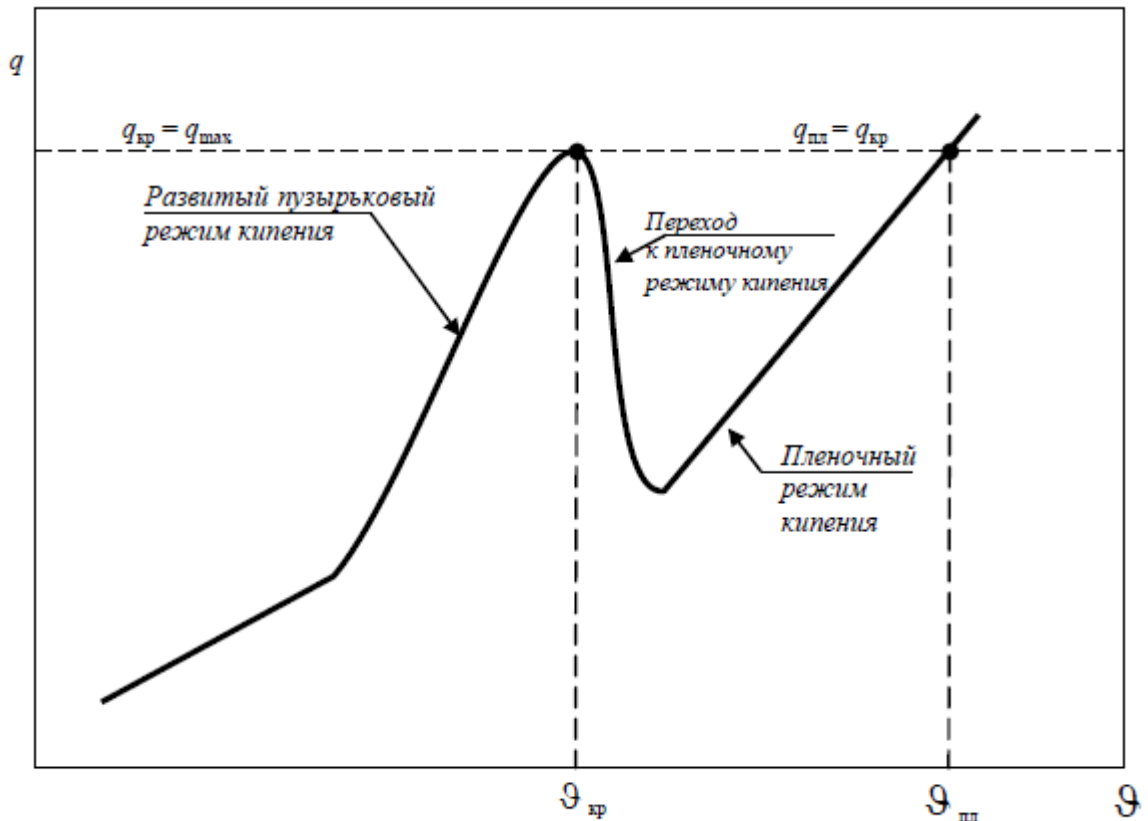


Рисунок 9 – Кривая кипения [13].

При пленочном кипении при определенных условиях (значительных температурных напорах) тепловой поток может сравняться с первым критическим тепловым потоком, и тогда на основании этого при подходе к q_{max} для вертикальной стенки или горизонтальной трубы в условиях свободной конвекции и ламинарного движения паровой пленки, плотность теплового потока при пленочном режиме $q_{пл}$ запишется [12]:

$$q_{пл} = q_{кр} = \sqrt[4]{\frac{\lambda_n^3 \cdot \rho_n \cdot r_i \cdot \rho_{жс} \cdot g}{\mu_n \cdot \theta_{пл} \cdot d}} \cdot \theta_{пл},$$

$$q_{пл} = q_{кр} = \sqrt[4]{C^3 \cdot \frac{\lambda_n^3 \cdot \rho_n \cdot r_i \cdot \rho_{жс} \cdot g}{\mu_n \cdot d}} \cdot \theta_{кр}^{3/4},$$

Приравняв две части уравнения получаем:

$$\theta_{кр} = \sqrt[3]{C} \cdot \frac{\lambda_n^{0,33} \cdot g^{0,1} \cdot (\pi d)^{0,9} \cdot d^{0,33} \cdot r_i \cdot \rho_n^{0,5}}{1,87 \cdot \mu_n^{0,1} \cdot \varphi^{0,45} \cdot \gamma^{0,9} \cdot \rho_{жс}^{0,78} \cdot \alpha_{жс}^{0,45} \cdot c_{жс}^{1,33}}.$$

При плёночном кипении на горизонтальных поверхностях, когда движение плёнки ламинарное, формула расчёта коэффициента теплоотдачи для среднего по периметру определяется [5]:

$$\alpha = 0,62 \cdot \frac{\lambda \cdot \left(\frac{\rho - \rho_s}{\rho} \right)^{1/4} \cdot g \cdot \left(\frac{\rho - \rho_s}{\rho} \right)^{1/4}}{\left(\frac{\rho - \rho_s}{\rho} \right)^{1/4} \cdot \left(\frac{\rho - \rho_s}{\rho} \right)^{1/4} \cdot \left(\frac{\rho - \rho_s}{\rho} \right)^{1/4} \cdot \left(\frac{\rho - \rho_s}{\rho} \right)^{1/4}}$$

Как правило, при плёночном кипении, на вертикальных поверхностях, течение плёнки – турбулентное. Коэффициент теплоотдачи практически не зависит от высоты поверхности, причём

$$\alpha = 0,25 \cdot \frac{\lambda \cdot \left(\frac{\rho - \rho_s}{\rho} \right)^{1/4} \cdot g \cdot \left(\frac{\rho - \rho_s}{\rho} \right)^{1/4}}{\left(\frac{\rho - \rho_s}{\rho} \right)^{1/4} \cdot \left(\frac{\rho - \rho_s}{\rho} \right)^{1/4} \cdot \left(\frac{\rho - \rho_s}{\rho} \right)^{1/4} \cdot \left(\frac{\rho - \rho_s}{\rho} \right)^{1/4}}$$

Если при плёночном режиме кипения уменьшать температуру поверхности, то, при температуре поверхности, несколько меньше, чем температура предельного перегрева жидкости, паровая плёнка становится нестабильной и жидкость начинает периодически смачивать поверхность [5].

Плотность теплового потока при этом:

$$q = \alpha \cdot \Delta T_{кр}.$$

где $\Delta T_{кр}$ – температура предельного перегрева.

$$\Delta T_{кр} \approx 0,9 \cdot (T_{пр} - T_s).$$

1.5. Разрыв пленки жидкости. Факторы влияния на разрыв пленки жидкости.

Разрыв плёнки наступает, если средний коэффициент поверхностного натяжения ε превышает некоторого критического параметра ε^* [3].

Наличие перепада температуры вызывает в слое жидкости стационарную термокапиллярную конвекцию. Движение жидкости оказывается симметричным относительно средней части слоя и направлено на поверхности от горячих к холодным участкам. В результате этого течения первоначально плоский слой жидкости деформируется, его толщина над источником тепла становится меньше, чем над холодным [3,]. В случае малых толщин слоя жидкости происходит разрыв жидкого слоя и оголение нагреваемого участка, а над холодным участком жидкость собирается в виде тонкой капли [3].

Максимальный перепад высот между горячими и холодными участками слоя оказывается пропорционален перепаду температур между холодильником и нагревателем и обратно пропорционален первоначальной толщине слоя жидкости [3].

При нагревании жидкого слоя деформация усиливается, толщина плёнки вблизи нагревателя еще более уменьшается и при достижении критического перепада температуры плёнка рвётся. [3]. Более важную роль в разрыве плёнки начинает играть Рэлей – Тейлоровская неустойчивость.

Вывод по первому разделу

По результатам проведенного анализа обзора литературы составлена таблица 1.

Таблица 1 – Публикации по исследованию процессов испарения тонких слоев жидкости

Источник	Направление исследований	Примечание
Павленко А.Н. [8]	Теплообмен и кризисные явления при интенсивном испарении волновых пленках жидкости	Анализ экспериментальных данных по теплообмену при интенсивном испарении в стекающих пленках жидкого азота
Лексин М.А. Забиров А.Р. [9]	Теплообмен при охлаждении металлических шаров в недогретой жидкости	Экспериментальные данные по распределению температуры внутри никелевого шара в процессе охлаждения.
Суртаев А.С. [10]	Кризисные явления в стекающих пленках жидкости при периодически изменяющейся тепловой нагрузке	Экспериментальные исследования развития кризисных явлений в криогенной жидкости. Получены опытные данные по критическим тепловым потокам.
Солодов А.П. [11]	Моделирование пузырькового кипения	-
Лабунцов Д.А. [3]	Теплообмен, гидродинамика, термодинамика	Теоретические работы по кипению жидкости, конденсации пара, механика двухфазных потоков, неравновесные процессы на границе фазовых переходах.
Сердюков В.С. [6]	Исследование динамики парообразования при кипении	Особенности динамики парообразования при кипении недогретых пленках воды.
Володин О.А. [12]	Теплообмен и кризисные явления при пленочном течении	Исследование влияния структуры тепловыделяющей поверхности на коэффициент теплоотдачи и величину критического теплового потока.

Продолжение таблицы 1

Эльбуз [14]	Теплообмен при испарении и кипении	Процессы теплообмена при испарении, кипении и конвективного теплообмена различных жидкостей
Овсянник А.В. [13]	Критический тепловой поток и первый кризис при кипении	Расчетные соотношения определяющие критические параметры при первом кризисе кипения для различных жидкостей
Кнаке О., Станский И.Н. [17]	Механизм испарения	Точное экспериментальное определение коэффициента конденсации
Зуев А.Л. [5]	Деформация и разрыв пленки жидкости	-

Установлено, что процессы течения тонких слоев жидкости по различным нагретым поверхностям достаточно исследованы для прогнозирования изменения основных параметров, влияющих на интенсивность испарения. Разработаны теоретические основы, объясняющие наличие и величину изменения термодинамических параметров на поверхности раздела “жидкость-газ”. Стоит отметить, что последнее экспериментального подтверждения еще не получило. Хотя известны работы, в которых опытным путем зарегистрированы скачкообразные изменения температуры на поверхности фаз, однако экспериментальных исследований недостаточно для обобщения результатов.

Можно сделать вывод об актуальности задачи по исследованию кипения и испарения тонких слоев жидкости с поверхности твердого тела, находящейся в состоянии покоя, решению которой посвящена данная работа.

2. Планирование экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования по моделированию условий процессов кипения и испарения тонких слоёв жидкости представлено на рисунке 10.

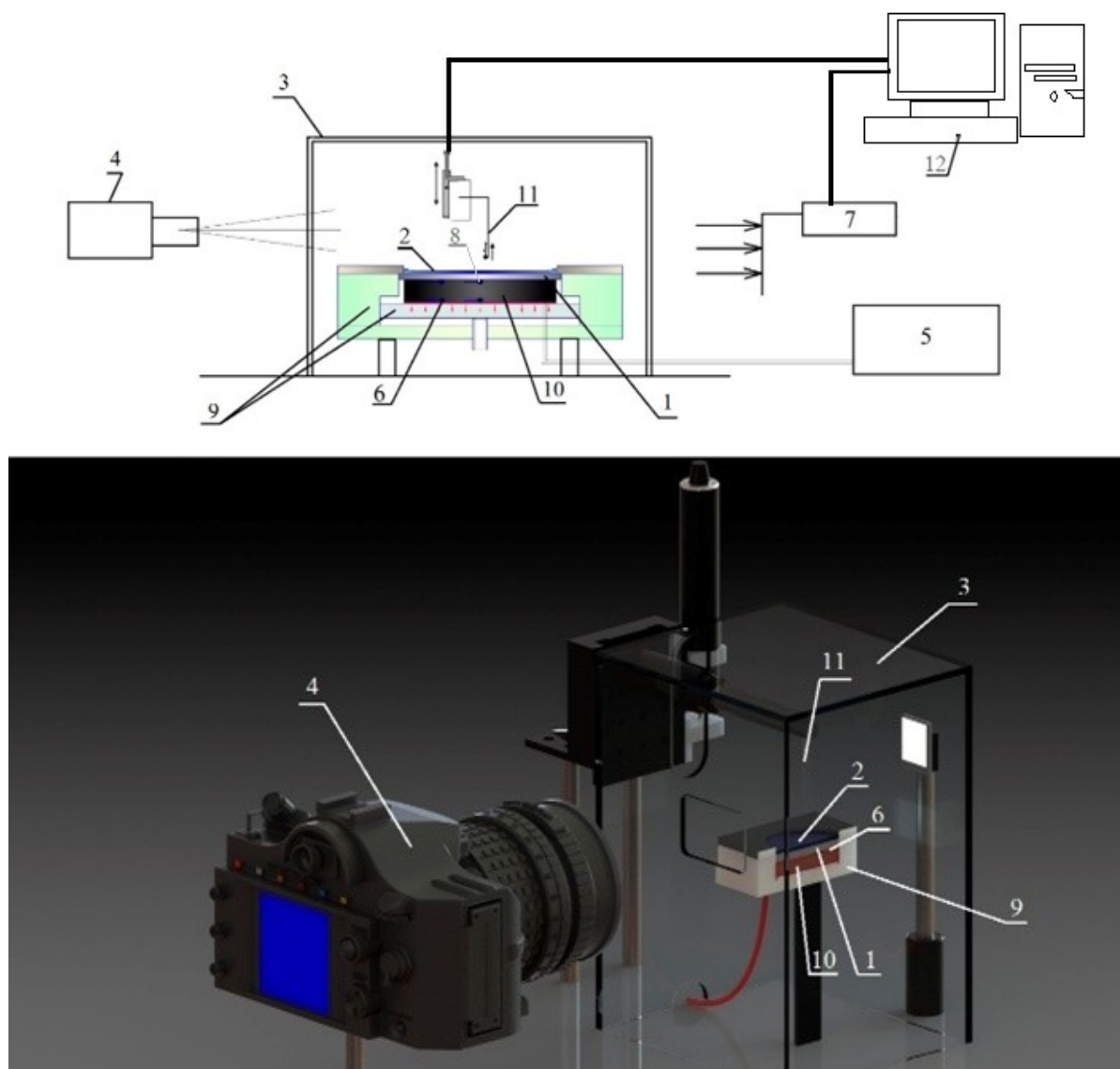


Рисунок 10 – Схема и макет экспериментальной установки

1 – металлическая подложка, 2 – рабочая жидкость, 3 – бокс стеклянный, 4 – фотоаппарат, 5 – источник постоянного тока, 6 – нижние термопары, 7 – контроллер, аналого-цифровой преобразователь, 8 – верхние термопары, 9 – теплоизоляционная стенка, 10 – медная пластина, 11 – щуп, 12 – компьютер

2.1. Описание экспериментальной установки.

На рисунке 11 изображен рабочий участок экспериментальной установки (рисунок 10). Рабочий участок состоит из: металлической подложки 1, медной пластины 2, нагревательного элемента 3 и теплоизоляционного корпуса 4. В центре рабочего участка имеется цилиндрический вырез $d = 50$ мм, стенки корпуса ограничивающие цилиндрический вырез имеют высоту равной 5 мм.

Под поверхностью 1 располагается медная пластина 2 с нагревательным элементом 3 типа MINCO 275 Ом. В вырез корпуса поочередно устанавливается термоэлектрический модуль 3, далее медная пластина и металлическая подложка. В медной пластину имеются два выреза для установки термопар 6 (рисунок 11), проходящие через центр пластины.

Угол наклона рабочего участка относительно горизонтали выравнивается с помощью гониометра.

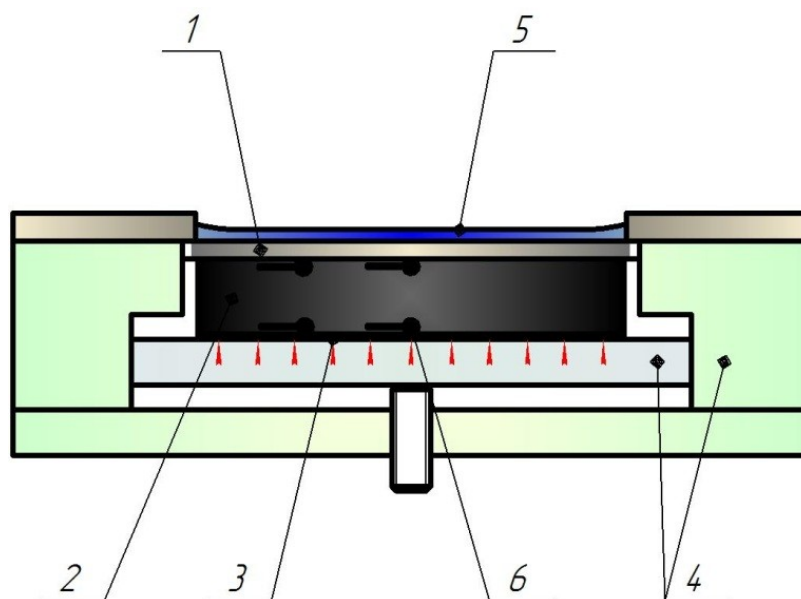


Рисунок 11 – Схема рабочего участка

1 – металлическая пластина, 2 – нагревательный элемент, 3 – термопары,
4 – стенка теплоизоляционная, 5 – слой жидкости, 6 – подложка

Макет рабочего участка представлен на рисунке 12.

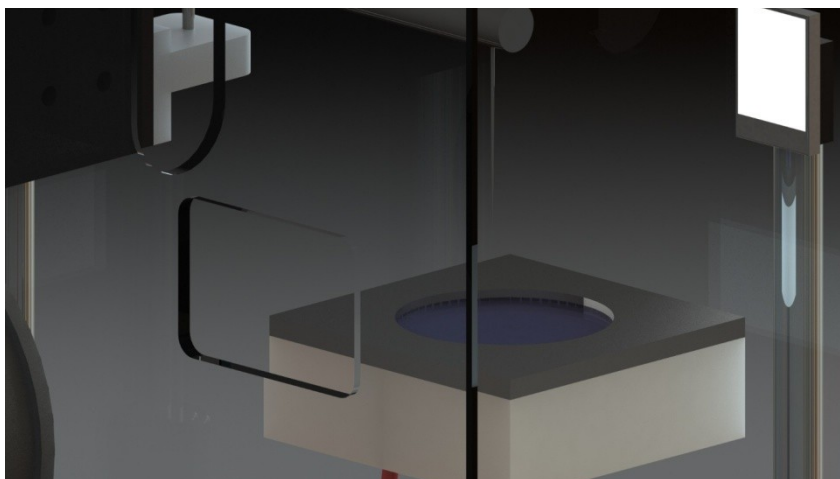


Рисунок 12 – Макет рабочего участка экспериментальной установки

На металлической подложке на позиции 1 рисунка 10 формирование слоя жидкости 2 осуществляется при помощи шприца. Изменение толщины варьируется от нескольких десятых долей миллиметра (обусловлено соотношением сил поверхностного натяжения и внутренней коргезии) до 3 мм (обусловлено высотой стенки корпуса рабочего участка).

Стеклянный бокс, позиция 3 на рисунке 10, необходим для снижения влияния таких параметров как: температура, скорость воздуха в помещении, теплопритоков со стороны внешних источников теплоты и потерь тепла на процесс испарения рабочей жидкости.

Стеклянный бокс представляет собой четырех стороннюю стеклянную стенку толщина которой составляет 4 мм (рисунок 13) и два отверстия 1,2 для исключения искажений видео регистрации касания иглы с поверхностью рабочей жидкости.

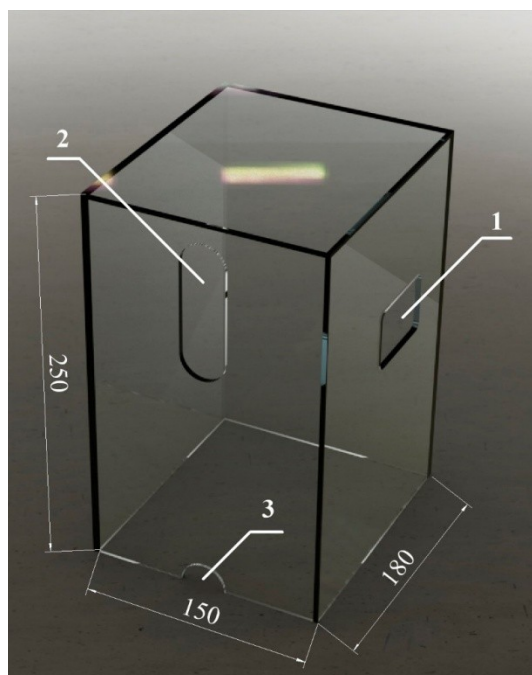


Рисунок 13 – Стекланный бокс

Геометрические размеры отверстия 2: высота составляет 90 мм, радиус скругления, а также вырез 3 равной 15 мм. В тыльной части стенки бокса, где указано положения 2 и 3, необходимы для передвижения линейного актуатора Zeber Console и установки термопар.

Наблюдение за процессом испарения и кипения слоя рабочей жидкости осуществлялась с помощью фотоаппаратуры: фотокамеры 4 (рисунок 10) типа NIKON D7100 (матрица: общее число пикселей 24,71 млн, размер APS – С 23,5x15,6 мм), максимальное разрешение 6000x4000) и объектива SIGMA AF 105 мм f/2,8 EXDGOS HSM Macro (макро объектив со встроенным стабилизатором изображения, автоматической фокусировкой, минимальным расстоянием фокусировки 0,312 м, фокусным расстоянием 105 мм). По изображению, полученному в режиме работы «On line» определяется момент касания иглай актуатора с поверхностью жидкости.

С нижней стороны располагается плоский нагревательный элемент (пьезоэлемент), горизонтально установленной под пластиной 2. На нагревательный элемент подавалась мощность от источника постоянного тока GPD-73303D позиция 5 на рисунке 10.

Температура верхней и нижней поверхностей нагревателя, жидкости измерялась с помощью пяти хромель алюмелевых термопар 6,8 типа JMEGA 304 SS Sheath. По две располагались на верхней и нижней поверхностях медной пластины, последняя располагалась между слоем жидкости и металлической пластины 1.

Сигналы от термопар поступали на контроллер NI cDAQ-9171 затем на компьютер, где при помощи программного обеспечения, разработанного в системе LabVIEW Signal Express, выполнялась процедура обработки сигналов и вывода на экран монитора персонального компьютера.

2.2. Методика проведения эксперимента по измерению температур рабочего участка в процессе испарения.

От источника постоянного тока на нагревательный (пьезо)элемент поступает ток и напряжение. Далее пьезоэлемент нагревает медную пластину, на которой установлена металлическая подложка. При достижении заданной начальной температуры, при помощи шприца наносится слой жидкости: ацетон (4,5 мл), этиловый спирт (4,5 мл). Затем регистрируются температуры нагревательного элемента и жидкости. Регистрация температур осуществляется термопарами (приложение А, рисунок А.1), установленных в разных частях рабочего участка. Сигнал от термопар поступает на АЦП и выводит на экран компьютера.

Использование выше названных оборудований для экспериментальной установки в целях для контроля и управления использовалось программное обеспечение Lab View SignalExpress и Zeber Console.

2.3. Описание программного обеспечения.

LabView – это интерактивная среда измерения, которую можно преобразовать в диалоговом режиме для решения таких задач как: измерения, генерирования, обработки, сравнения сигналов

На рисунке 15 представлен рабочее окно Lab View.

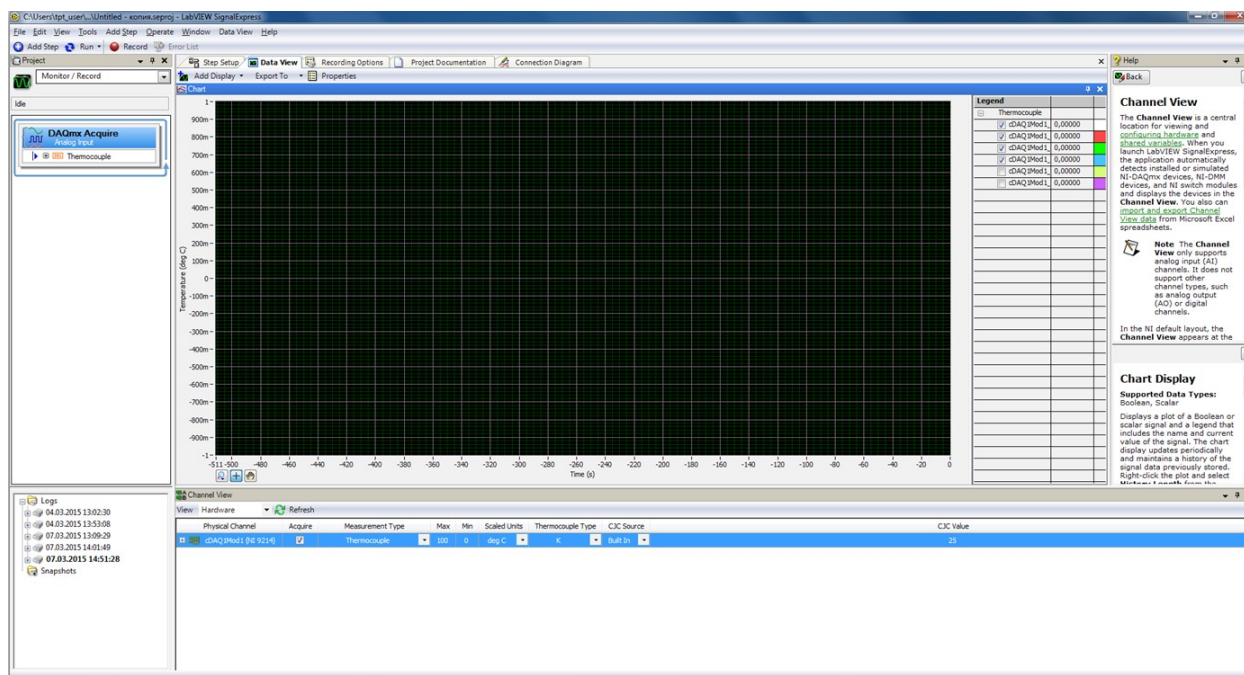


Рисунок 15 – Рабочее окно программного обеспечения Lab View

Прежде чем начать работу необходимо добавить соответствующее оборудование в программу, далее задать параметры измеряющих приборов с помощью команды AddStep в панели управления изображенное на рисунке 16. Каждый прибор идентифицируется индивидуальным цветом, сделано для удобства пользования.

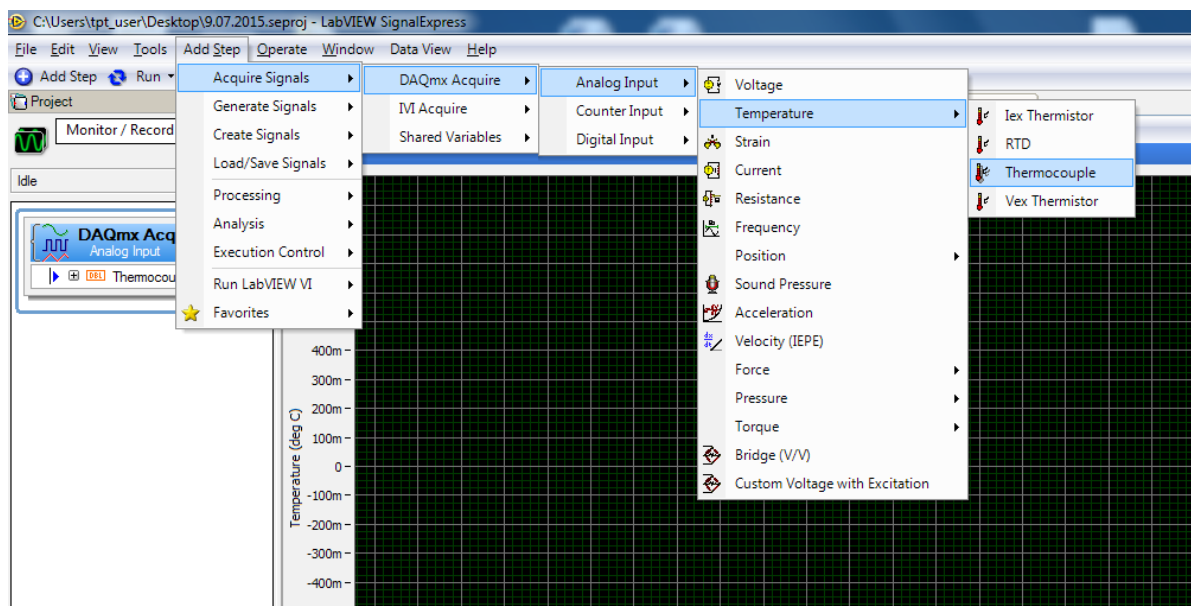


Рисунок 16 – Добавление оборудования (термопар)

После добавления термопар необходимо перейти в область просмотра, для этого нажать на вкладку «Data View», расположенное на рабочем окне данного ПО (рисунок 17), затем внести приборы. Которые нужны для проведения исследований.

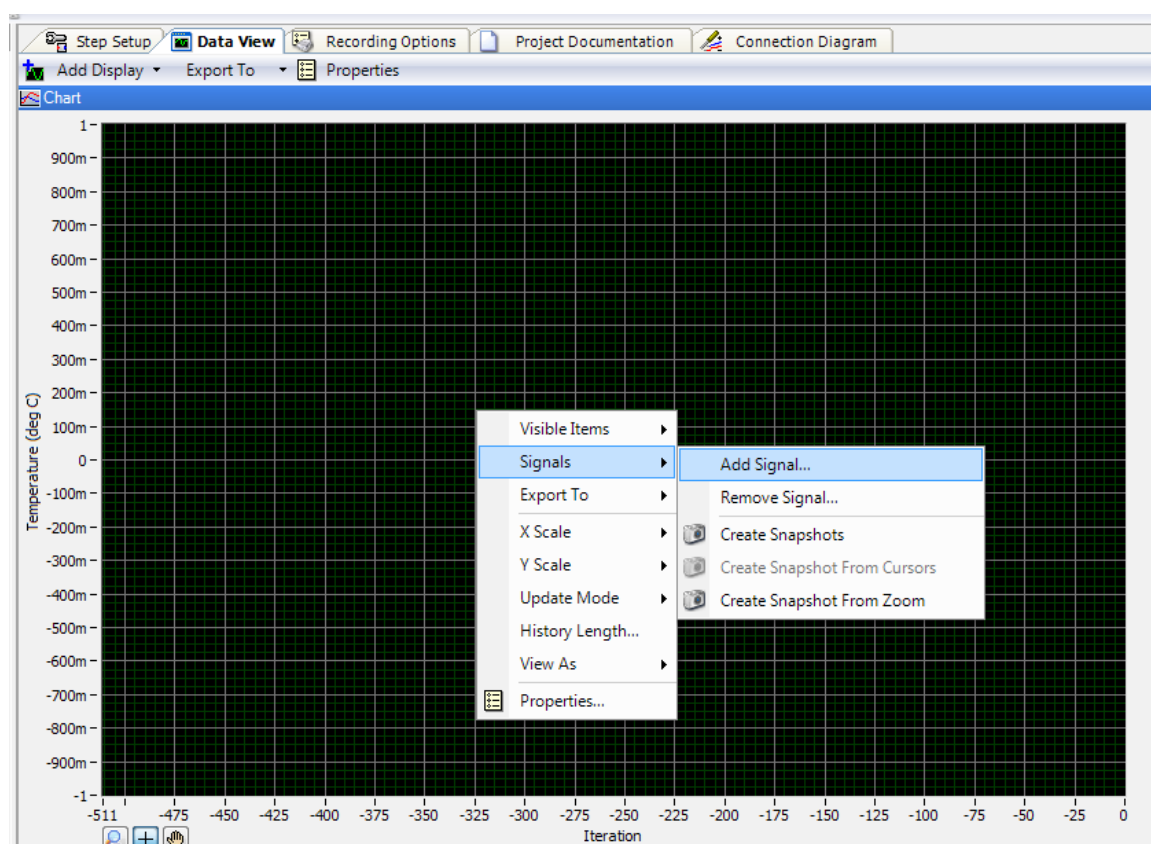


Рисунок 17 – Добавление данных на область просмотра

После выполнения выше указанных действий для регистрации данных необходимо запустить в действие регистрацию данных нажав кнопку «Run» на панели управления. В результате по экран будет выводиться результаты регистрируемых величин с требуемых приборов. Если нужно записать данные исследования нужно нажать кнопку Record расположенное на панели управления, далее выбрав нужные приборы с которых надо записать данные нажав кнопку ОК. Размер, время записи и другое можно посмотреть во вкладке «Recording Options» (рисунок 18).

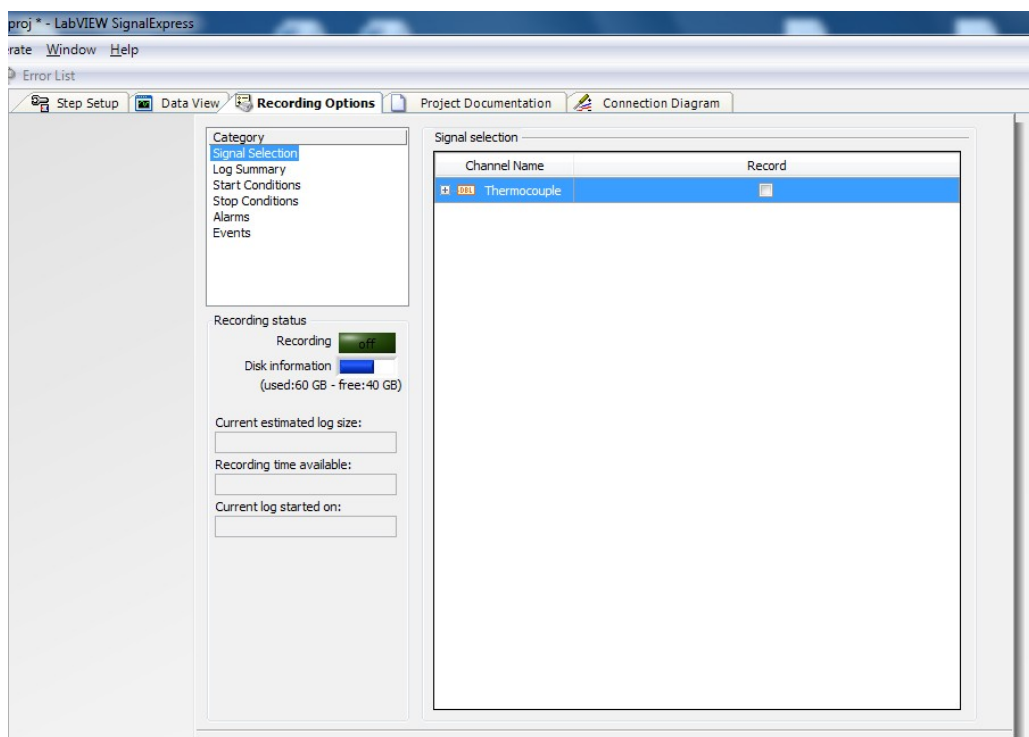


Рисунок 18 – Запись результатов

В реестре событий будут храниться ваши данные с их названием в виде текущих дат и времени на время открытия программы. Для сохранения проектов надо перейти на панели управления File – Save Project.

Данная программа обеспечивает экспорт полученных данных в Excel, сделано для удобства представления и анализа. Для этого во вкладке Data View, путем нажатия правой кнопки мыши по экрану области построения выбрать Export to и выбираете формат, либо двойным кликом левой кнопки мыши на запись в журнале.

Программу можно настраивать по скорости обновления области построения и т.д.

Zeber Console программное обеспечение, что отправляет команды управления и регулирует настройки только приборам «Zeber». Данное ПО предназначено для управления коммуникационным портом ПК, индентифициции устройства, отправки команд и установки единиц измерения.

Для контроля и управления актуатором типа T-LA-28A в экспериментальной установке использовалось для проведения эксперимента по измерению толщины слоя рабочей жидкости. Рабочее окно программы Zeber Console изображено на рисунке 19.

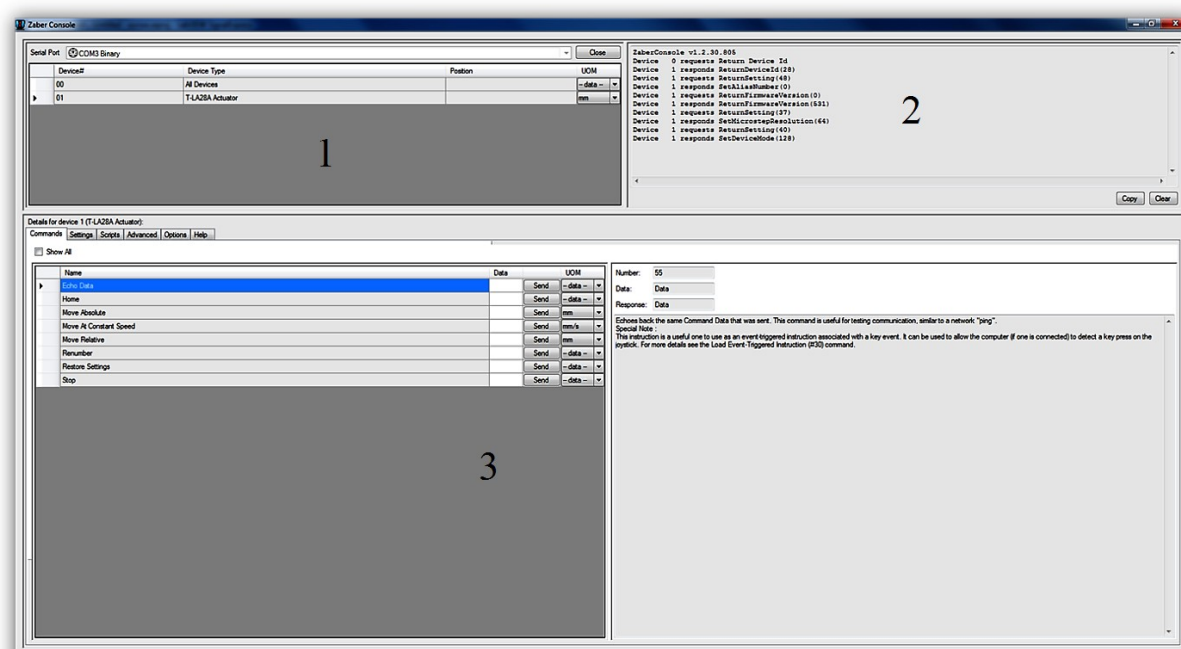


Рисунок 19 – Рабочее окно Zeber Console

1 – информация по приборам, 2- журнал операций, 3 – раздел для управления прибором

Для начала работы с данным оборудованием, необходимо запустить программу. Далее выбрать соответствующий порт, к которому подключен Zeber, затем открыть – Open. Появится список подключенных приборов. Если какие – то приборы указываются, что не подключены, то нужно отправить на команду Renumber. Команда Renumber также может присвоить каждому

прибору индивидуальный номер, когда подключено больше одного прибора (рисунок 20).



Рисунок 20 – Renumber

Область 1, содержит информация по серийным портам и список приборов. 2 область содержит информацию в виде журнала по проведенным операциям. 3 область содержит вкладки: commands, device settings, scripts, advanced, help.

Commands – список всех команд с описанием использования.

Device settings (рисунок 21) – список всех настроек.

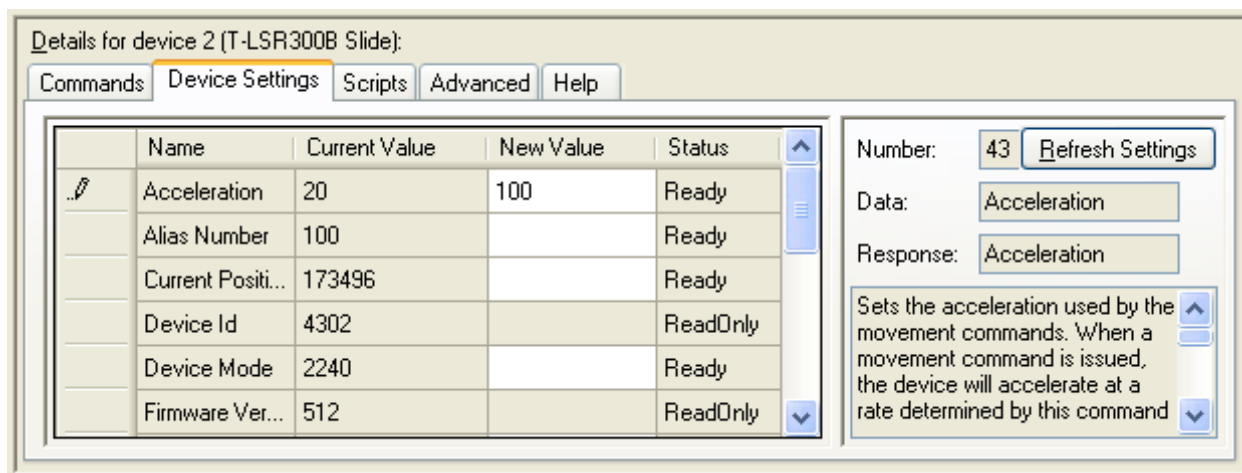


Рисунок 21 – Функция Device settings

Scripts – список сценариев, которые применимы на текущем приборе (рисунок 22). Новые сценарии управления прибором выполняются через редактор Script Edition.

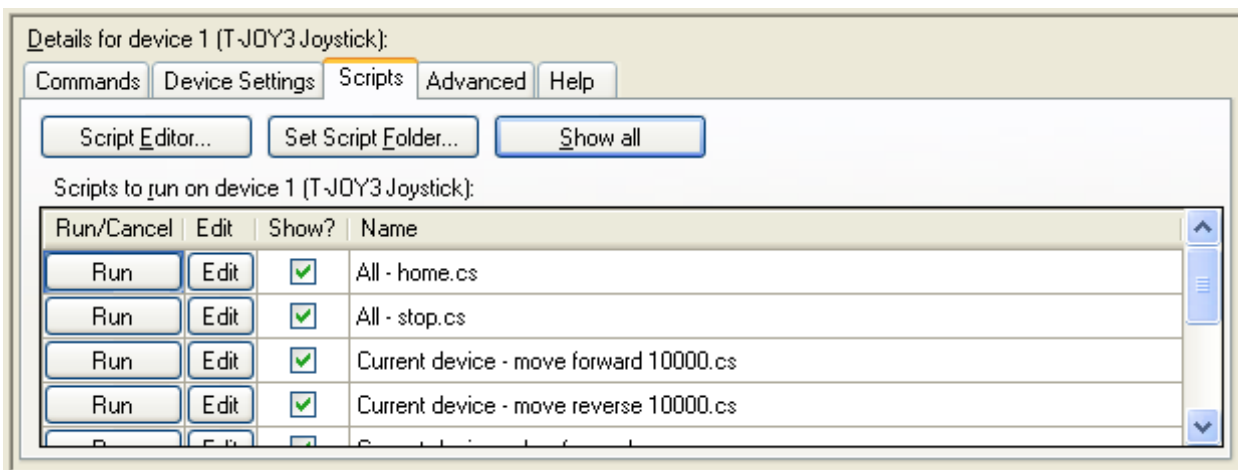


Рисунок 22 – Функция Scripts

Advanced – отправляет команды прибору, а также позволяет регулировать некоторые настройки (рисунок 23).

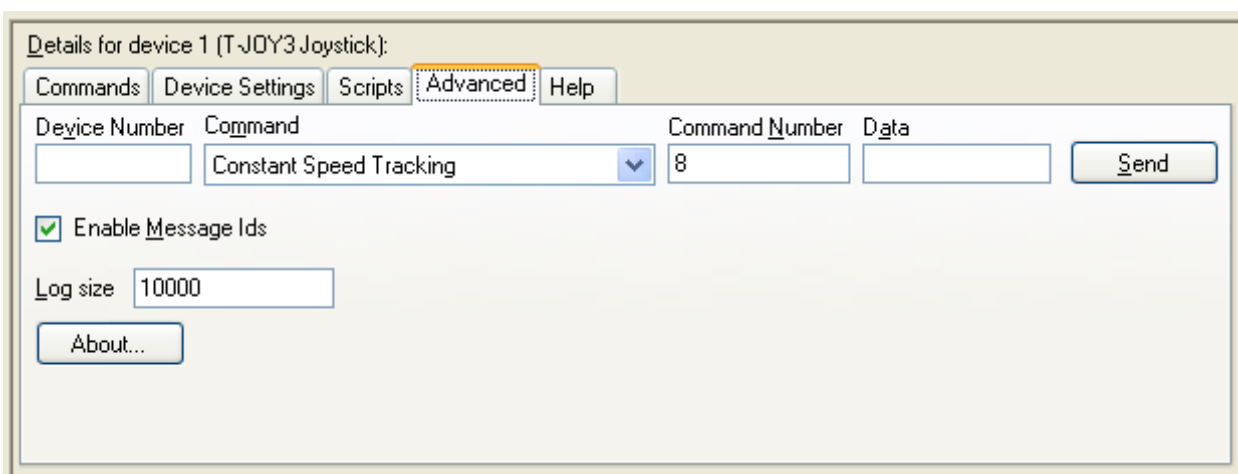


Рисунок 23 – Функция Advanced

Help – справочная функция служит как описание по использованию ПО Zaber Console.

Для управления устройством Zaber с компьютера в программе предусмотрены следующие списки команд:

- stop – команда останавливающее движение актуатора;
- restore settings – восстановление по умолчанию настройки прибора;
- renumber – задание номера устройству при подключенных более нескольких приборов к ПО;
- move relative – передвижение актуатора относительно текущего положения;

- move at constant speed – задание движения актуатора с постоянной скоростью, максимальная скорость движения актуатора 4 мм/с;
 - move absolute – движение актуатора относительно начального положения;
 - home – возвращает актуатор в начало (положение 0 мм)ю
- echo data – выполнение последней команды.

2.6 Выбор области изменения основных факторов

В качестве функции цели экспериментов выбраны характеристики испарения жидкости: измерение температур рабочего участка и толщины слоя жидкости.

Изменение теплового потока источника питания ограничивается максимальной мощностью пьезоэлемента, обеспечивая высокую скорость испарения жидкости расположенного на подложке.

Изменение толщины слоя жидкости ограничено с одной стороны минимальной толщиной слоя жидкости, при котором сохраняется целостность слоя при определенной температуре, с другой стороны – максимальной высотой стенки рабочей области (5 мм).

Выбор материала обусловлен широким использованием в теплообменных аппаратах.

Входные параметры:

1. Температура поверхности жидкости;
В качестве рабочего тела использовались жидкости: ацетон, этиловый спирт.

Вывод по второму разделу

Представлена схема экспериментальной установки с пояснением всех основных элементов. Разработаны методические указания по проведению эксперимента по исследованию процесса кипения и испарения жидкости на подложке. Жидкость дозировалась на подложку при помощи шприца, точность составляла 0,1 мл. Положение линейного актуатора определялось с точностью с точностью 0,001 мм. Скорость движения термодпары постоянная, равная 0,01 мм/с Точность измерения температур равна 0,01 °С. Для регистрации параметров использовалось программное обеспечение LabView и Zeber Console. Описаны команды управления данных программных пакетов.

3. Анализ результатов экспериментального исследования

3.1. Распределение температур поперёк раздела фаз.

В данной работе проводились эксперименты по определению температуры на поверхности раздела «пар – жидкость». Объектами наблюдения являлись жидкости: ацетон и этиловый спирт.

Эксперименты по определению температуры в системе «пар-жидкость» проводились с помощью откалиброванной термопары типа К с диаметром королька термопары 80 мкм. По всей поверхности рабочего участка осуществлялся нагрев до заданной температуры (50, 45, 40). После, на поверхность рабочего участка добавлялся слой жидкости толщиной 5 мм (4,5 мл). Закрепленная термопара, диаметр королька 80 мкм, закреплённая на щуп линейного актуатора, вертикально опускается на расстояние 1 мм от поверхности жидкости. Предполагается, что это расстояние необходимо для прогрева термопары, после того как термопара выйдет из жидкости. После достижения условных температур на поверхности подложки линейный актуатор опускался вертикально вниз. Записывались данные с термопар. Фиксировался с фотокамеры момент касания термопары с поверхностью жидкостью, так же фиксировалась температура полученная в момент касания с поверхностью жидкости. При этом скорость движения линейного актуатора была 0,1 мм/с.

Актуатор проходил на неопределённую глубину. После последнего запись останавливалась. Актуатор возвращался в исходное положение.

Так же определялась температура раздела в процессе испарения, путём получения от нескольких проб, интервал которых равен: для ацетона (5 мин.), для этилового спирта (10 мин.). Порядок исполнения представлен выше. Данные с термопар представлены в приложении Б.

По результатам серии экспериментов получены зависимости температур от расстояния до и после поверхности раздела, для ацетона соответствуют рисунки 24 – 26, для этилового спирта рисунки 27 – 29.

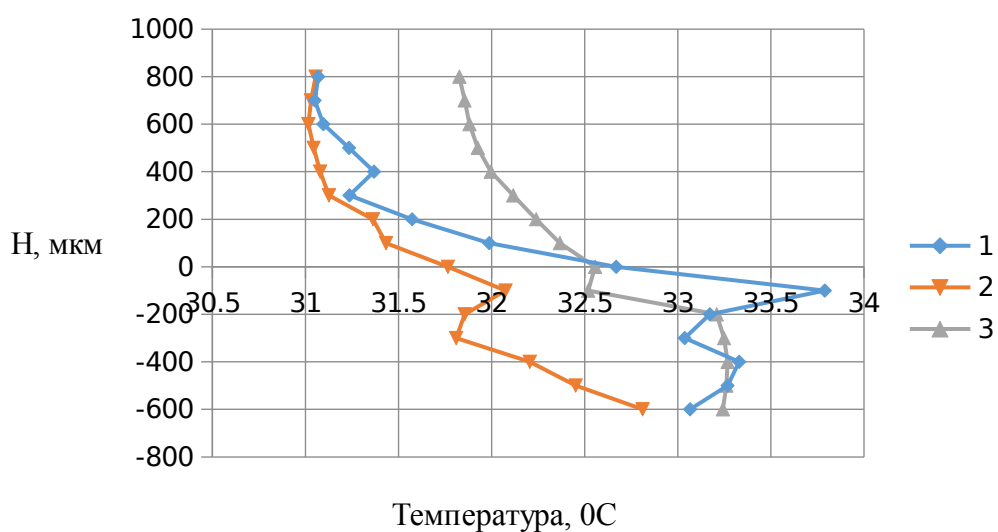


Рисунок 24 – Зависимости температур от расстояния до и после поверхности раздела ацетона. Начальная температура подложки 40⁰С.

(◆) – начало опыта, (■) – через 5 минут после начала опыта, (▲) – через 10 минут после начала опыта.

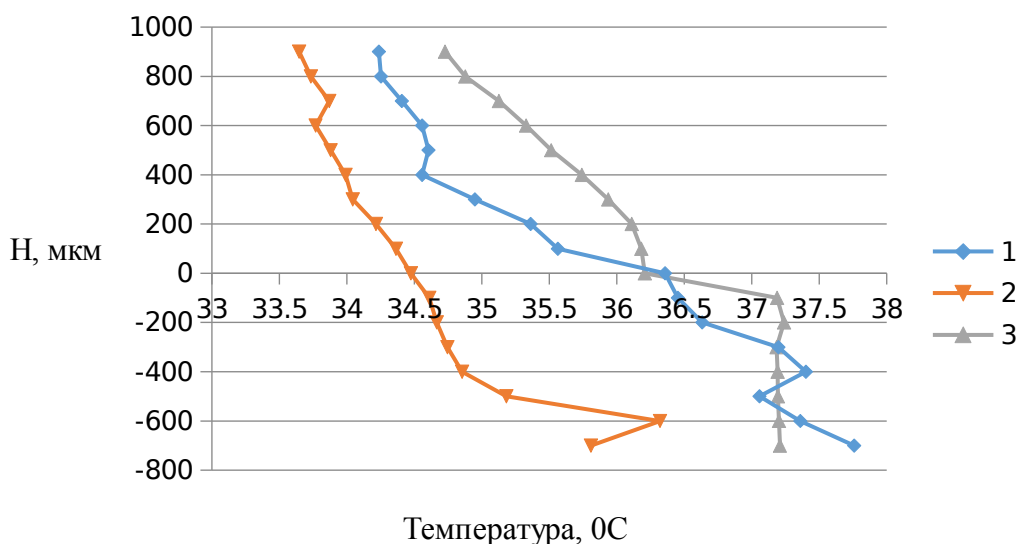


Рисунок 25 – Зависимости температур от расстояния до и после поверхности раздела ацетона. Начальная температура подложки 45⁰С.

(◆) – начало опыта, (■) – через 5 минут после начала опыта, (▲) – через 10 минут после начала опыта.

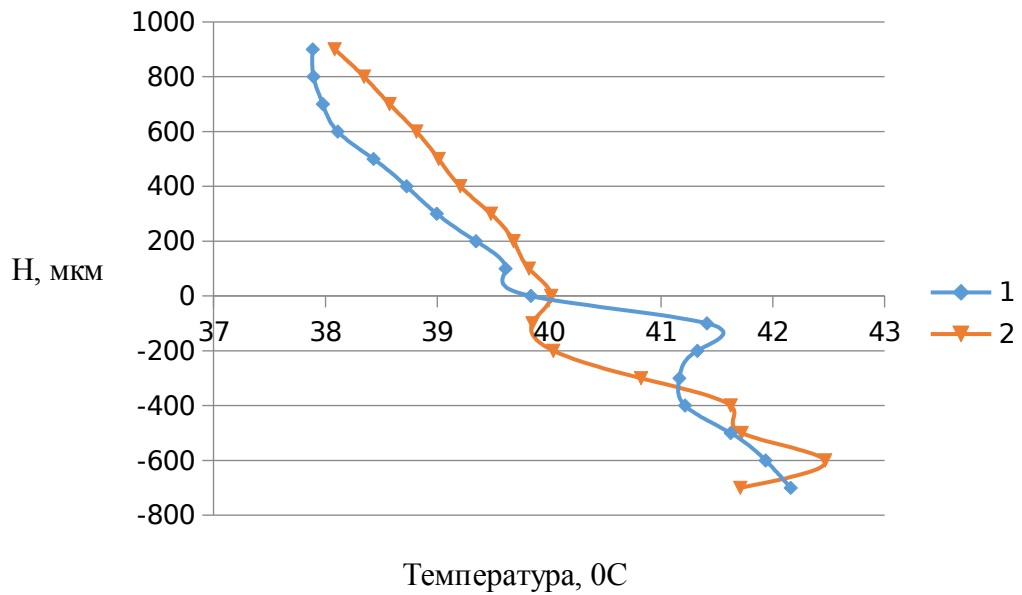


Рисунок 26 – Зависимости температур от расстояния до и после поверхности раздела ацетона. Начальная температура подложки 50⁰С.

(◆) – начало опыта, (■) – через 5 минут после начала опыта, (▲) – через 10 минут после начала опыта.

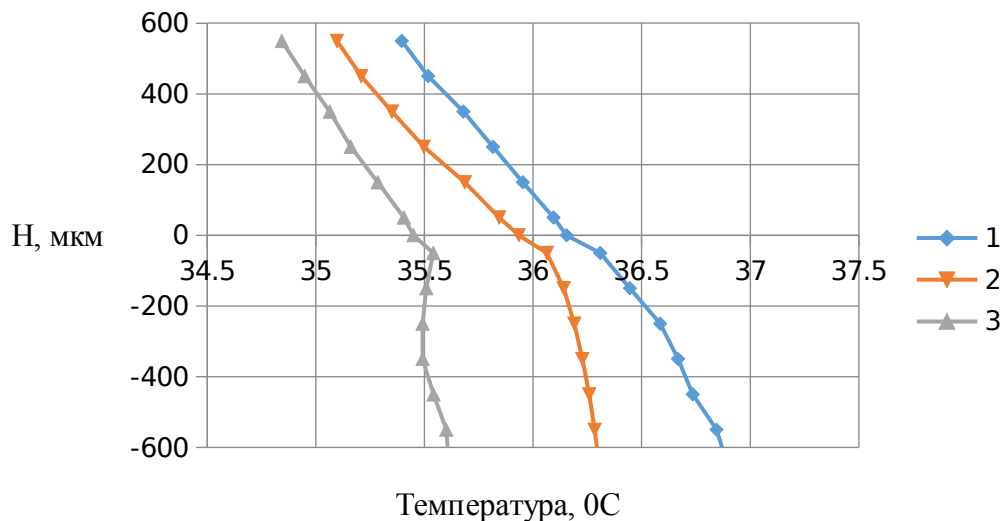


Рисунок 27 – Зависимости температур от расстояния до и после поверхности раздела этилового спирта. Начальная температура подложки 40⁰С.

(◆) – начало опыта, (■) – через 10 минут после начала опыта, (▲) – через 20 минут после начала опыта.

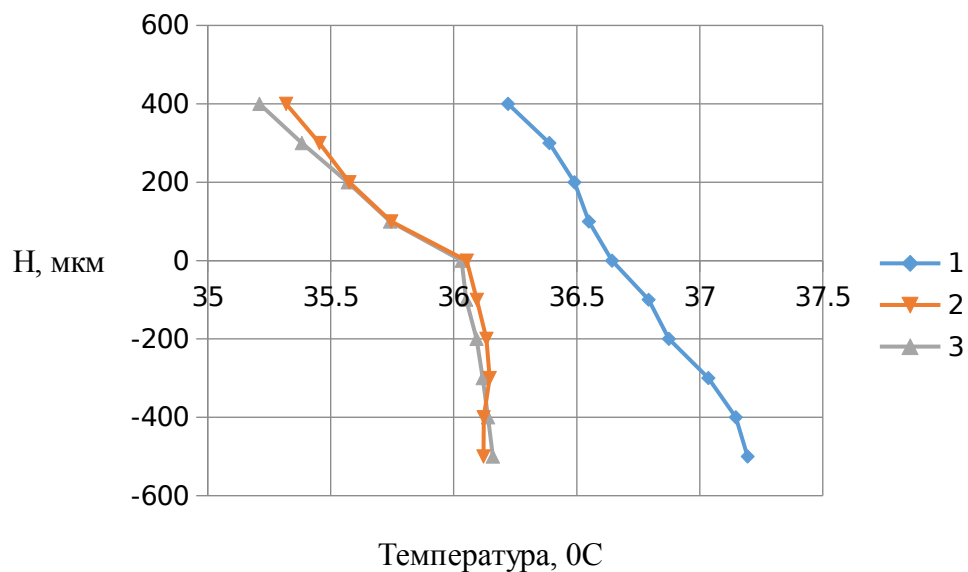


Рисунок 28 – Зависимости температур от расстояния до и после поверхности раздела этилового спирта. Начальная температура подложки 45⁰С.

(◆) – начало опыта, (■) – через 10 минут после начала опыта, (▲) – через 20 минут после начала опыта.

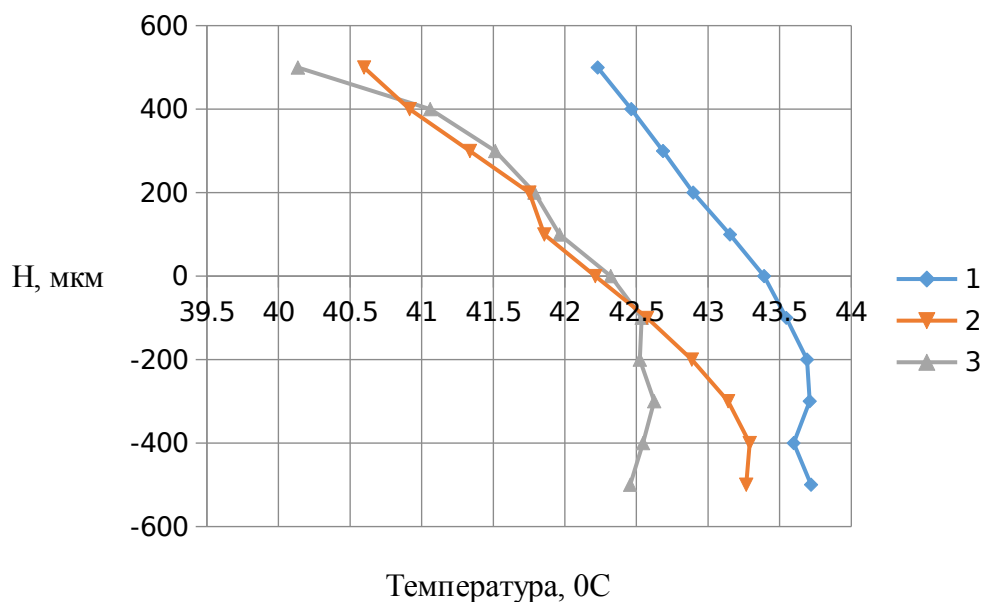


Рисунок 29 – Зависимости температур от расстояния до и после поверхности раздела этилового спирта. Начальная температура подложки 50⁰С.

(♦) – начало опыта, (■) – через 10 минут после начала опыта, (▲) – через 20 минут после начала опыта.

На графиках 24 – 26 отображено колебательное распределение температуры по всей длине движения термопары. Колебательное распределение внутри жидкости вызвано тем, что нагретые тепловые потоки, внутри жидкости, направлены вверх, а холодные потоки устремлены вниз. Это явление вызывает неустойчивость Релея – Бинара.

На зависимостях 27 – 29 видно, что распределение температур, внутри жидкости, носит почти прямолинейный характер. Обусловлено тем, что этиловый спирт в отличие от ацетона имеет большую плотность, в следствии тепловое движение молекул, вызванное градиентом температур, от подложки к поверхности слоя жидкости тормозится, что влияет на скорость испарения при одинаковых условиях. В свою очередь тепловое движение от поверхности жидкости в окружающую среду оказывает значительное влияние на регистрацию температуры вблизи поверхности раздела фаз «жидкость – пар».

3.2. Оценка погрешности измерения.

Погрешность измерений – это отклонение результата x от истинного значения x_0 .

В зависимости от формы представления есть абсолютная, относительная и приведенная погрешность измерений.

Абсолютная погрешность определяется как разность между истинным и измеренным значением физической величины. $x_0 - x = \Delta x$.

Относительная погрешность – это отношение абсолютной погрешности к истинному значению. $\Delta = \pm \frac{\Delta x}{x_0} \cdot 100\%$.

В зависимости от характера проявления различают систематическую и случайную. Систематическая погрешность в большинстве случаев проявляется

при плохой настройке измерительной аппаратуры, недостаточное постоянство условий опыта и т.п. Систематические погрешности считаются потенциально устранимыми.

Случайная погрешность обуславливается большим числом случайных причин, действующих в каждом отдельном измерении различным неизвестным образом. К числу таких причин относятся различные изменения в среде таких как температура, оптические, электрическое и магнитное воздействия.

Промахи – это ошибочные измерения, возникающие в результате нарушение условий проведения эксперимента. Такие данные следует отбросить, что и было сделано при построении зависимости температур от расстояния до и после поверхности раздела для ацетона и этилового спирта. Результаты оценки погрешности измерения представлены в приложении В. Для примера проведена оценка погрешности измерения для ацетона, начальный объём жидкости 4,5 мл, начальная температура подложки 40 °С:

1. Средне арифметическое значение определяется:

$$t = \frac{31.402 + 31.876 + 32.669}{3} = 31.982, ^\circ\text{C}.$$

2. Среднеквадратическое отклонение:

$$\tilde{\sigma}_t = \sqrt{\frac{\sum (\tilde{t} - \tau_n)^2}{n(n-1)}}$$

$$\tilde{\sigma}_t = \sqrt{\frac{(31.982 - 31.402)^2 + (31.982 - 31.876)^2 + (31.982 - 32.669)^2}{3(3-1)}} = 0,64 \text{ с.}$$

3. Выбрана доверительная вероятность $\alpha = 0,95$.

4. Коэффициент Стьюдента $t_{0,95} = 2,92$.

5. Случайная погрешность.

$$\Delta t = t_{0,95} \cdot \tilde{\sigma} = 2,92 \cdot 0,64 = 1,87 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

6. Окончательный результат

$$\tau = (0.64 \pm 1.87), ^\circ\text{C. с доверительной вероятностью } \alpha = 0,95.$$

7. Относительная погрешность.

$$\delta_t = \frac{\Delta \tilde{t}}{\tilde{t}} \cdot 100\%$$

$$\delta_t = \frac{1.87}{31.982} \cdot 100\% = 5,85\%.$$

Вывод по третьему разделу

По полученным результатам анализа определена температура на границе раздела фаз «пар – жидкость». По результатам зависимостей (рисунки 24 – 29) установлено, что температура воздуха и жидкости в непосредственной близости поверхности раздела “жидкость-газ” изменяется колебательно. Колебательный характер температуры можно объяснить следующим. При дозировании жидкости на поверхность прогревается слой, расположенный на поверхности нагрева. Возникает градиент температуры, направленный от поверхности раздела фаз, а также градиент плотности. Последнее приводит к конвекции жидкости, а именно Рэлея-Бинара (конвекция в плоском горизонтальном слое жидкости или газа, подогреваемого снизу). При такой конвекции пространственные и временные эффекты в значительной степени расцеплены из-за отсутствия интенсивного потока, навязанного внешними условиями. Верхний более холодный слой жидкости опускается вниз, прогретый поднимается на поверхность. Очевидно, что циркуляция жидкости оказывает влияние на движение воздуха вблизи поверхности раздела, чем вызвано колебательное изменение температуры воздуха.

Стоит отметить, что вблизи поверхности раздела фаз толщина слоя, в котором может происходить быстрое изменение термодинамических параметров (температуры и давления) мала. Таким образом, для дальнейшего решения проблемы определения термодинамических параметров на поверхности раздела фаз и их влияние на процесс испарения и конденсации необходимо проведение экспериментальных исследований с применением термопар диаметр королька которых не должен превышать 10 мкм.

По результатам серии экспериментов выявлено, что при движении термопары к поверхности раздела фаз на ней образуется слой конденсата. Последний влиял на регистрируемые параметры. Сделан вывод, что для повышения точности измерения температуры поверхности раздела фаз

необходимо использовать термопару, в которой электроды будут располагаться горизонтально (“телескопически”). Такое расположение электродов будет соответствовать изотермам поверхности раздела “жидкость-газ” и позволит уменьшить утечки тепла, связанных с градиентом температур по электродам термопар. Также это позволит уменьшить толщину слоя конденсата образующегося на поверхности термопары.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5Б4Б	Меньшикову Даниилу Сергеевичу

Инженерная школа энергетики		Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова	
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1 <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Должностной оклад научного руководителя -26300руб. Должностной оклад инженера – 17000руб.</i>
2 <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизации – 20%</i>
3 <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления в социальные фонды принимаются равными 30 %</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1 <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Планирование работ и их временная оценка</i>
2 <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Смета затрат на проект</i>
3 <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Анализ полученных результатов</i>
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1 <i>График проведения и бюджет НИ</i>	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10.03.18
---	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель Отделения социально-гуманитарных наук	Н.Г. Кузьмина			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б4Б	Меньшиков Даниил Сергеевич		

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель данного проекта является экспериментальное определение температуры на границе раздела « пар – жидкость».

Задачей данного раздела является создание и проектирование конкурентоспособной разработки. Проект должен отвечать всем современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

4.1 Планирование этапов научного исследования и временных оценок

Планирование заключается в составлении перечня работ, необходимых для достижения поставленной задачи; определении участников каждой работы; установлении продолжительности работ в рабочих днях; построении линейного или сетевого графика и его оптимизации.

В таблице 4 приведены состав и структура длительности для проведения дипломной работы

Таблица 4– Перечень выполняемых работ:

Этап	Наименование	Продолжительность, дни	
		студент	науч.руковод.
1	Получение задания	1	1
2	Разработка теоретической части работы	10	1
3	Планирование экспериментального исследования (выбор схемы и средств измерений)	3	1
4	Сборка схемы установки	1	1
5	Проведение эксперимента	21	-
6	Внесение корректив в разработку и планирования исследования	2	1
7	Выводы по проделанной работе	1	1
8	Оформление работы	3	-

Календарное планирование обычно осуществляется с помощью построения планов-графиков проведения работ по каждому проекту.

В линейном графике производственный процесс делится на отдельные операции, изображаемые в виде полос в масштабе времени построчно.

На рисунке 30 построен линейный график продолжительности работ по данным таблице 1.



Рисунок 30 – Линейный график проведения научной работы

Линейные графики применяются при планировании несложных работ с достаточно небольшим количеством этапов и в относительно стабильных условиях их выполнения.

4.2 Смета затрат на проект

Определение затрат по запланированным работам осуществляется в форме сметной калькуляции, для расчета которой должны быть использованы действующие рыночные цены, а также данные производственных и научно-исследовательских подразделений (процент косвенных расходов, процент транспортно-заготовительных расходов, ставки заработной платы, номенклатура статей калькуляции).

Обычно затраты на любой вид деятельности рассчитываются по следующим элементам расходов с последующим суммированием:

1. Материальные затраты (за вычетом стоимости возвратных отходов).

2. Затраты на оплату труда.
3. Отчисления на социальные нужды (страховые взносы).
4. Амортизация основных фондов и нематериальных активов.
5. Прочие затраты.
6. Накладные расходы.

Совокупность затрат на проект определяются по формуле:

$$K_{np} = K_{mat} + K_{ам} + K_{з/пл} + K_{с.о} + K_{пр} + K_{накл}, \text{ руб.},$$

где K_{mat} – материальные затраты;

$K_{ам}$ – амортизация компьютерной техники;

$K_{з/пл}$ – затраты на заработную плату;

$K_{с.о}$ – затраты на социальные нужды;

$K_{пр}$ – прочие затраты;

$K_{накл}$ – накладные расходы.

4.2.1 Материальные затраты

Под материальными затратами понимается величина денежных средств, потраченных на канцелярские товары, Величину этих затрат принимаем 1100 рублей.

4.2.2 Амортизация компьютерной техники

Амортизация показывает уменьшение стоимости компьютерной техники, на которой выполнялась работа, вследствие ее износа. Амортизация техники рассчитывается по формуле:

$$K_{ам} = \frac{T_{исп.т}}{T_{кал}} \cdot C_{кг} \cdot \frac{1}{T_{сл}}, \text{ руб./год},$$

где $T_{исп.кг}$ – время использования техники;

$T_{кал}$ – календарное время;

$C_{кг}$ – цена техники;

$T_{сл}$ – срок службы техники.

$$K_{ам} = \frac{42}{365} \cdot 25000 \cdot \frac{1}{5} = 575,34, \text{ руб./год,}$$

4.2.3 Затраты на заработную плату

Затраты на заработную плату включают в себя выплаты инженеру, разрабатывающему проект, а также научному руководителю и рассчитываются по формуле:

$$K_{з/пл} = ЗП_{инж}^{\phi} + ЗП_{нр}^{\phi}, \text{ руб.},$$

где $ЗП_{инж}^{\phi}$ – фактическая заработная плата инженера;

$ЗП_{нр}^{\phi}$ – заработная плата научного руководителя.

Месячный оклад:

$$ЗП^M = ЗП_о \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ руб.},$$

где $ЗП_о$ – месячный оклад (инженер 17000 руб., научный руководитель 26300);

$ЗП^M$ – месячная заработная плата;

K_1 – коэффициент учитывающий отпуск, равен 1,1 (10%);

K_2 – районный коэффициент, равен 1,3.

$$ЗП_{инж}^M = 17000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 24310, \text{ руб.};$$

$$ЗП_{нр}^M = 26300 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 37609, \text{ руб.}$$

Фактическая заработная плата:

$$ЗП^{\phi} = \frac{ЗП^M}{21} \cdot n^{\phi}, \text{ руб.},$$

где $ЗП^M$ – месячная заработная плата;

21 – среднее число рабочих дней в месяце;

n^{ϕ} – фактическое число дней в проекте.

$$ЗП_{инж}^{\phi} = \frac{24310}{21} \cdot 42 = 48620 \text{ руб.},$$

$$ЗП_{пр}^{\phi} = \frac{27609}{21} \cdot 6 = 7888,29 \text{ руб.}$$

$$K_{з/пл} = 48620 + 7888,29 = 56508,29 \text{ руб.}$$

4.2.4 Затраты на социальные нужды

Затраты на социальные нужды принимаются в размере 30 % от затрат на заработную плату. Они включают в себя отчисления в Фонд социального страхования Российской Федерации, Пенсионный фонд Российской Федерации, Государственный фонд занятости населения Российской Федерации и фонды обязательного медицинского страхования.

$$K_{соц} = K_{з/пл} \cdot 0,3, \text{ руб.}$$

$$K_{соц} = 56508,29 \cdot 0,3 = 16952,49 \text{ руб.}$$

4.2.5 Прочие затраты

Прочие затраты принимаются как 10 % от суммы материальных затрат, амортизационных отчислений, затрат на заработную плату и затрат на социальные нужды.

$$K_{пр} = (K_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + K_{з/пл} + K_{\text{соц/н}}) \cdot 0,1, \text{ руб.}$$

$$K_{пр} = (1100 + 575,34 + 56508,29 + 16952,487) \cdot 0,1 = 7513,61, \text{ руб.}$$

4.2.6 Накладные расходы

Накладные расходы – дополнительные к основным затратам расходы, необходимые для обеспечения процессов производства, связанные с управлением, обслуживанием, содержанием и эксплуатацией оборудования.

Накладные расходы принимаются в размере 200 % от затрат на заработную плату.

$$K_{\text{накл}} = K_{\text{з/пл}} \cdot 2, \text{ руб.}$$

$$K_{\text{накл}} = 56508,29 \cdot 2 = 113016,58 \text{ руб.}$$

В таблице 5 представлена смета затрат на проект.

Таблица 5 – Смета затрат на проект

№ п/п	Элементы затрат	Стоимость, руб
1	Материальные затраты	1100
2	Амортизация техники	575,34
3	Затраты на заработную плату	56508,29
4	Затраты на социальные нужды	16952,49
5	Прочие затраты	7513,61
6	Накладные расходы	113016,58
Итого:		195666,31

По таблице 5 видно, что максимальные затраты несет статья по накладным расходам. Это объясняется трудоёмкостью проведения исследования. При снижении эксплуатации компьютерной техники приведёт к снижению этой статьи затрат, путём совершенствования метода исследования. Чем точным будет результат исследования, тем меньше будут проводиться эксперименты. В данной работе сделан вывод, что для более точного измерения температуры понадобится термопара диаметр королька которой составляет 10 мкм.

Полученные результаты исследования могут быть использованы при разработке фундаментальных теплофизических основ процесса испарения и кипения жидкостей.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б4Б	Меньшикову Даниилу Сергеевичу

Инженерная школа энергетики		Научно-образовательный центр И.Н. Бугакова	
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01 «Теплоэнергетика теплотехника»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Экспериментальное определение температуры на границе раздела «пар-жидкость», процессы испарения используются в теплообмене двухфазных систем с фазовыми переходами, которые обеспечивают эффективную работу теплообменных аппаратов.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность	Физические факторы: электромагнитное, микроклимат, освещение. Психофизические факторы: повышенная нагрузка на органы зрения, длительные статические нагрузки; Электробезопасность: статическое электричество; Пожаровзрывобезопасность: неисправность ПЭВМ.
2. Экологическая безопасность:	Влияние на окружающую среду отсутствует
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Техногенные: пожар (взрыв), обрушение производственных зданий и сооружений, аварии в электроэнергетических системах; Природные: землетрясения, метеорологические опасные явления (бури, ураганы, град, снегопад), природные пожары (лесные) и т.д..
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Специальные правовые нормы трудового законодательства; Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10.03.18
--	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент Отделения контроля и диагностики	М.В. Василевский	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б4Б	Меньшиков Д.С.		

5. Социальная ответственность

Возникло и прочно утвердилось понятие о социальной ответственности организаций, которая в общем случае включает производство продукции и оказание услуг надлежащего качества, удовлетворение интересов потребителей, соблюдение прав персонала на труд, выполнение требований к безопасности и гигиене труда, к промышленной безопасности и охране окружающей среды, ресурсосбережению, участие в социальных мероприятиях и поддержке инициатив местного сообщества, добросовестное ведение бизнеса.

В результате многие организации стремятся представить органам власти, контрольным и надзорным органам, общественности и средствам массовой информации документальные свидетельства своего ответственного отношения к социальной стороне собственной деятельности.

Социальная ответственность – сознательное отношение субъекта социальной деятельности к требованиям социальной необходимости, гражданского долга, социальных задач, норм и ценностей, понимание последствий осуществляемой деятельности для определенных социальных групп и личностей, для социального прогресса общества.

Социальная ответственность бывает индивидуальная и корпоративная. Корпоративная социальная ответственность — это концепция, в соответствии с которой организации учитывают интересы общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на фирмы и прочие заинтересованные стороны общественной сферы, а индивидуальная возлагает на себя ответственность за деяние одного человека.

К социальным вопросам на производстве относятся работы по охране труда, окружающей среды и в чрезвычайных ситуациях.

Охрана труда - система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-

экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия. Главной задачей охраны труда, является создание условий для безопасной трудовой деятельности человека, т.е. создание таких условий труда, которые исключают воздействия вредных факторов производства на рабочих.

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с охраной труда и техникой безопасности людей работающих компьютерной лаборатории.

Проведенные исследования дипломного проекта позволяют определить тепловое состояние водоема-охладителя. Так как поступление дополнительного тепла с подогретыми сбросными водами тепловой электростанции имеет значительное влияние на экосистему водохранилища, результаты могут быть использованы в разработке и создании оптимальных тепловых систем для защиты окружающей среды.

5.1 Производственная безопасность

Вредное вещество – вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности может вызывать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Согласно ГОСТ 12.0.003–74 при выполнении дипломной работы могут возникнуть следующие физические опасные и вредные факторы:

- повышенный уровень статического электричества;
- повышенная напряженность электрического поля;
- повышенная напряженность магнитного поля;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;

К химическим опасным и вредным производственным факторам, оказывающие воздействия на организм человека по пути проникания в

организм человека, через органы дыхания и кожные покровы и слизистые оболочки. В таблице 6 представлены все Опасные и вредные факторы при выполнении дипломной работы.

Таблица 6 – Опасные и вредные факторы при выполнении экспериментальной работы

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003 – 74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1	2	3	4
1. включение источника постоянного электрического тока (GPD73303D); 2. нагрев нагревательного элемента и подложки; 3. испарение жидкости; 4. вывод данных на монитор компьютера	1) повышенная напряженность электрического и магнитного поля; 2) недостаточная освещенность рабочей зоны.	1) повешенный уровень статического электричества; 2) химические вещества оказывающие воздействия на организм человека.	ГОСТ 12.1.006–84 ГОСТ 12.1.007–76 ГОСТ 12.1.038–82 ГОСТ 12.1.045–84 ГОСТ Р 12.1.019-2009 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 СанПиН 2.2.4.548–96 СанПиН 2.2.4.1191–03 СП 52.13330.2011

5.1.1 Анализ выявленных вредных факторов производственной среды.

Источниками электромагнитного излучения, помимо электрических сетей, является практически вся техника: компьютеры, источник постоянного тока, мобильный телефон.

Проблема электромагнитного излучения ПК, а именно, воздействие компьютера на организм человека, представляет серьезную угрозу ввиду нескольких причин:

Работник, выполняющий экспериментальные исследования, чаще всего находится вблизи ЭВМ и лишен возможности работать на безопасном расстоянии.

Длительное время работы с компьютером. Для работников лаборатории может составлять более 8 часов, при официальных нормах, ограничивающих время работы за ПК не работать более 6 часов в день.

Работа за ПК сопровождается значительной нервно-эмоциональной нагрузкой и умственным напряжением, имеется высокая напряженность зрительной работы и достаточно большая нагрузка на мышцы рук при работе с клавиатурой ЭВМ. Большое значение имеет рациональная конструкция и расположение элементов рабочего места, что важно для поддержания оптимальной работы.

Во время работы за компьютером нужно придерживаться правильного режима труда и отдыха. Если не соблюдать установленные нормы, у персонала отмечаются значительное напряжение зрительного аппарата с появлением жалоб на неудовлетворенность работой, нарушение сна, головная боль, человек становится раздражительным, имеет усталость и болезненное ощущение в глазах, в позвоночнике, в области шеи и руках, возможно повышение температуры тела. Органы и ткани человека, имеющие слабо выраженную терморегуляцию (мозг, глаза, почки, кишечник), более чувствительны к электромагнитному облучению.

Вред электромагнитного излучения включает не только тепловое воздействие. Микропроцессы, которые протекают в организме под действием излучений, видоизменяются. Макромолекулы тканей поляризуются и изменяют ориентацию параллельно электрическим силовым линиям, что приводит к изменению свойств молекул. Особый вред человеческому организму наносит поляризация молекул воды.

Степень воздействия электромагнитного поля на организм работника зависит от интенсивности облучения, длительности воздействия и диапазона частот, в которых работают приборы.

При длительном и систематическом воздействии на человека полей ВЧ и УВЧ возникают симптомы: повышенная утомляемость; головную боль; сонливость; гипертония; боли в области сердца.

Длительное и систематическое пребывание человека в поле СВЧ может вызывать, кроме того: изменения в крови; катаракту (помутнение хрусталика глаза); нервно-психические заболевания.

Существует список защитных мер от электромагнитного излучения компьютера:

1. Системный блок и монитор должен быть размещен как можно дальше от работника, находящегося в лаборатории.

2. Запрещается оставлять компьютер включённым на длительное время. Возможно использование "спящего режима" для монитора.

3. Мониторы необходимо размещать в углу, так что бы электромагнитное излучение от стенок монитора поглощалось стенами. Особое внимание стоит обратить на расстановку мониторов в офисах.

4. По возможности сократить время работы за компьютером и делать перерывы между работой. Выполнять специальные упражнения для глаз и тела, разработанные для людей, работающих за ПК.

5. Заземлить персональный компьютер. Если приобретены защитные экраны, то их тоже следует заземлить, для этого специально предусмотрен провод на конце которого находится металлическая прищепка.

Нормами [25] регламентируется площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ с видео дисплейным терминалом (ВДТ) на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные), которая составляет 4,5 м².

При размещении в помещении рабочих мест с ПК расстояние между столами с мониторами (от задней панели одного монитора к экрану второго монитора) должно быть от двух метров, а расстояния между боковыми панелями мониторов не менее 1,2 метра.

Видеомонитор необходимо размещать от глаз работника на расстоянии 60-70 см, но не ближе 50 см с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов. Рабочая поверхность стола, должна находиться на высоте в пределах 68 - 80 см; при отсутствии такой возможности высота столешницы может равняться 72,5 см.

Суммарное время регламентированных перерывов, зависящее от категории трудовой деятельности и уровня нагрузки за рабочую смену при работе с ПК представлено в таблице 7.

Таблица 7 – Суммарное время регламентированных перерывов в зависимости от продолжительности работы, вида и категории трудовой деятельности с ПЭВМ

Категория работы с ПЭВМ	Уровень нагрузки за рабочую смену при видах работ с ПЭВМ			Суммарное время регламентированных перерывов, мин.	
	группа А, количество знаков	группа Б, количество знаков	группа В, ч	При 8 часовой смене	При 12 часовой смене
I	до 20 000	до 15 000	до 2	50	80
II	до 40 000	до 30 000	до 4	70	110
III	до 60 000	до 40 000	до 6	90	140

Виды трудовой деятельности можно разделить на 3 группы: группа А - работа по считыванию информации с экрана ВДТ с предварительным запросом; группа Б - работа по вводу информации; группа В - творческая работа в режиме диалога с ПК. Если человек за рабочую смену выполняет несколько работ, относящихся к разным видам трудовой деятельности, за основную работу с ПК необходимо принимать ту, которая занимает не менее 50% времени в течение рабочего дня.

Виды трудовой деятельности разделяют на 3 категории тяжести и напряженности работы с ПК, которые определяются: для группы А - по суммарному числу считываемых знаков за рабочую смену, но не более 60 000 знаков за смену; для группы Б - по суммарному числу считываемых или вводимых знаков за рабочую смену, но не более 40 000 знаков за смену; для группы В - по суммарному времени непосредственной работы с ПК за рабочую смену, но не более 6 ч за смену.

При выполнении экспериментальных исследований, описанных в дипломной работе, категория тяжести и напряженности работы с ПК относится к категории В.

5.1.2 Освещение.

Производственное освещение является одной из важных составляющих комфортных условий работы. На рабочем месте пользователя ПК должны быть соблюдены нормы освещенности и качественные показатели освещения в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50923-96 «Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения» и СанПиН 2.2.2./2.4.1340-03.

К системам производственного освещения предъявляются следующие требования: соответствие уровня освещенности рабочих мест характеру выполняемой зрительной работы; достаточно равномерное распределение яркости на рабочих поверхностях и в окружающем пространстве; отсутствие резких теней, прямой и отраженной блескости, вызывающей ослепленность;

постоянство освещенности во времени; оптимальная направленность излучаемого осветительными приборами светового потока; долговечность, экономичность, электро- и пожаробезопасность, эстетичность, удобство и простота эксплуатации. Рабочее помещение должно иметь естественное и искусственное освещение.

Проектирование естественного освещения осуществляется в соответствии с действующими строительными нормами и правилами СНиП. Коэффициент естественной освещенности (КЕО) не должен быть ниже 1,2% в зонах с устойчивым снежным покровом и не ниже 1,5% на остальной территории.

В аудиториях одностороннее боковое, естественное освещение через световые проемы в наружных стенах. В условиях недостаточной видимости, в утренние и вечерние часы, а также при пасмурной погоде, применяется искусственное освещение. Для искусственного освещения помещения лаборатории следует использовать главным образом люминесцентные лампы, у которых высокая световая отдача (до 75 лм/Вт и более), продолжительный срок службы (до 10 тыс. ч.), малая яркость светящейся поверхности, близкий

к естественному спектральный состав излучаемого света, что обеспечивает хорошую светопередачу. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Следует ограничивать неравномерность распределения яркости в поле зрения пользователя ПЭВМ, при этом соотношение яркости между рабочими поверхностями не должно превышать 3:1 -5:1, а между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования 10:1.

5.1.3 Расчет осветительной установки.

Рассчитаем методом коэффициента использования светового потока систему общего искусственного люминесцентного освещения помещения длиной А, шириной В, высотой Н. В помещении выполняется работа, требующая освещенности 400 лк [23]. Высота рабочей поверхности h_p . Коэффициент отражения стен ρ_c , потолка - $\rho_{п}$. Коэффициент запаса К, коэффициент равномерности освещения - Z. Значения коэффициентов и размеров помещения представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Основные параметры

А, м	В, м	Н, м	h_p , м	ρ_c , %	$\rho_{п}$, %	К	Z
15	10	4,5	0,9	50	50	1,7	1

В помещении располагаются светильники типа ШОД, интегральный критерий которого составляет $\lambda = 1,3$.

Расстояние светильников от перекрытия:

$$h_c = 0,5 \text{ м.}$$

Высота светильника на рабочей поверхностью:

$$h = H - h_c - h_p, \text{ м,}$$

$$h = 4,5 - 0,5 - 0,9 = 3,1 \text{ м.}$$

Расстояние между светильниками:

$$L = h \cdot \lambda, \text{ м,}$$

$$L = 3,1 \cdot 1,3 = 4,03 \text{ м.}$$

Оптимальное расстояние от крайнего ряда светильников до стены:

$$L/3 = 1,34 \text{ м.}$$

Размещаем светильники в три ряда. В каждом ряду можно установить 7 светильников типа ШОД мощностью 40 Вт (с длиной 1,228 м), при этом разрывы между светильниками в ряду составят 25 см. Изображаем в масштабе план помещения и размещения на нем светильников (рис. 31). Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении $N = 42$.

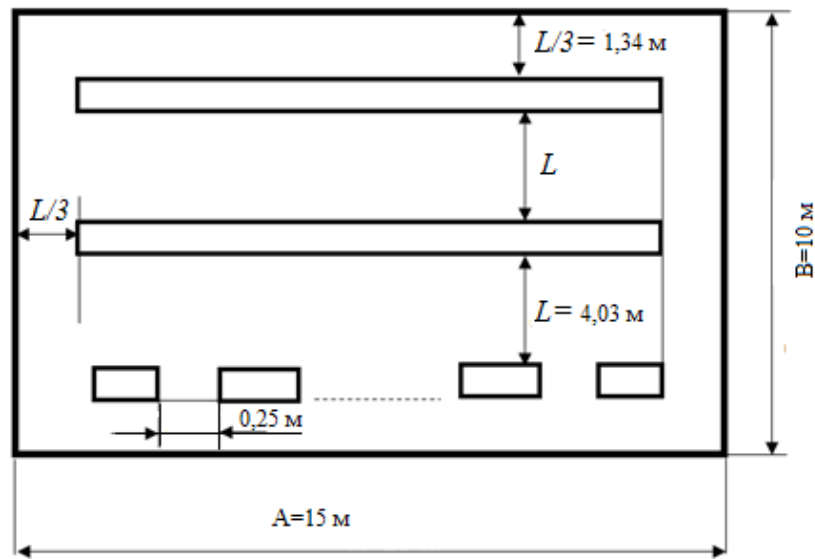


Рисунок 31 – План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами

Находим индекс помещения:

$$i = S / h \cdot (A+B),$$

$$i = 150 / (3,1 \cdot (15 + 10)) = 1,94.$$

Для данного расчета значение коэффициента использования светового потока светильников с люминесцентными лампами равен $\eta = 0,46$.

Определяем потребный световой поток ламп в каждом из рядов:

$$\Phi = \frac{E_n \times S \times K_z \times K}{N \times \eta},$$

где, E_n – нормируемая минимальная освещённость, лк;

S – площадь освещаемого помещения, м^2 ;

K_3 – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т.е. отражающих поверхностей), наличие в атмосфере цеха дыма, пыли;

Z – коэффициент неравномерности освещения, отношение E_{cp} / E_{min} .
Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1,1;

N – число ламп в помещении; η – коэффициент использования светового потока.

$$\Phi = \frac{400 \times 50 \times 5 \times 1}{42 \times 0,46} = 5124 \text{ Лм.}$$

Ближайшая стандартная лампа – ЛБ80 Вт с потоком 5200 лм.

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{л.станд} - \Phi_{л.расч}}{\Phi_{л.станд}} \cdot 100\% \leq +20\%,$$

$$-10\% \leq 1,46\% \leq +20\%.$$

Определяем электрическую мощность осветительной установки:

$$P = 42 \cdot 80 = 3360 \text{ Вт.}$$

5.1.4 Анализ опасных факторов производственной среды.

Статическое электричество представляет опасность для обслуживающего персонала. Легкие «уколы» при работе с сильно наэлектризованными материалами вредно влияют на психику рабочих и в определённых ситуациях могут способствовать травмам на технологическом оборудовании. При постоянном прохождении через тело человека малых токов электризации возможны неблагоприятные физиологические изменения в организме, приводящие к профзаболеваниям. Согласно ГОСТ 12.1.045 – 84 введены допустимые уровни напряженности электростатических полей – $E_{пред}$. Для $E_{пред} = 60 \text{ кВ/м}$ максимальное время пребывания $i_{чел} = 1 \text{ ч}$. Без средств

защиты. Для $E_{\text{пред}} = 60 \text{ кВ/м}$ максимальное время пребывания не регламентируется.

К числу основных методов защиты относится заземление технологического оборудования, тело человека, являющееся наиболее простым, но необходимым средством, поскольку энергия искрового разряда с проводящих незаземлённых элементов технологического оборудования во много раз выше энергии разряда с диэлектриков. Электросопротивление всей цепи должно быть не более 100 Ом. В рассматриваемом помещении выполнено заземление всего электрического оборудования.

В данной работе проводились экспериментальные исследования динамики испарения неподвижного слоя жидкости.

Рабочим местом являлась лаборатория тепломассопереноса и гидродинамики плёночных и ривулентных течений в теплообменниках. Согласно «Правилам устройства электроустановок» категория помещения по степени опасности поражения электрическим током для лаборатории относится к «помещениям без повышенной опасности поражения людей электрическим током».

Экспериментальная установка расположена на столе. Внутри рабочего участка расположен нагревательный элемент, напряжение питания равно 12 В, следовательно, существует вероятность поражения электрическим током.

Поражение электрическим током может произойти в следующих случаях:

при появлении электрического потенциала на частях оборудования установки, которая в нормальных условиях не должна находиться под напряжением;

при случайном прикосновении к не изолированным проводникам электрического тока;

при образовании электрической дуги между токоведущими частями установки и человеком в результате пробоя воздушного пространства.

Во избежание поражения электрическим током при работе на установке разработаны мероприятия по технике безопасности.

Безопасность при работе с электроустановками в лаборатории обеспечивается:

наличием установленного защитного заземления;

при монтаже установки использовались изолированные кабели и провода;

к работе на установке допускаются лица прошедшие инструктаж по ТБ.

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 9 применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года.

Существенное влияние на характеристику микроклимата и состояние лаборанта оказывает величина теплового излучения различных нагретых приборов и поверхностей, температура которых пропорционально превышает температуру в рабочей зоне.

Таблица 9 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
	Iб (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
	IIa (175-232)	19-21	18-22	60-40	0,2
	IIб (233-290)	17-19	16-20	60-40	0,2
	III (более 290)	16-18	15-19	60-40	0,3
Тёплый	Ia (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1
	Iб (140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1
	IIa (175-232)	20-22	19-23	60-40	0,2
	IIб (233-290)	19-21	18-22	60-40	0,2
	III (более 290)	18-20	17-21	60-40	0,3

Высокая температура воздуха приводит к быстрой утомляемости работника, может привести к перегреву организма и даже к тепловому удару. Низкая температура может стать причиной охлаждения организма, и повлечь за собой простудные заболевания либо обморожения.

При высоких температурах положительное воздействие оказывает подвижность воздушных масс, которая способствует интенсивной теплоотдаче организма человека, и его охлаждению. При низких температурах, высокая скорость движения воздуха приводит к переохлаждению и заболеванию человека.

Существенное влияние на терморегуляцию организма человека оказывает влажность воздуха.

Высокая относительная влажность при высокой температуре воздуха способна привести к перегреванию всего организма, при низкой температуре наоборот, она интенсифицирует теплоотдачу с поверхности кожи, что является причиной переохлаждению организма. Низкая влажность ведет к пересыханию слизистых оболочек дыхательных путей. Допустимые микроклиматические условия рабочей зоны с учетом избытков тепла, времени года и тяжести выполняемой работы указаны в [24].

Для поддержания соответствующих микроклиматических параметров в лаборатории используются системы отопления и вентиляции.

Система отопления обеспечивает достаточное постоянное и равномерное нагревание воздуха в помещении в холодный период года, а также пожаро- и взрывобезопасность. Систему отопления рассчитывают на возмещение потерь теплоты через ограждающие конструкции здания, на нагрев проникающего в помещение холодного воздуха.

Для обеспечения установленных норм микроклиматических параметров и чистоты воздуха в помещении лаборатории применяют систему естественной вентиляции, но для обеспечения наиболее комфортных условий работы в весенне-летнее время года этого недостаточно. Поэтому предлагается установка вентиляторов или системы кондиционирования.

Система кондиционирования воздуха предназначена для поддержания постоянной температуры, влажности и очистки воздуха от загрязнения вредными веществами. Вредными веществами, содержащимися в воздухе лаборатории, является углекислый газ, CO_2 , и продукты горения. Проблема уменьшения содержания вредных веществ в воздухе решена с помощью вытяжной вентиляции.

В настоящих условиях в целях защиты от возможного перегревания, при температуре воздуха $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ на рабочем месте, время пребывания неограниченно согласно СанПиН 2.2.4.548 – 96.

При работе с химическими веществами необходимо соблюдать требования техники безопасности по ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

В соответствии с ГОСТ 12.1.007 по степени воздействия на организм ацетон относится к 4-му классу опасности – вещества малоопасные. Предельно допустимая концентрация (ПДК) паров ацетона в воздухе рабочей зоны – 200 мг/м³. Ацетон обладает наркотическим действием. При продолжительном вдыхании паров ацетон накапливается в организме, может всасываться через неповрежденную кожу. Отравление ацетоном возможно при вдыхании паров ацетона в концентрации, превышающей предельно допустимую концентрацию.

Ацетон – легко воспламеняющаяся жидкость. Температура вспышки минус 18 °С; температура самовоспламенения 500 °С; температурные пределы воспламенения паров в воздухе: нижний – минус 20 °С, верхний – 6 °С; концентрационные пределы воспламенения паров в воздухе: нижний – 2,2 % (по объему), верхний – 13 % (по объему); минимальная энергия зажигания паров в воздухе – 0,6 мДж. Показатели пожароопасности определены по ГОСТ 12.1.044. При контакте с перекисью натрия или хромовым ангидридом ацетон загорается со взрывом. Минимальная взрывоопасная объемная доля кислорода при разбавлении ацетоновоздушных смесей: углекислым газом – 14,9 %, азотом – 11,9 %. Максимальное давление взрыва – 875 кПа. Категория и группа взрывоопасной смеси ацетона – II А-Т1.

Все работы с ацетоном должны проводиться с использованием приточно-вытяжной вентиляции вдали от огня и источников искрообразования. В производственных условиях должна быть соблюдена герметизация оборудования, аппаратов, процессов слива и налива для исключения попадания паров ацетона в воздушную среду помещений. При сливо-наливных операциях необходимо соблюдать правила защиты от

статического электричества в производствах химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности.

При отборе проб, проведении анализа и обращении в процессе транспортных и производственных операций с ацетоном применяются индивидуальные средства защиты по нормам выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств защиты, утвержденным в установленном порядке.

Средства защиты органов дыхания в аварийных ситуациях — противогаз марки А или БКФ.

Для тушения горящего ацетона применяют порошковые огнетушители, средства объемного тушения (минимальная огнетушащая концентрация: углекислого газа – 29 % (по объему), азота – 43 % (по объему), дибромтетрафторэтана – 2,1 % (по объему)), песок, асбестовое одеяло, воду и пену.

Концентрацию ацетона в воздухе определяют методом, основанным на образовании йодоформа при взаимодействии ацетона с йодом в щелочной среде и сравнении степени помутнения со стандартной шкалой, а также с помощью газоанализатора УГ.

Этиловый спирт по степени воздействия на организм человека относится к 4-му классу опасности по ГОСТ 12.1.007.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) паров этилового спирта в воздухе рабочей зоны производственных помещений - 1000 мг/м³.

Этиловый спирт - бесцветная легковоспламеняющаяся жидкость. Температура вспышки - не менее 13 °С, температура самовоспламенения - не менее 404 °С. Категория и группа взрывоопасной смеси этилового спирта с воздухом - 11 А-Т2. Методы определения - по ГОСТ 12.1.044.

Резервуары, технологическое оборудование, трубопроводы и сливно-наливные устройства, связанные с приемом, хранением и перемещением этилового спирта, должны быть защищены от статического электричества в соответствии с правилами защиты от статического электричества,

утвержденными в установленном порядке. Электрооборудование должно быть во взрывобезопасном исполнении.

В аварийных условиях при повышенной концентрации этилового спирта в воздухе, а также при пожаре следует использовать средства индивидуальной защиты органов дыхания - фильтрующие противогазы марки А или БКФ.

Средства пожаротушения: распыленная вода, песок, асбестовое одеяло, все виды огнетушителей.

При работе с этиловым спиртом следует применять специальную одежду в соответствии с отраслевыми нормами.

5.2 Экологическая безопасность.

На состояние окружающей среды и на живые организмы оказывают сильное влияние различные экологические факторы. Экологический фактор – любое среды, способное оказывать прямое или косвенное воздействие на живые организмы.

В данной дипломной работе вред экологии может нанести влияние компьютерной техники. ПЭВМ являются источниками широкополосных излучений: мягкого рентгеновского, ультрафиолетового, радиочастотного диапазона, электростатических полей.

По результатам исследований, проведенных недавно Центром электромагнитной безопасности, в России лишь 15% компьютеров полностью удовлетворяют международным нормам, 31% - частично, а 54% никак не соответствуют международным стандартам и требуют защиты как пользователя, так и окружающих людей.

Электромагнитные поля (ЭМП) обладают способностью биологического, специфического и теплового воздействия на организм человека.

Биологическое воздействие ЭМП зависит от длины волны, интенсивности, продолжительности и режимов воздействия, размеров и анатомического строения органа, подвергающегося воздействию ЭМП.

ЭМП миллиметрового диапазона поглощаются поверхностными слоями кожи, сантиметрового - кожей и прилегающими к ней тканями, дециметрового - проникают на глубину 8-10 см. Для более длинных волн ткани тела человека являются хорошо проводящей средой.

Для защиты от излучения применяют защитные экраны и ограничивают время работы с ПЭВМ.

- Рекомендуемая полная продолжительность рабочего времени за экраном монитора взрослого пользователя, использующего обычный монитор с защитным фильтром - 4 часа за 8 -ми часовой рабочий день.

- В конце каждого часа работы необходимо делать 5 - минутный перерыв, а через каждые 2 часа - 15 минутный, выключить монитор и покидать рабочее место.

5.3 Защита в чрезвычайных ситуациях.

5.3.1 Пожарная безопасность.

Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами пожарной профилактики и активной пожарной защиты. Пожарная профилактика включает комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожара или уменьшение его последствий. Активная пожарная защита - меры, обеспечивающие успешную борьбу с пожарами или взрывоопасной ситуацией.

Причины возникновения пожара:

1. нарушения противопожарного режима;
2. нарушение мер пожарной безопасности при проектировании и строительстве здания.

Согласно СНиП 21-01-97* здание 8-го корпуса ТПУ относится к группе негорюемых помещений относится к категории В-4 [27] и с учетом наличия

электроустановок напряжением до 1000 В на 100 м² должны быть: один углекислотный огнетушитель типа ОУ-8 и один пенный - типа ОП-10.

В практике тушения пожаров наибольшее распространение получили следующие принципы прекращения горения:

1. изоляция горения очага от воздуха или снижение концентрации кислорода путем разбавления воздуха негорючими газами (углеводороды СО₂ < 12-14%);
2. охлаждения очага горения ниже определенных температур;
3. интенсивное торможение скорости химической реакции в пламени;
4. механический срыв пламени струей газа или воды;
5. создание условий огнепреграждения (условий, когда пламя распространяется через узкие каналы).

С целью предотвращения пожаров необходимо:

1. Уходя из помещения проверить отключения всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети;
2. Курить только в отведенных для курения местах;
3. В случае возникновения пожара приступить к тушению имеющимися средствами и вызвать по телефону "01" пожарную команду;
4. Сотрудники лаборатории должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре. План эвакуации должен находиться в каждом помещении и на каждом этаже лестничной клетки.

5.3.2 Безопасность при чрезвычайных антропогенных и природных ситуациях.

Одно из актуальных проблем человечества сегодня является предупреждение и ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС).

Чрезвычайными ситуациями называют обстоятельства, возникающие в результате природных стихийных бедствий, аварий и катастроф техногенного, экологического происхождения, военного, социального и политического характера, вызывающие резкое отклонение от нормы жизнедеятельности людей, экономики, социальной сферы и природной среды. ЧС отличаются масштабностью, охватывающие значительную территорию и угрожающие большому числу людей.

ЧС классифицируют: по природе возникновения – природные, техногенные, экологические, биологические, антропогенные, социальные и комбинированные; по масштабам распространения последствий – локальные, объектовые, местные, национальные, региональные, глобальные; по причине возникновения – преднамеренные и непреднамеренные (стихийные); по скорости развития – взрывные, внезапные, скоротечные, плавные; по возможности предотвращения – неизбежные (природные) предотвращаемые (техногенные, социальные), антропогенные.

В зависимости от масштабов чрезвычайных ситуаций, обстановки, которая может сложиться на подвергшихся бедствию территориях (в республике, области, районе, городе, на предприятии), объема причиненного ущерба, численности пострадавшего населения в ЧС подразделяются на 3 уровня :

Глобальные (федеральные);

Региональные (республиканские, областные, районные, городские);

Местные (объектные, частные).

К основным причинам возникновения чрезвычайных ситуаций можно отнести следующее:

Результат стихийных бедствий и особо опасных инфекций;

Воздействие внешних природных факторов, приводящих к старению или коррозии металлов, конструкций, сооружений и снижение их физико-механических показателей;

Проектно-производственные дефекты сооружений (ошибки при изысканиях и проектировании, низко качественное выполнение строительных

работ, плохое качество строительных материалов и конструкций, нарушения в технологии изготовления и строительства);

Воздействия технологических процессов промышленного производства на материалы сооружений (нагрузки, скорость, высокие температуры, вибрация);

Нарушение правил эксплуатации, сооружений и технологических процессов (вызывающих взрывы котлов, химических веществ, угольной пыли, метана в шахтах);

Нарушение правил техники безопасности при ведении работ и технологических процессов;

Ошибки, связанные с системой отбора руководящих кадров, низким уровнем профессиональной подготовки рабочих и их некомпетентностью и безответственностью.

Для объекта исследований выпускной квалификационной работы характерно возникновения возгорания (пожар), как чрезвычайной ситуации.

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

ГОСТ 12.2.032 – 78 ССБТ устанавливает общие эргономические требования к рабочим местам при выполнении работ в положении сидя при проектировании нового, модернизации действующего оборудования и производственных процессов.

Специфика труда оператора заключается в больших зрительных нагрузках в сочетании с малой двигательной активностью, монотонностью выполняемых операций, вынужденной рабочей позой. Эти факторы отрицательно влияют на самочувствие работающего. Зрительные нагрузки связаны с воздействием на зрение дисплея. Чтобы условия труда оператора были благоприятными, снималась нагрузка на зрение, видеотерминал должен соответствовать следующим требованиям:

экран должен иметь антибликовое покрытие;

цвета знаков и фона должны быть согласованы между собой.

Для многоцветного отображения рекомендуется использовать одновременно 6 цветов – пурпурный, голубой, синий, зелёный, жёлтый, красный, а также черный и белый, так как вероятность ошибки меньше, чем меньше используется цветов и чем больше разница между ними, а для одноцветного отображения – черный, белый, серый, жёлтый, оранжевый и зелёный. Красный и голубой цвета на границе видимого спектра применять нельзя.

Необходимо тщательное регулярное обслуживание ПЭВМ специалистами.

В СанПиН 2.2.2.542 – 96 «Гигиенические требования к видео-дисплейным терминалам электронно-вычислительным машинам и организации работ» даются общие требования к организации и оборудованию рабочих мест операторов ПЭВМ.

Конструкция рабочего места должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. Высота рабочей поверхности стола должна регулироваться в пределах 680 – 800 мм; при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности должна составлять 725 мм.

Рабочий стол должен иметь пространство для постановки ног, которые составляет; высоту не менее 600мм, ширину не менее 500 мм, глубину – на уровне колен, не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм.

Конструкция рабочего стула должна поддерживать рациональную рабочую позу при работе с ПЭВМ, позволять изменять позу при работе с ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения утомления. Рабочий стул должен быть подъёмно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья.

Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула должна быть полумягкой с нескользящим, не электризующимися и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

При работе в лаборатории тепломассопереноса и гидродинамики плёночных и ревулентных течений в теплообменниках следует выполнять правила безопасности. Во время работы в лаборатории соблюдать чистоту и порядок. В помещении запрещается пить воду, принимать пищу, курить.

Заключение.

В разделе социальная ответственность: произведен анализ вредных факторов физического, химического и психофизического характера, которые могут оказывать воздействие на человека в рабочей зоне; были выявлены возможные чрезвычайных ситуации, возникновения которых наиболее вероятно в зоне использования объекта исследования ВКР.

Также охарактеризовано влияние испарение жидкостей (ацетон и этиловый спирт), а так же компьютерной техники на окружающую среду. Производственное освещение является одной из важных составляющих комфортных условий работы. На рабочем месте должны быть соблюдены нормы освещенности и качественные показатели освещения. Для того, чтобы оценить качество освещения, произведен расчет освещения и получено необходимо количество светильного, которое будет соответствовать нормальным условиям на рабочем месте студентов.

Результаты проведенных исследований дипломного проекта позволяют оценить масштабы теплового загрязнения окружающей среды теплообменными устройствами электростанции и могут быть использованы для разработки и создании оптимальных тепловых систем для её защиты.

Заключение

Полученные результаты, при выполнении бакалаврской дипломной работы, могут быть использованы при разработке фундаментальных теплофизических основ процесса испарения жидкостей.

Для улучшения получения более точных данных о поверхности раздела «пар-жидкость» можно использовать термопару с диаметром королька равным 10 мкм, что позволит исключить влияние окружающей среды на регистрацию температуры вблизи поверхности раздела.

Экспериментальное исследование является трудоёмким процессом. Решением данной проблемы является снижение эксплуатации компьютерной техники, что приведёт к снижению накладных расходов, путём совершенствования метода исследования. Чем точнее будет результат исследования, тем меньше будут проводиться эксперименты. В данной работе сделан вывод, что для более точного измерения температуры понадобится термопара диаметр королька которой составляет 10 мкм.

Список основной литературы

1. Гордеева В.Ю. Теоретическое исследование влияния термо и концентрационно капиллярных эффектов на динамику тонкого слоя испаряющейся полярной жидкости // Механика жидкости, газа и плазмы, автореферат дис. ... нахождение ученой степени кандидата физико – математических наук, 2014.
2. Чайка В.Д., Ильченко Л.И. Тепловой двухфазный пограничный слой воды на горизонтально плоской поверхности, 2002.
3. Лабунцов Д.А. Физические основы энергетики. Избранные труды по теплообмену, гидродинамике, термодинамике. — М.: Издательство МЭИ, 2000. — 388 с., ил. ISBN 5-7046-0610-1.
4. Бабак, Валерий Георгиевич. Физикохимия контактных взаимодействий в полимерсодержащих дисперсных системах : автореферат дис.доктора химических наук : 02.00.11 / Ленингр. гос. ун-т.- Ленинград, 1990.- 32 с.: ил. РГБ ОД, 9 90-4/1428-4.
5. Зуев А.Л., Пшеничников А.Ф. Деформация и разрыв пленки жидкости под действием термокапиллярной конвекции // Прикладная механика и техническая физика. 1987.№3. С.90-95.
6. Сердюков В.С., Суртаев А. С., Володин О. А. Исследование динамики парообразования при кипении в стекающих недогретых пленках жидкости. Журнал: вестник новосибирского государственного университета. Серия: физика Издательство: [Новосибирский национальный исследовательский государственный университет](#) (Новосибирск) ISSN: 1818-7994.
7. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен: учебник для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2011. – 562 с.,ил. ISBN: 978-5-383-00563-7.
8. Павленко А.Н. Мацех А.М. Печеркин Н.И. Кнеер Р. Лель В.В. Суртаев А.С. Теплообмен и кризисные явления при интенсивном испарении в стекающих волновых пленках жидкости // Теплофизика и аэромеханика – 2006.

9. Лексин М.А., Забиров А.Р., Шаповал О.В., Ягов В.В.. Экспериментальное исследование теплообмена в условиях интенсивного охлаждения металлического шара при охлаждении металлических шаров в недогретой жидкости. Вестник МЭИ. – 2009.
10. Суртаев А.С., Павленко А.Н.. Кризисные явления в стекающих пленках жидкости при периодически изменяющейся тепловой нагрузке // Теплофизика и аэромеханика – 2009.
11. Солодов А.П. Компьютерная модель пузырькового кипения. // Теплофизика высоких температур – М.:Издательский дом МЭИ, 2007 – с.226-234.
12. Володин О.А. Теплообмен и кризисные явления при пленочном течении бинарной смеси хладонов на гладких и структурированных поверхностях: дис. На соискание ученой степени кандидата физико – математических наук, 2014 – с.144.
13. Овсянник А.В. Кризис при кипении на неизотермической ребренной поверхности. Вестник ГГТУ им. П.О.Сухого – 2010, №4. С. 81-85.
14. Эльбуз Мустафа Али Мустафа Али. Исследование процессов теплообмена при испарении и кипении в простых и мезоскопических системах монодисперсных микросфер и мезотрубок: диссертация ... кандидата технических наук. Москва, 2015. 159 с. : ил.;
15. Takahiro A. Heat transfer of liquid film flow falling down vertical grooved plates. 2005.
16. Жуков В.И., Павленко А.Н. Исследование теплообмена при кипении и испарении тонкого горизонтального слоя жидкости. Международный научный журнал «Инновационная наука» №5., 2016.,
17. Кнаке О. Странский И.Н. Механизм испарения // Успехи физических наук, 1959. – Т.LXVIII, вып.2.

Список дополнительной литературы

18. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. – М.:1972, с. 720.
19. Чубик И.А., Маслов А.М. Справочник по теплофизическим характеристикам пищевых продуктов и полуфабрикатов. – М.: Издательство «Пищевая промышленность». 1970, стр.184.
20. Коновалов В.И., Пахомов А.Н. Пахомова Ю.В. Геометрия циркуляция и тепломассоперенос при испарении капли на подложке. Вестник ТГТУ. 2011.
21. Жуков В.И., Павленко А.Н., Нагайцева Ю.В., Вайсс Д. Влияние высоты слоя на теплообмен и критический тепловой поток при испарении жидкости в условиях низких давлений // Теплофизика высоких температур. – 2015.– Т. 53, № 5. – С. 727–734
22. Безопасность труда при работе на персональных компьютерах: метод. указ. к выполнению дипломного проекта / Сост. Л.А. Моссоулина, Е.В. Алекина. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2012. 28 с.: ил.
23. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы. – М.:Минздрав России, 1997.
24. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам». – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
25. ГОСТ Р 50923-96 Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения. – М.: Изд-во Госстандарта России, 1996.
26. «Производственная и экологическая безопасность»: Методические указания по разработке раздела выпускной квалификационной работы для студентов всех форм обучения /Сост. М.Э. Гусельников, В.Н. Извеков, Н. В. Крепша, В.Ф. Панин. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 42 с.
27. Экология и безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие для вузов / Д.А. Кривошеин, Л.А. Муравей, Н.Н. Роева и др.; Под. Ред. Л.А. Муравья. – М. ЮНИТИ-ДАНА, 200. - 447 с.

28. Олейников Ю. В. Экологические ограничения бытия общества // *Философия и общество*. 2008. № 3 (51). С. 93–108.
29. Краева Н.В. Человек и среда: естественно - научный и гуманитарный аспект: Окружающая среда / Н.В.Краева, В.И.Макарова. – УДК 574.2 : Экология человека 2014.01 Северный государственный медицинский университет – г. Архагельск, 2014.
30. Попкова Н. В. Основное противоречие техносферы // *Философия и общество*. 2005. № 3 (40). С. 121–136.
31. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой / пер. с англ. ; общ. ред. В. И. Аршинова, Ю. Л. Климонтовича и Ю.В. Сачкова. – М. : Прогресс, 1986. 432 с.
32. ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. – М.: Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2003.

Приложение А
(рекомендуемое)

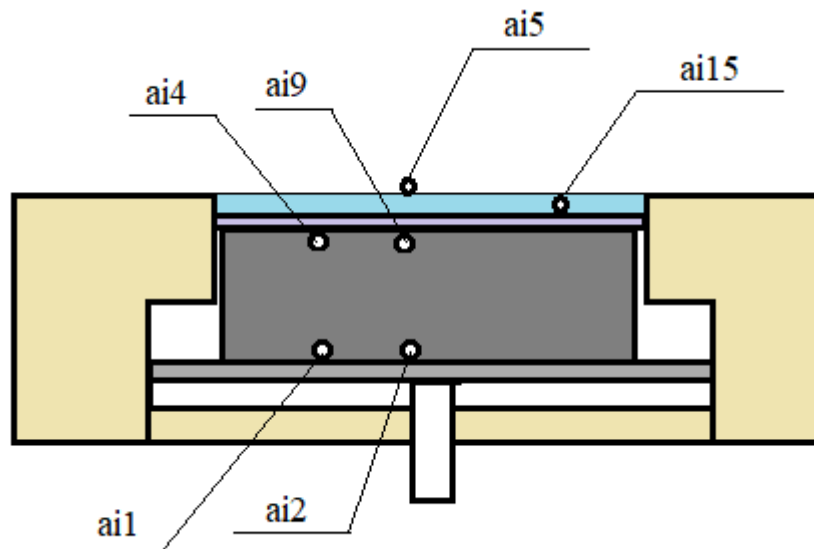


Рисунок А.1. Условные обозначения расположения термопар.

Приложение Б

(рекомендуемое)

Таблица Б.1 – Данные регистрации термопар. Ацетон, начальная температура подложки 50 °С (проба 1).

ai1	ai2	ai4	ai5	ai9	ai15
1	2	3	4	5	6
49,43957802	49,88139581	47,09974386	36,29827244	40,06347472	48,21448725
49,44178396	49,89899684	47,10403659	36,33792977	40,01001797	48,21610637
49,42065793	49,86206734	47,08241252	36,39485155	40,02898484	48,19226285
49,42367791	49,85840412	47,08846692	36,48735468	40,01369278	48,1847061
49,41551036	49,85356264	47,07027237	36,55485447	39,90576845	48,1792432
49,40235068	49,84972337	47,06552084	36,61411142	39,87869547	48,16983911
49,39763405	49,84011486	47,05951187	36,6609073	39,88220582	48,16107348
49,37582787	49,83740415	47,03191746	36,67172617	40,0198257	48,14028088
49,37599153	49,82594012	47,03060811	36,67531369	40,15702426	48,14231474
49,374444	49,82212775	47,0202292	36,67534701	40,31032928	48,12336708
49,36715448	49,80972345	46,98970615	36,67528207	40,4369963	48,12369257
49,35458476	49,79630224	46,98462645	36,70478735	40,54193591	48,0919896
49,348772	49,7963395	46,9948417	36,74499699	40,63927841	48,10459328
49,32899125	49,78308178	46,97545063	36,78455241	40,57045323	48,07825159
49,33591206	49,77694992	46,97518711	36,82986759	40,53244728	48,0806981
49,31629051	49,76297545	46,93947113	36,82532832	40,5658894	48,05435595
49,31093349	49,76378929	46,93191777	36,87717104	40,72266257	48,05519352
49,30626412	49,75774431	46,93219375	36,94498784	40,69520631	48,04601671
49,30334116	49,74513647	46,9374291	37,03600296	40,71092507	48,03876801
49,29296248	49,74616574	46,92602024	37,1545997	40,82220862	48,03663449
49,2765286	49,7226232	46,92844181	37,27322563	40,93510574	48,01389304
49,28983424	49,73132531	46,92743536	37,37877603	41,01250366	48,01101503
49,27003811	49,71325202	46,92696842	37,45819111	40,99862574	47,99960273
49,25701593	49,71065288	46,93273297	37,4958824	41,01759928	47,98355394
49,24980038	49,69863911	46,94761133	37,57659191	41,15049142	47,97607069
49,24197163	49,69004438	46,93447597	37,66351474	41,09707235	47,96804407
49,23220567	49,69835733	46,92267483	37,79063985	40,86089705	47,96176332
49,22903189	49,67781502	46,91634158	37,85011056	40,69086788	47,95130443
49,22313379	49,66722787	46,9154596	37,88495132	40,51901778	47,94133269
49,20855319	49,65675245	46,91491584	37,87411062	40,47367998	47,92820905
49,21575438	49,65528406	46,93312282	37,89254481	40,43400198	47,91679183
49,20093333	49,65461713	46,9505493	37,92248149	40,44333486	47,91792405
49,19136206	49,64643636	46,96180434	37,97548946	40,42599976	47,91121591
49,1935041	49,63832402	46,95910474	38,02026242	40,22817646	47,9007442
49,17964008	49,634596	46,94338189	38,10880812	40,04815666	47,89424744
49,17090553	49,62750871	46,95256613	38,26221099	39,98687983	47,89427443
49,16184784	49,62168681	46,92931685	38,42916159	39,80243695	47,88447432
49,15041358	49,60533121	46,91722723	38,58526385	39,5511426	47,86342878
49,14751515	49,59799317	46,92005352	38,72535826	39,53896733	47,85834202
49,14500409	49,59381355	46,91677062	38,85785652	39,44418287	47,8633499
49,13207804	49,58272458	46,89910081	38,99509296	39,40273618	47,84584382
49,11483843	49,56377126	46,90092067	39,17872705	39,52813834	47,84667331
49,1149627	49,56747037	46,87838854	39,34500916	39,52504018	47,82802227

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6
49,1062029	49,55658211	46,86589587	39,51232741	39,52111944	47,82966672
49,09724207	49,55398269	46,86306523	39,61047532	39,59837028	47,81670374
49,09987534	49,55787031	46,84750733	39,7111948	39,70263106	47,81411568
49,1020818	49,54902414	46,83231027	39,83672788	39,8948307	47,80139527
49,0762104	49,53428535	46,81980472	42,57834157	40,16248522	47,7981145
49,0700837	49,52205679	46,80890951	41,41136804	40,22635441	47,78004353
49,06575338	49,51209611	46,79395279	41,51242273	40,34708084	47,78540426
49,06459934	49,50733834	46,79484094	41,32565034	40,49122411	47,7726669
49,06392997	49,49696329	46,78263594	41,2236392	40,61650724	47,7717254
49,05525899	49,50071227	46,76422347	41,1646969	40,59391035	47,76300912
49,03849284	49,48661303	46,76955088	41,10669598	40,44283959	47,74919319
49,03274524	49,48252218	46,75911802	41,2161218	40,51216037	47,74292389
49,01987004	49,47110507	46,75084553	41,51829116	40,69049755	47,73958289
49,00959088	49,47454136	46,73008328	41,62266674	40,89785261	47,71536825
48,99942778	49,45444533	46,72555676	41,78415743	41,13466038	47,72193626
48,99889723	49,44551155	46,71954627	41,9357821	41,34652841	47,71002789
48,99475526	49,45081625	46,72078943	42,07081418	41,45705524	47,71554031
48,99179223	49,44584704	46,70087969	42,15911066	41,47795342	47,69872295
48,97328282	49,4230764	46,69344736	42,23699475	41,51183529	47,69132312
48,98512433	49,42845785	46,69499359	42,28181657	41,5840352	47,67955557
48,9583204	49,40581543	46,67298515	42,30935862	41,63144496	47,6723195
48,95941024	49,40036753	46,67227732	42,34382493	41,69478763	47,67922575
48,93402311	49,38827453	46,65224235	42,4980897	41,66331566	47,64641744
48,93665454	49,38310417	46,64977656	42,66097125	41,6326743	47,6464672
48,93502168	49,38689073	46,6440688	42,82453867	41,59264391	47,65179113
48,92519363	49,38096845	46,64243323	42,99051516	41,55738251	47,63627963
48,92085259	49,37340137	46,61991952	43,18693408	41,5050178	47,6304143
48,89383401	49,34350787	46,60919699	43,48778674	41,45767585	47,61452083
48,91236503	49,3649311	46,61980322	44,32982735	41,4610564	47,62809749
48,89042933	49,34736697	46,60537157	44,41909367	41,4608771	47,61734566
48,88595961	49,33169809	46,59510141	44,43432519	41,47078326	47,60717032
48,89204338	49,34452896	46,6002655	44,44178908	41,51254338	47,61400225
48,87311822	49,33920933	46,59108917	44,42914598	41,51991277	47,59763579
48,87350567	49,31301488	46,57705989	44,40437931	41,53853819	47,585828

Таблица Б.2 – Данные регистрации термопар. Ацетон, начальная температура подложки 50 °С (проба 2).

ai1	ai2	ai4	ai5	ai9	ai15
1	2	3	4	5	6
46,63338783	47,10388667	44,47286274	37,2266085	39,02384491	45,38805084
46,6301291	47,09350832	44,46699568	37,30700718	39,02091038	45,37287637
46,62734988	47,0930539	44,45951521	37,40338674	39,07873259	45,36468658
46,62375498	47,09430706	44,47006219	37,540198	39,12893743	45,37096081
46,62748683	47,08838959	44,452122	37,67639633	39,13572899	45,36012831
46,62965779	47,08969465	44,44708438	37,84268413	39,02299056	45,36518514
46,60835188	47,07431365	44,44141676	37,90075748	38,95878642	45,35865529
46,61184508	47,07612084	44,45319888	37,99588331	38,93419533	45,35388511
46,59380803	47,06232493	44,43710884	38,0811658	38,88615421	45,34234606
46,59855699	47,05922088	44,4457828	38,2171828	38,95383814	45,3449493
46,60231382	47,06171903	44,43808806	38,34512256	38,9299425	45,34049489
46,60576755	47,06814907	44,43886559	38,47798129	38,89383909	45,33897198
46,58996795	47,05611261	44,43020406	38,57322299	38,88445379	45,3336491
46,58296471	47,06263192	44,4308444	38,71055902	38,89739223	45,32525542
46,5732735	47,04010251	44,40872248	38,81238438	38,90021217	45,31624462
46,58591833	47,04188485	44,4236527	38,91299946	38,89950193	45,32829705
46,58098863	47,04645797	44,41146483	39,01071897	38,86061722	45,30678293
46,57455201	47,03889278	44,41181619	39,11465367	38,82453877	45,31358726
46,56283696	47,02669003	44,39165666	39,20598444	38,82682618	45,29406126
46,56314824	47,02847238	44,39185623	39,36243643	38,85025184	45,30588322
46,55242311	47,01393313	44,38317979	39,47818286	38,82923891	45,28620541
46,56174913	47,02632061	44,37587556	39,58268219	38,79958535	45,29160118
46,56299243	47,01455974	44,37995494	39,682684	38,76178562	45,29683489
46,54500452	47,01109037	44,37466544	39,74673021	38,73597643	45,28421283
46,5370608	47,00386529	44,35088123	39,81950767	38,81022267	45,26496061
46,53690926	47,00485712	44,35028863	39,84574505	38,86222554	45,27823523
46,53585057	46,9876014	44,33095772	40,01892887	38,9099731	45,2609838
46,53833722	46,984686	44,32576991	39,90041346	38,93299392	45,26318411
46,52432195	46,98452207	44,29727508	39,8503783	38,93146282	45,25513074
46,53164924	46,98797485	44,31297389	39,94032269	38,98616493	45,25777155
46,51392451	46,98233078	44,30527833	40,03828363	38,98526467	45,24418087
46,51053066	46,97065667	44,3080854	40,32870959	38,99582505	45,2411473
46,51634681	46,97530472	44,32475512	40,82153997	39,01143152	45,24411434
46,5006977	46,96273827	44,31646913	41,67425851	38,9755605	45,23433838
46,50718235	46,97144513	44,30910213	41,62262006	38,99297605	45,23575958
46,50263015	46,97273786	44,28659961	41,72253351	38,98562594	45,2372805
46,49478366	46,96307439	44,29572791	41,72192499	38,99297393	45,22414257
46,49062382	46,9481443	44,27442077	41,76430971	39,04988695	45,22024042
46,48189924	46,94277815	44,25884412	42,46668452	39,06155994	45,20243551
46,47084972	46,94094168	44,25949702	41,95566684	39,08407013	45,20399387
46,46671257	46,9392069	44,24959906	41,71009962	39,07731585	45,19880754
46,46474664	46,93279693	44,25450852	41,71130599	38,9907285	45,20215496
46,46630559	46,93621039	44,26427537	41,71968478	38,94066153	45,19003691
46,46122601	46,92956387	44,25693513	41,71572146	38,95696643	45,19334274
46,45467675	46,92273883	44,24080303	41,73004302	38,94372158	45,18836213
46,4580188	46,92185687	44,24309244	41,74112004	39,05302382	45,17816596
46,45546548	46,92101437	44,23159527	41,81373303	39,03464633	45,18056797
46,46122601	46,92956387	44,25693513	41,71572146	38,95696643	45,19334274

Продолжение таблицы Б.2

1	2	3	4	5	6
46,44885393	46,90832292	44,21933067	42,42036775	39,06080162	45,17085386
46,45056232	46,92074873	44,22588925	41,95029362	39,1090483	45,17997577
46,43702357	46,90364552	44,21985674	41,81270996	39,08045264	45,16759152
46,43127539	46,88137489	44,20071304	41,60002337	39,06600621	45,15174952
46,43621598	46,89473272	44,21364533	41,58999115	39,12975938	45,15533391
46,42223486	46,89067161	44,20866912	41,65977311	39,10450161	45,14491308
46,42516394	46,88422616	44,20606355	41,51097441	39,08299012	45,13521116
46,41629983	46,87438565	44,19393593	41,50639138	39,07263103	45,1390595
46,39911327	46,86665554	44,20114968	41,57682225	39,09945373	45,12565876
46,42377501	46,87786151	44,20943222	38,84432149	39,18562336	45,12732941
46,40577276	46,8717418	44,19468656	37,46053801	39,17491229	45,12157758
46,40832404	46,87222943	44,18565522	37,48567818	39,16834648	45,11841905
46,40551945	46,86414861	44,1938776	37,49402322	39,1053536	45,11519609
46,39699355	46,85879247	44,18533701	37,51347383	39,24086649	45,10958133
46,39368657	46,85802462	44,18184756	37,53544639	39,25488881	45,10349072
46,38695018	46,84468098	44,16688949	37,53504279	39,14699697	45,09275569
46,38443408	46,83906121	44,16533811	37,5366113	39,07327621	45,09523267
46,38575226	46,838229	44,14954379	37,53702745	39,08928467	45,09754757
46,36394005	46,83624298	44,14732696	37,55677013	39,07135054	45,08813412
46,37080109	46,82668023	44,13434408	37,54772484	39,02348027	45,07562432
46,36229168	46,82618627	44,13996933	37,52296675	38,99771256	45,07067644
46,36200101	46,82841095	44,134265	37,5370357	39,00268359	45,08610384
46,35579993	46,82152314	44,13552315	37,50753591	39,05061739	45,07217473
46,36540343	46,81896843	44,13454984	37,49122234	39,05373767	45,0670502
46,34582884	46,81615227	44,128781	37,48631984	39,03838239	45,06036713
46,34164149	46,80392469	44,12151482	37,47229828	39,02129544	45,06080558
46,34409327	46,81100969	44,12113421	37,48616714	38,97879518	45,0561486
46,3366486	46,80179746	44,10714241	37,47342347	39,07697897	45,04675768
46,32972086	46,79815324	44,11255781	37,46234039	39,1302226	45,04997872
46,32116957	46,7934111	44,09828511	37,40698817	39,10382451	45,04846794
46,3357641	46,79937967	44,10902651	37,42853197	39,10277399	45,04865494
46,31890455	46,78153403	44,08638313	37,44095606	39,09596971	45,03024289
46,31651498	46,78688627	44,09673365	37,41324212	39,10249411	45,03822078
46,33311911	46,79524147	44,08946517	37,42655108	39,16234831	45,04878998
46,30744662	46,7810525	44,08182025	37,41459321	39,14647659	45,02837669
46,30769782	46,77898959	44,07431252	37,42692963	39,12300273	45,02199474
46,30354771	46,7707816	44,05135237	37,39151378	39,05418857	45,01962772
46,30707908	46,76811685	44,0509489	37,38595194	38,95748162	45,00370698
46,30075322	46,76978749	44,04967608	37,38277041	38,92250708	45,02007865
46,29644119	46,76263582	44,04704311	37,39164965	38,92145639	45,00044211
46,29342039	46,75187499	44,05802201	37,43511598	38,90675518	44,99946332
46,29446468	46,75000301	44,04662505	37,43548412	38,92536243	44,99509288

Таблица Б.3 – Данные регистрации термопар. Ацетон, начальная температура подложки 45 °С (проба 1).

ai1	ai2	ai4	ai5	ai9	ai15
44,30570723	44,55042485	42,65458873	34,22333319	39,11337414	43,44105467
44,28509507	44,53992469	42,65496605	34,21580023	39,1884167	43,42376643
44,28429042	44,536391	42,64098714	34,23854037	39,27090702	43,40772957
44,27482209	44,51376865	42,62786206	34,25482633	39,32306698	43,40828246
44,27306986	44,52144504	42,61535113	34,25305861	39,28206989	43,39497713
44,26842487	44,50952404	42,62020658	34,3350293	39,19384412	43,39752308
44,26342576	44,49803066	42,63297993	34,40840623	39,11241514	43,39516567
44,24911104	44,48712782	42,64067085	34,47009627	39,14608009	43,3746559
44,24678076	44,49366411	42,65561416	34,55712797	39,21979594	43,3763329
44,24055907	44,48267478	42,65572902	34,60091336	39,30913489	43,36224195
44,22382455	44,47086534	42,64639849	34,60575208	39,39422948	43,34263614
44,23265428	44,47115567	42,66098716	34,62494243	39,43138931	43,34505742
44,21387695	44,45988856	42,65537722	34,55891813	39,45147999	43,3310554
44,21129719	44,44835373	42,66969778	34,7700261	39,53069582	43,33295928
44,19820167	44,44791324	42,65291628	34,94969785	39,58873449	43,32044564
44,19499012	44,44219952	42,63516569	35,32365794	39,60552441	43,31526967
44,17703243	44,42127654	42,6185241	35,36220991	39,66461012	43,29758977
44,18305326	44,42652436	42,60925432	35,23784332	39,71902445	43,29348131
44,16877311	44,40920166	42,60143835	35,56424104	39,4144616	43,28004716
44,15423063	44,41104016	42,58966185	35,85854115	39,11199102	43,26643706
44,16192474	44,40941831	42,5823635	36,3575067	38,95054547	43,26798943
44,14327381	44,40032772	42,56009526	36,46720537	38,87834461	43,2461137
44,14185003	44,39420874	42,56395372	36,45367818	38,80775867	43,23828631
44,14590743	44,39260959	42,57483536	36,30988705	38,74922448	43,22475228
44,1260109	44,37683462	42,57605953	36,63373247	38,73064128	43,21431742
44,12384333	44,37013481	42,59840128	37,06244394	38,7150282	43,20781541
44,1117046	44,35592329	42,60777325	37,19914697	38,70735242	43,2003677
44,10877049	44,35729585	42,60869385	37,38065936	38,72034542	43,1881816
44,10432608	44,34684506	42,60344825	37,40081254	38,72624055	43,18270168
44,0923756	44,33472125	42,58041293	37,24788367	38,69652406	43,1590068
44,095297	44,33465752	42,59555566	37,05812634	38,68051907	43,17062744
44,08532288	44,33263327	42,5851309	36,96507287	38,63635426	43,16336809
44,07732513	44,32938383	42,58346558	37,35951965	38,62079109	43,16335811
44,07329849	44,31843131	42,57907944	37,64590472	38,66922496	43,1646427
44,06794719	44,30981883	42,56909294	37,75927533	38,76145256	43,15313681
44,05979912	44,30368667	42,54502145	37,90582956	38,89760397	43,15095754
44,0547227	44,29647498	42,53053626	38,12836378	39,02673548	43,14019312

Таблица Б.4 – Данные регистрации термодатчиков. Ацетон, начальная температура подложки 45 °С (проба 2).

ai1	ai2	ai4	ai5	ai9	ai15
41,55061176	41,77889752	40,21301361	33,65123156	37,71407496	40,69739877
41,54877168	41,77976767	40,19023277	33,64754807	37,66161205	40,7048494
41,53918252	41,77563125	40,17972271	33,70354991	37,57813519	40,70555974
41,53043808	41,77824449	40,15163627	33,73432064	37,48683683	40,69352142
41,52354922	41,76607949	40,14423044	33,92227453	37,37704775	40,69301841
41,52577255	41,76566634	40,12812352	33,87076156	37,32715664	40,67898792
41,52444787	41,76406651	40,12220008	33,79005336	37,29180499	40,68361123
41,52619131	41,7542109	40,10914636	33,76847596	37,21076723	40,68099833
41,52181404	41,75547423	40,11086637	33,77779344	37,25308037	40,68871475
41,51279121	41,75172811	40,11007171	33,87942045	37,4451737	40,67395107
41,52138802	41,74847454	40,11386428	33,92513044	37,46242609	40,66628569
41,51654086	41,74609113	40,10988542	33,99069509	37,29450827	40,66033666
41,51221189	41,75431864	40,12585748	34,03848156	37,3178167	40,65375673
41,51278119	41,73919078	40,13413481	34,04477218	37,30992612	40,66097031
41,49309677	41,73255583	40,12931022	34,13907174	37,28525223	40,63108965
41,49837557	41,73108368	40,12055796	34,21687375	37,55553567	40,63451253
41,48548785	41,72067135	40,13287529	34,26609639	37,90178792	40,6294727
41,50074947	41,7292439	40,12371934	34,36376733	37,89489275	40,63383051
41,47736618	41,70128143	40,09912996	34,42276796	37,71960598	40,61141318
41,47379248	41,70791934	40,09190286	34,4740386	37,70370232	40,62016449
41,48882708	41,72216741	40,08638296	34,59614901	37,86568681	40,62092602
41,48289502	41,70976193	40,07373258	34,61166668	38,01252895	40,60553058
41,47309092	41,71295731	40,05032056	34,59563036	38,18889866	40,61454764
41,47383632	41,70454348	40,03939268	34,66609521	38,20392529	40,60920645
41,46999987	41,70271365	40,03869752	34,71434723	38,2319348	40,61636917
41,46080055	41,70080996	40,00744873	34,7460031	38,16896757	40,60591135
41,45869483	41,69444025	39,98673939	34,81610382	38,06779479	40,59357351
41,46300121	41,68946885	39,98176068	34,85471529	37,9595843	40,59935947
41,45934356	41,70295912	39,95705591	34,98060266	37,87307754	40,60447056
41,4575106	41,69079612	39,96557473	35,18233273	37,82668865	40,60236332
41,44761687	41,68648334	39,96603245	35,53100329	37,79957055	40,59261298
41,45357741	41,67879905	39,98244865	36,32074444	37,58968454	40,59943339
41,43742474	41,67281962	39,96781663	36,08745949	37,38967786	40,58988481
41,44724191	41,6746495	39,98534456	35,80944545	37,40109032	40,58269914
41,44129962	41,67330223	39,98831722	35,38670005	37,42230894	40,5914151
41,43608995	41,66293049	39,98407209	36,03909463	37,37450753	40,58690649
41,43003263	41,66887443	39,99889578	36,5077201	37,35858609	40,57836949

Таблица Б.5 – Данные регистрации термопар. Ацетон, начальная температура подложки 45 °С (проба 3).

ai1	ai2	ai4	ai5	ai9	ai15
40,01512309	40,24331416	38,58788555	34,72870775	36,16564383	39,19076456
39,99383103	40,21893198	38,58692612	34,82318575	36,07497674	39,17817823
39,99720741	40,21826251	38,57532369	34,8773108	36,01312723	39,16526731
40,00423323	40,22492166	38,59497414	35,01530288	35,99310252	39,17794059
40,01178066	40,21926172	38,57996836	35,12798468	35,96230928	39,17049282
40,00334896	40,22013583	38,57924948	35,22369276	35,94697793	39,17313757
39,99698272	40,2195303	38,58820855	35,32831939	35,95413208	39,1779946
39,99189171	40,2159655	38,57120135	35,41868488	35,95648923	39,16696874
39,98069464	40,20052909	38,57327953	35,51410306	36,02545993	39,16856216
39,99156469	40,20954931	38,57229167	35,62024874	36,08564669	39,16550334
39,97862738	40,20499084	38,56567685	35,74153146	36,07034276	39,14816761
39,98270626	40,19677797	38,56496798	35,8490577	36,06004494	39,1588792
39,97416476	40,19972171	38,56654944	35,93728655	36,08377202	39,15350281
39,97348235	40,18078411	38,54986212	35,99960978	36,19532699	39,14209826
39,98456991	40,19436581	38,55435319	36,11071963	36,19298039	39,14673058
39,9570688	40,18597659	38,54868492	36,1970215	36,17611594	39,14522395
39,97382494	40,19115906	38,55136955	36,18165215	36,12699327	39,14805799
39,96437627	40,18670004	38,54849839	36,07333563	36,0873657	39,13659217
39,97317366	40,17522628	38,53928563	36,20861602	36,06261007	39,14456945
39,96026898	40,17621274	38,53959024	36,50010064	36,04282739	39,13561481
39,97508019	40,18638588	38,54385639	37,18900943	36,03112394	39,14076644
39,95297705	40,17607764	38,53786063	37,28314557	35,98881764	39,1261108
39,96057597	40,17621554	38,51955014	37,23945817	35,98781462	39,12389841
39,94347704	40,15650293	38,52486271	37,18104376	35,97715935	39,12063464
39,94979795	40,16391148	38,52636017	37,1844158	35,98687861	39,12522865
39,94436413	40,15814892	38,51762837	37,18010875	35,9689951	39,11084885
39,95061831	40,17361428	38,52560003	37,19185121	35,9664839	39,12094189
39,93456984	40,16923194	38,51984474	37,19514628	35,98377246	39,10796911
39,94252151	40,15969258	38,49958654	37,19513624	36,00775517	39,11173662
39,93083063	40,14859947	38,50874839	37,18318864	36,13426737	39,10698172
39,94028512	40,15959305	38,5058643	37,20269981	36,14826788	39,1053042
39,92802691	40,14623838	38,50137304	37,20614594	36,1280174	39,09058128
39,93425836	40,14644023	38,51159684	37,20874404	36,10516582	39,10284853
39,93957711	40,15245587	38,50418308	37,21567194	36,06646337	39,10152387

Таблица Б.6 – Данные регистрации термопар. Ацетон, начальная температура подложки 40 °С (проба 1).

ai1	ai2	ai4	ai5	ai9	ai15
38,53760768	38,717462	37,25589576	30,76361838	35,51721873	37,83677521
38,54370591	38,71034541	37,25903079	30,81954071	35,51327881	37,82473573
38,52937272	38,71070903	37,24730972	30,8833264	35,48737878	37,81268772
38,50846702	38,700378	37,22875614	30,93704907	35,41671978	37,79626518
38,52961049	38,70496345	37,2353999	31,01797479	35,34982564	37,80139264
38,52428792	38,70424933	37,23194851	31,05320979	35,35230721	37,79998579
38,51901098	38,68855773	37,22604135	31,07243586	35,40943233	37,79348615
38,4999172	38,67899783	37,21738099	31,0688051	35,40098593	37,78911645
38,51851703	38,68975356	37,2397802	31,07836	35,33731033	37,79959562
38,49409494	38,6747056	37,21057476	31,04941129	35,15339596	37,78660471
38,49912142	38,67414047	37,21023692	31,04919766	35,06326802	37,78502245
38,46560083	38,65240088	37,19416955	31,09571506	34,85408189	37,77403008
38,48039598	38,66465445	37,21442029	31,16610856	34,81038834	37,78798531
38,47957177	38,65333334	37,20194424	31,23430185	34,86233039	37,7696162
38,47180473	38,65652163	37,2024003	31,32943624	34,89226663	37,76358063
38,46536585	38,65603992	37,20328616	31,36858151	34,88926956	37,76221784
38,46671968	38,63432622	37,18131601	31,31468738	34,84531416	37,75307856
38,45582495	38,63758016	37,18503027	31,23630675	34,84172353	37,76387419
38,44346097	38,6360647	37,17347918	31,33460943	34,85391445	37,75112863
38,45691259	38,64080313	37,18027619	31,57236244	34,86049746	37,76487776
38,44936036	38,63064672	37,17557935	31,92047232	34,923432	37,7616738
38,43585741	38,61150331	37,157323	31,98640284	35,02030319	37,74370758
38,44513507	38,61623344	37,14928896	32,48666913	35,12375179	37,72400117
38,44111193	38,62835148	37,150477	32,6685836	35,1155748	37,72028871
38,42542075	38,61564204	37,12110314	33,77613593	35,03976419	37,69387056
38,42946956	38,60987814	37,13243515	33,78958099	34,99513788	37,70333858
38,42719176	38,60315548	37,1190901	33,38598399	34,93629436	37,69454963
38,40932501	38,60036534	37,09257872	33,17121039	34,79066727	37,68369239
38,4132642	38,58866681	37,10572231	33,05820184	34,57024901	37,68657202
38,41944997	38,59083461	37,11017353	33,03649094	34,41217416	37,68316615
38,40840666	38,59537644	37,12840439	33,28197823	34,3870125	37,68466977
38,40277328	38,57962244	37,13543444	33,32918434	34,43429739	37,66620704
38,3895516	38,56513818	37,13529835	33,39462396	34,50297196	37,64108959
38,39094395	38,5792719	37,15788787	33,26695044	34,59213566	37,64986953
38,37145366	38,56603607	37,15375683	33,10431482	34,66891	37,64288215
38,3882205	38,56677181	37,18094613	33,06531092	34,74712913	37,64709485
38,37561797	38,5710335	37,19775506	33,18494909	34,74294942	37,64214108
38,37626571	38,55041286	37,20242081	33,07046557	34,709686	37,63069141
38,35463813	38,54446495	37,20946353	32,86764681	34,75354163	37,63012575
38,36521918	38,54167466	37,23152507	32,9112497	34,83507251	37,63229173

Таблица Б.7 – Данные регистрации термопар. Ацетон, начальная температура подложки 40 °С (проба 2).

ai1	ai2	ai4	ai5	ai9	ai15
36,37233954	36,54573244	35,33416379	30,94814071	33,27797847	35,69029072
36,35608425	36,53083561	35,3133112	30,93661943	33,37883638	35,67770516
36,34865849	36,53424033	35,30941003	30,9520928	33,40055818	35,66698574
36,35625514	36,53675021	35,32265885	30,97440717	33,37080899	35,68324191
36,35236244	36,52783836	35,30848316	30,99297209	33,31976257	35,66955868
36,35783945	36,52290213	35,29805903	31,05466748	33,25782514	35,67755945
36,34206192	36,52705711	35,30107655	31,0541776	33,1798265	35,67035741
36,36205236	36,53127409	35,30164341	31,05683726	33,13644783	35,67985611
36,34216708	36,52225232	35,28895648	31,02997251	32,99028029	35,65916806
36,35130866	36,53428819	35,30557464	31,03617814	32,75051121	35,67123136
36,33915614	36,51740807	35,28639107	31,0163964	32,54258466	35,66032299
36,33603163	36,50610441	35,29015128	31,03114568	32,36541262	35,65415266
36,33550474	36,51212431	35,27858851	31,04391835	32,24294609	35,65390643
36,32394942	36,50744247	35,26339321	31,05615767	32,23435108	35,64536985
36,33994594	36,51917146	35,26371377	31,07865479	32,24566873	35,66138483
36,33680829	36,51947008	35,26218521	31,09109663	32,34034769	35,64980073
36,32399726	36,49989473	35,23322095	31,12661197	32,57997103	35,64980916
36,32863203	36,50658234	35,23032168	31,29086925	32,78796567	35,65124036
36,32103045	36,50864436	35,23764037	31,36279397	32,91847824	35,66541156
36,32220623	36,49573493	35,25030158	31,38346358	33,15092449	35,66711528
36,31935406	36,49767867	35,25293288	31,43310051	33,17576304	35,65698402
36,31668959	36,49257984	35,26290529	31,55559379	33,13997725	35,65501246
36,31565367	36,49437427	35,27475301	31,76519981	33,13353713	35,65576331
36,31129124	36,49797257	35,29777222	31,76609017	33,18498433	35,65885876
36,31537287	36,49591895	35,31604661	32,0745082	33,21565422	35,66145432
36,3031984	36,48428173	35,31307704	32,07786585	33,17605785	35,64735357
36,312792	36,48571654	35,30446252	31,8556024	33,03351885	35,65230221
36,30820134	36,48175386	35,31511501	31,8709303	32,91736837	35,65807689
36,28941676	36,47223115	35,3058105	31,80989934	32,85904809	35,63399405
36,30895173	36,48344315	35,3040141	31,97961589	32,83252028	35,64699737
36,29587745	36,48055565	35,28033603	32,20546127	32,776274	35,64427394
36,29596947	36,46834358	35,2539472	32,25847316	32,7321919	35,63632555
36,30242538	36,47514969	35,22101171	32,45186762	32,69230893	35,64103273
36,29492039	36,46657068	35,21630641	32,64335521	32,67797485	35,63798513
36,29149231	36,47320119	35,20306945	32,8111941	32,65600454	35,62424399
36,28993419	36,47744467	35,19543839	32,89411527	32,5423235	35,63662812

Таблица Б.7 – Данные регистрации термопар. Ацетон, начальная температура подложки 40 °С (проба 3).

ai1	ai2	ai4	ai5	ai9	ai15
35,18568484	35,37239676	34,08678931	31,82645884	32,08318577	34,53154138
35,20559135	35,37327567	34,0776069	31,83634455	32,08773332	34,53150188
35,19812664	35,36001432	34,07896587	31,85452363	32,07947177	34,54007364
35,20267411	35,37531353	34,08742268	31,87466881	32,08313298	34,5389749
35,18318973	35,35237965	34,06926385	31,88056111	32,06173211	34,51731103
35,18605438	35,34672648	34,06932127	31,90910074	32,07737007	34,52587446
35,18625652	35,35617067	34,06985771	31,92603196	32,05682806	34,52411154
35,18049248	35,34666541	34,062628	31,95278997	32,05118854	34,52175501
35,18188954	35,34626964	34,05742916	31,99635383	32,04391768	34,50176629
35,18805784	35,36115641	34,06272867	32,06326056	32,04052033	34,50923952
35,18085728	35,35079858	34,05373049	32,11652664	32,04891892	34,51202222
35,17599388	35,34841754	34,06323876	32,17969419	32,03713617	34,50962615
35,17505373	35,34236015	34,05442976	32,2385449	32,04114173	34,51091873
35,17844586	35,34865912	34,05616238	32,30700499	32,03875329	34,50846999
35,16697872	35,33125951	34,04720367	32,36674692	32,03115235	34,50732227
35,17548907	35,34602806	34,0496403	32,4524693	32,03198968	34,49954985
35,18329608	35,34801806	34,06215271	32,55511435	32,05896093	34,51105042
35,17606917	35,3450307	34,05687482	32,49519359	32,04336229	34,50544079
35,15979592	35,32858893	34,04430119	32,51895987	32,05413607	34,49077078
35,17737412	35,34080067	34,0535545	32,70215227	32,05172126	34,50311056
35,15913686	35,33380322	34,03122577	33,20881957	32,04653524	34,4912496
35,16305176	35,34251806	34,04315297	33,26675523	32,048174	34,50161571
35,15961169	35,32528098	34,04213278	33,24820378	32,03569539	34,48942078
35,16782309	35,33380322	34,04151728	33,25322572	32,04836827	34,49721961
35,15746342	35,32079613	34,04221655	33,26733637	32,03875802	34,49684142
35,15599579	35,32204826	34,02791854	33,25030316	32,02534956	34,48744236
35,15882103	35,32486833	34,03554474	33,26022833	32,04467581	34,49727229
35,14660724	35,32136298	34,02837595	33,23654931	32,04161792	34,48195113
35,1568928	35,32031296	34,02549504	33,24136037	32,04331423	34,48446579
35,15781981	35,33488798	34,03688586	33,26311607	32,07397283	34,48698043
35,16244167	35,32834735	34,03902794	33,27003477	32,06970341	34,50136922
35,14283812	35,31051687	34,02186215	33,25817804	32,05640094	34,47118875
35,13532983	35,31241482	34,01667256	33,21998762	32,04982697	34,47999059

Таблица Б.8 – Данные регистрации термопар. Этиловый спирт, начальная температура подложки 50 °С (проба 1).

ai1	ai2	ai4	ai5	ai9	ai15
1	2	3	4	5	6
49,85145441	50,26099853	48,11075047	38,30170949	48,54526152	45,18751777
49,84362779	50,25218538	48,11390161	37,87137382	48,52175297	45,11590753
49,84770336	50,2491123	48,09771647	37,65874052	48,51528734	45,00549807
49,82261343	50,23982515	48,0886414	37,56661388	48,51660754	44,85209673
49,83003675	50,23419645	48,08413423	37,62927475	48,52226834	44,76627069
49,84866247	50,24387425	48,08410881	37,76888609	48,53466867	44,69219254
49,82862173	50,23878294	48,05957411	37,83320496	48,52392327	44,59510249
49,83593079	50,23785494	48,05954869	37,55795147	48,51983123	44,5372052
49,83056434	50,23700308	48,05666155	37,08488607	48,52575606	44,48836977
49,82582426	50,23316693	48,04784757	36,73134077	48,51513765	44,45399071
49,81583189	50,22444244	48,0413698	38,41337034	48,49894721	44,37435583
49,82482259	50,22798951	48,04266226	38,43975453	48,51040593	44,41757827
49,81656978	50,21703379	48,03010782	38,64460833	48,4962742	44,48215205
49,80661268	50,22818979	48,03359677	38,86478265	48,49049894	44,57317373
49,80908566	50,20848412	48,02945523	39,02164162	48,50917743	44,60818111
49,80558561	50,21077602	48,01095819	39,23710036	48,50898685	44,63515787
49,80912374	50,21524121	48,0138482	39,44755261	48,49922396	44,66319051
49,79876592	50,20571551	48,01402614	39,71858757	48,5007574	44,66443532
49,80073122	50,20309365	48,01433835	39,69872637	48,49745466	44,68109307
49,79730009	50,20474941	48,0291049	39,48478747	48,49753089	44,69493694
49,7991539	50,18907723	48,03058524	39,37377757	48,49449219	44,677516
49,78661492	50,20685373	48,03528046	39,36955574	48,49127837	44,67008986
49,78498408	50,19598393	48,0456384	39,41342867	48,49259583	44,59670138
49,77990663	50,18484039	48,04758621	39,47726492	48,48256878	44,54148517
49,78232889	50,18738614	48,03793171	39,80735832	48,48489161	44,47230567
49,7633905	50,1777052	48,0503844	40,2959533	48,46367672	44,46116324
49,78350555	50,17979963	48,05880992	40,47197773	48,48249255	44,58107633
49,76455722	50,17493653	48,04354362	40,54270085	48,47197545	44,69167568
49,77022579	50,17235269	48,04457194	40,62548157	48,48045918	44,83627377
49,76488723	50,16642469	48,03411509	40,67148304	48,46187203	44,9522493
49,75257094	50,16350371	48,02305363	40,72182186	48,46459593	45,07607832
49,77003814	50,16768985	48,025212	40,88943301	48,46720547	45,17749855
49,76249033	50,17542594	48,03137764	41,02751737	48,46975425	45,24123954
49,75199256	50,16317652	48,01775385	41,1685239	48,46494615	45,25910848
49,76176237	50,16863059	48,01960002	41,34763538	48,45685066	45,30710748
49,74695307	50,1562189	47,9983554	41,41179357	48,45820627	45,22242183
49,75116853	50,15495373	48,00409456	41,46238151	48,44609473	45,09471825
49,74755685	50,15550382	47,99424911	41,48827955	48,4531976	44,97218371
49,74438392	50,14800599	47,99691038	41,56822903	48,45043556	44,80306964
49,73752587	50,14435997	47,99710103	41,73940694	48,43548842	44,65713374
49,74956578	50,1494643	47,99724083	41,90550018	48,45144371	44,67770157
49,73052816	50,12847693	47,97260569	42,00556737	48,43382069	44,7557795
49,7393698	50,15259828	47,99879747	42,12549463	48,4369584	44,84690605
49,72509786	50,12794944	47,98631612	42,22942839	48,43939288	44,87477394
49,73609532	50,137037	47,98276073	42,34786898	48,44216488	44,86822965
49,71925415	50,12935424	47,97619646	42,46440814	48,42069083	44,87312443

Продолжение таблицы Б.8

1	2	3	4	5	6
49,71570585	50,12208195	47,96868721	42,59180471	48,43058132	44,9300592
49,72606426	50,12446283	47,98282428	42,68573803	48,43499843	44,99333682
49,71534597	50,12328646	47,97554385	42,79818811	48,42297564	45,07864354
49,71753986	50,12927809	47,98968085	42,89728592	48,43778591	45,17572485
49,71575662	50,11747964	47,99165139	42,98715979	48,43071832	45,19672451
49,70970257	50,1173555	47,98203463	43,15440599	48,43149778	45,1311948
49,70672718	50,12179559	47,99597375	43,28752282	48,42667961	45,05419332
49,70279084	50,11359519	47,99589749	43,39176197	48,44061151	44,98519474
49,69619641	50,10383046	47,98905643	43,41983819	48,41614938	44,90403309
49,69468966	50,10503222	47,99636222	43,54714453	48,41848225	44,87536438
49,6904387	50,09683172	47,99786802	43,56078977	48,41207968	44,84761396
49,70725755	50,11064872	48,00944524	43,69197739	48,43517631	44,79407108
49,69924798	50,10755273	48,01312489	43,73381758	48,42981733	44,6998296
49,68641346	50,09940301	48,00044308	43,71049486	48,41307239	44,5898753
49,69006612	50,1044948	48,01616464	43,57991855	48,41839608	44,4930649
49,68734455	50,08942244	48,00468639	43,59804792	48,41076215	44,44555203
49,68550055	50,09130401	48,00295459	43,67601775	48,40609361	44,50443366
49,68424491	50,08228956	48,00002919	43,71965425	48,38916055	44,62587777
49,68771987	50,08965088	48,01214738	43,65511735	48,40285695	44,71891546
49,67363508	50,08782007	47,99697947	43,77293993	48,39356786	44,80046285
49,65217675	50,06962609	47,97785481	43,89717593	48,38032326	44,87071885
49,6756568	50,07849108	47,99373908	44,01053345	48,387843	44,86551829
49,66801965	50,07380256	47,97842122	44,01737265	48,37659653	44,80087774
49,68580245	50,0883575	47,99435356	44,0291099	48,38913514	44,79632112
49,66737776	50,08631647	47,9642841	44,01944842	48,37782791	44,72924849
49,66729165	50,06786148	47,95574639	43,98626366	48,36319213	44,66598315
49,65614135	50,06778533	47,9568002	43,9648641	48,36514943	44,6229166
49,66053204	50,06806177	47,94939252	43,9069276	48,36068127	44,59274735
49,66732973	50,06219405	47,9505226	43,97201949	48,35819583	44,56342444
49,66143501	50,05599908	47,9370859	44,09803626	48,34679663	44,51163139
49,65076429	50,05642506	47,9411288	44,08188066	48,34541551	44,49965933
49,65033544	50,05074766	47,94696989	44,11409242	48,34289469	44,47951911

Таблица Б.9 – Данные регистрации термопар. Этиловый спирт, начальная температура подложки 50 °С (проба 2).

ai1	ai2	ai4	ai5	ai9	ai15
1	2	3	4	5	6
48,49330632	48,89268052	46,79802074	40,14923571	47,24832551	43,84790157
48,4946873	48,88390989	46,78652224	40,16222501	47,23298658	43,80451908
48,4869168	48,88969624	46,7873408	40,24719211	47,25483524	43,79167151
48,48355327	48,88948308	46,79843776	40,21105802	47,25258664	43,79838441
48,48442162	48,88410042	46,78874895	40,01269257	47,2395091	43,86024409
48,49514911	48,89379991	46,80819012	40,00188392	47,25080302	43,95536642
48,47912085	48,88418657	46,78860901	40,21501096	47,24434414	44,02656384
48,47696318	48,87732444	46,79191588	40,28811342	47,24312723	44,13385028
48,48602579	48,88351174	46,80625603	40,19921918	47,24412079	44,26278441
48,48557393	48,86936827	46,78711459	40,28040711	47,23244806	44,33313139
48,4801008	48,87972283	46,79952069	40,47181857	47,22924679	44,36703061
48,47707477	48,87255582	46,78555656	40,54312149	47,23699619	44,33389057
48,48662735	48,8830219	46,78653773	40,59797724	47,22915777	44,27370196
48,4735488	48,87463944	46,7727134	40,6907565	47,2257403	44,19739462
48,4677508	48,87262927	46,76775939	40,91609376	47,22372773	44,16674346
48,47207888	48,87530434	46,75844922	41,1452094	47,21215935	44,14885188
48,47302072	48,86975927	46,75764613	41,33702231	47,21791453	44,15132976
48,47546785	48,86067094	46,74650789	41,64934588	47,21695634	44,16029747
48,464037	48,85628057	46,73962237	41,7527832	47,20509817	44,15358653
48,45457045	48,85557756	46,73823962	41,82003227	47,20439432	44,15925335
48,46761106	48,86420147	46,73647081	41,85744088	47,20398296	44,16981766
48,46403425	48,8658941	46,7399758	41,92038483	47,19979798	44,18042012
48,46142194	48,86819089	46,73571582	42,21316739	47,20707261	44,18678234
48,45588794	48,86487908	46,7339824	42,32747508	47,1919975	44,18669311
48,45052903	48,85649651	46,73056367	42,57359528	47,19468577	44,18073602
48,45324025	48,84566464	46,73215715	42,72519903	47,18813759	44,17172303
48,44997827	48,84836517	46,72083619	42,8873491	47,19265049	44,13896742
48,45187194	48,84512952	46,72845413	43,03468934	47,19777821	44,09821611
48,44943747	48,83921873	46,72683243	43,14068845	47,19728778	44,04051254
48,44810727	48,84805315	46,73884749	43,25572638	47,21110773	43,96980759
48,44793215	48,83072169	46,73280042	43,29184414	47,20687191	43,854862
48,44104248	48,84181488	46,7393862	43,31759063	47,2078019	43,75540106
48,4480719	48,84506601	46,74467826	43,2674864	47,2264342	43,73226001
48,44022766	48,82665872	46,73800623	43,19609473	47,20416101	43,73279002
48,43750372	48,83408439	46,73752557	43,21853985	47,21317836	43,75488381
48,44332725	48,83606921	46,73136955	43,19784574	47,21245185	43,77624876
48,44182192	48,84045965	46,73486183	43,24941591	47,20983715	43,77045546
48,44198708	48,83918063	46,73810523	43,22485599	47,21240098	43,73422982
48,42174881	48,83093763	46,74070812	43,18797639	47,20437443	43,65749673
48,42786462	48,82924496	46,73041656	43,32953862	47,20675028	43,61880598
48,43749376	48,82685919	46,73526616	43,33376175	47,20707539	43,6443061
48,4208605	48,81175091	46,7174202	43,28530703	47,19330626	43,72854831
48,43163209	48,83273192	46,7345875	43,21219092	47,20164803	43,89060077
48,42293207	48,82299668	46,72551605	43,11588947	47,19438887	44,01088184
48,41165051	48,81428636	46,71339909	43,15560558	47,17503954	44,09421786
48,4233867	48,81788768	46,72220902	43,21139834	47,17638369	44,16817837

Продолжение таблицы Б.9

1	2	3	4	5	6
48,42540745	48,8158675	46,71724487	43,12790321	47,17933628	44,26005022
48,41800226	48,81654513	46,71566131	42,95076208	47,18001471	44,33498393
48,39997774	48,81399697	46,69795226	41,02201172	47,16072876	44,35059651
48,42540745	48,8158675	46,71724487	43,12790321	47,17933628	44,26005022
48,41800226	48,81654513	46,71566131	42,95076208	47,18001471	44,33498393
48,39997774	48,81399697	46,69795226	41,02201172	47,16072876	44,35059651

Таблица Б.10 – Данные регистрации термопар. Этиловый спирт, начальная температура подложки 50 °С (проба 3).

ai1	ai2	ai4	ai5	ai9	ai15
1	2	3	4	5	6
47,52582222	47,91623364	45,85583173	40,1349581	46,32659648	43,60196332
47,52647781	47,92027661	45,85784359	40,79136161	46,3270236	43,63833593
47,52189251	47,9177014	45,84666232	41,05949105	46,32150358	43,69859083
47,51683235	47,91388722	45,84193675	41,32549128	46,31655344	43,75791309
47,5156411	47,91339704	45,84914245	41,51422211	46,31131057	43,84360714
47,52085657	47,91009568	45,85240076	41,70345358	46,31320998	43,91081653
47,50582033	47,9045313	45,83732018	41,7873744	46,30198169	43,95225413
47,51511815	47,91259187	45,8311317	41,8757474	46,31186218	44,01581771
47,52298035	47,90578576	45,84197216	41,96358027	46,31681513	44,05728008
47,50795959	47,89991191	45,83767386	41,97937651	46,31274468	44,08810963
47,51575106	47,9154948	45,83969848	42,32005101	46,3163526	44,10129554
47,50102985	47,89534057	45,82879435	42,44056384	46,30997828	44,09425561
47,50751292	47,91167784	45,84017669	42,53695739	46,33244457	44,11742536
47,50740125	47,90032583	45,84736967	42,53866107	46,32062666	44,12141914
47,48856219	47,88618791	45,82483418	42,52383394	46,30737731	44,12143188
47,50361134	47,89781691	45,83014265	42,58229283	46,31743593	44,13904898
47,49868821	47,90653016	45,83570015	42,62342373	46,32344394	44,14556161
47,49599058	47,88647749	45,83780116	42,62298535	46,31807662	44,14451468
47,49476117	47,8934843	45,83417919	42,54662614	46,31490855	44,10573994
47,5023493	47,90281487	45,84963617	42,49454928	46,33624333	44,09674913
47,49731174	47,8896065	45,83889762	42,45589808	46,32912939	44,06070594
47,49952454	47,89147827	45,83511293	42,48694678	46,31719969	44,02327602
47,4999032	47,89258297	45,8495753	42,5640445	46,32486808	44,01941221
47,48598723	47,88617797	45,83614295	42,54893966	46,31030916	44,02670197
47,49277274	47,87809183	45,83393013	42,51239959	46,31782766	44,0658688
47,49972075	47,87939993	45,83071275	42,46785011	46,31777953	44,13847093
47,49879096	47,8863178	45,8403577	42,47440715	46,32198995	44,21190179
47,49248584	47,8791739	45,84950169	42,5166511	46,31642179	44,30319245
47,48796675	47,87837148	45,84892442	42,56386411	46,31923908	44,33385301
47,48850793	47,88564249	45,84579342	42,58211074	46,31678807	44,2925528
47,48331055	47,87740659	45,84161965	42,54262104	46,3076374	44,25024541
47,48897558	47,86869038	45,8482835	42,42868853	46,31995613	44,15071416
47,47350502	47,86808856	45,84021049	42,37456629	46,31165974	44,0200923
47,48067646	47,87063844	45,82578621	42,46893227	46,30470832	43,84574972
47,48040227	47,88192715	45,83256472	42,47342368	46,30944773	43,67818538
47,49227626	47,88554636	45,83211475	38,35013249	46,3237068	43,56657887
47,48089535	47,86969897	45,81601663	37,75101699	46,30625697	43,4444245

Продолжение таблицы Б.10

1	2	3	4	5	6
47,47378747	47,87221071	45,8140047	38,84803668	46,31329746	43,36050442
47,46810966	47,86575477	45,80165295	39,38251372	46,3079655	43,25693035
47,48935253	47,86841906	45,79911463	40,09099199	46,31108545	43,23406055
47,46521406	47,86054891	45,78195062	40,01780577	46,29415446	43,2955815
47,47965871	47,87054508	45,80147033	40,486482	46,30936699	43,39040587
47,48331435	47,86981615	45,79485438	40,34577068	46,30795833	43,44723542
47,47476368	47,86480813	45,78644286	40,07768041	46,29185612	43,45927863
47,46489176	47,85015145	45,78195062	39,96971367	46,28238711	43,51776625
47,45873905	47,85680807	45,77503459	39,94555313	46,27796299	43,59624573
47,47254362	47,86018861	45,76619563	39,91280898	46,26935373	43,66549671
47,46724447	47,85722478	45,75462445	39,96298184	46,26842308	43,72140653
47,45673235	47,84822162	45,74379599	39,99630739	46,26370899	43,7911422
47,46375682	47,86380787	45,75669018	39,98040026	46,27026171	43,81705398
47,45307664	47,84764522	45,73778531	39,9537322	46,25091167	43,83381947
47,4612598	47,83712332	45,75056498	39,96969917	46,26323371	43,88970613
47,46045437	47,86248983	45,7646519	39,95728777	46,27301546	43,94784463
47,46579444	47,85553648	45,76085705	39,88895702	46,2775951	43,94795938
47,4547693	47,84932199	45,76232995	39,81484788	46,26865772	43,8915199
47,4664401	47,84850406	45,77577301	39,78245543	46,26240766	43,80546496
47,46959272	47,85243837	45,79216445	39,74581327	46,27901929	43,70841783
47,45317665	47,8509932	45,80022503	39,72679139	46,28141947	43,59417646
47,45940843	47,85240024	45,80321889	39,76400432	46,29233255	43,5242128
47,45086757	47,84318373	45,81209857	39,84800419	46,27722164	43,48078343
47,45962181	47,84534515	45,81426327	39,90049034	46,2775752	43,44398803
47,44408735	47,84299861	45,81327143	39,95765424	46,26775809	43,43348129
47,43678857	47,83802586	45,8184781	40,04584644	46,26255321	43,3890139
47,44227855	47,82706175	45,82379655	40,10982363	46,27194322	43,3664599
47,44057146	47,83447286	45,82103189	40,16178175	46,27868402	43,36221134

Таблица Б.11 – Данные регистрации термопар. Этиловый спирт, начальная температура подложки 45 °С (проба 1).

ai1	ai2	ai4	ai5	ai9	ai15
1	2	3	4	5	6
45,26248695	45,50055517	44,29106043	38,13095241	42,3539624	44,50472156
45,2516798	45,49515626	44,27568377	38,25860037	42,34786875	44,50565348
45,26191942	45,52064382	44,26787839	38,43883633	42,36365987	44,52523091
45,25734169	45,49378765	44,24666209	38,58432892	42,34990178	44,51337091
45,26326822	45,49034294	44,24956036	38,69117655	42,35280456	44,50225433
45,25526791	45,49792981	44,24219539	38,82294887	42,37176092	44,50206595
45,25299312	45,48303609	44,23136678	38,97753692	42,37657905	44,50020482
45,25230096	45,48891067	44,22115434	39,14712509	42,38087934	44,48849748
45,24111716	45,49170426	44,23188381	39,27792091	42,41137386	44,49165458
45,25396268	45,50129082	44,23445352	39,38710395	42,430518	44,50348931
45,2450564	45,48655992	44,22673436	39,42822239	42,41915553	44,49007102
45,2528303	45,48727742	44,23742556	39,45583313	42,43417541	44,49518116
45,23585992	45,47750251	44,21585465	39,44538022	42,4159776	44,4774189
45,23552155	45,47652309	44,24275337	39,45846707	42,43247433	44,4795731
45,23330769	45,47345483	44,23605559	39,5422619	42,4332574	44,49669644

Продолжение таблицы Б.11

1	2	3	4	5	6
45,23006058	45,46407175	44,22167682	39,71033655	42,46016984	44,47180449
45,22811408	45,46904066	44,23050381	39,90084907	42,48081276	44,48345101
45,23151127	45,47263819	44,22458517	40,07781823	42,4826031	44,48508827
45,22487969	45,46545584	44,21694242	40,27106989	42,45088884	44,47225772
45,22655418	45,47438875	44,23585713	40,41987656	42,41648808	44,4802047
45,22510886	45,46448915	44,22141464	40,48209067	42,36025564	44,47467676
45,22327155	45,47278095	44,22382143	40,50980384	42,31249673	44,47024638
45,20902863	45,45674201	44,22136639	40,59758854	42,27257964	44,46088138
45,22084392	45,45674201	44,22068641	40,72357009	42,26713107	44,46234029
45,21874461	45,4568184	44,22053621	40,98444522	42,28105604	44,46736408
45,22116221	45,45503234	44,2273615	40,99596203	42,30514559	44,47544579
45,2167954	45,45235325	44,22649309	41,03703306	42,34423014	44,45541979
45,21200376	45,44693139	44,22287927	41,05767798	42,38237988	44,46590518
45,20328279	45,44376121	44,21902604	41,10233172	42,42119662	44,44974158
45,19236324	45,4384157	44,215262	41,07864928	42,44285027	44,44712135
45,1878717	45,4396625	44,20812349	41,14777036	42,47996404	44,43552818
45,2165743	45,45478315	44,23844501	41,11203209	42,52258517	44,45966455
45,20528834	45,44605109	44,23174449	41,1777427	42,53857273	44,45508122
45,19689566	45,43543646	44,23313265	41,3256495	42,53179177	44,44900073
45,18894317	45,42596399	44,22501114	41,21996902	42,5195734	44,43554364
45,18925878	45,44524989	44,2173429	41,31798838	42,52392423	44,44284377
45,19270701	45,4292106	44,2273542	41,46480546	42,51964997	44,44179985
45,18697114	45,42645507	44,22504937	41,48199692	42,52710188	44,44664807
45,1784919	45,43421784	44,23077958	41,478717	42,52126432	44,4416879
45,18604241	45,42323663	44,22318783	41,46379998	42,5293233	44,43771065

Таблица Б.12 – Данные регистрации термомпар. Этиловый спирт, начальная температура подложки 45 °С (проба 2).

ai1	ai2	ai4	ai5	ai9	ai15
1	2	3	4	5	6
43,29496464	43,5276265	42,30576058	36,49752615	40,71034724	42,59201255
43,29366741	43,52353156	42,30143449	35,50432891	40,693285	42,57649241
43,28833822	43,5299554	42,30786482	35,11131713	40,7013154	42,58529298
43,29287215	43,52174275	42,29896282	36,60151966	40,7346835	42,57590084
43,28768052	43,51337431	42,28695361	37,21420531	40,74448103	42,57273334
43,28642154	43,51236513	42,28912169	37,37254945	40,77552092	42,56397096
43,28341166	43,51670967	42,29120043	37,61049177	40,8151081	42,55970961
43,28828451	43,51814692	42,28151514	37,78770334	40,83336896	42,56984658
43,28107957	43,51739004	42,28393579	37,8057622	40,84783942	42,55665419
43,27653014	43,51395996	42,28504263	37,7938981	40,87826861	42,56487883
43,27344101	43,515675	42,27949474	37,98769216	40,88407868	42,5636419
43,27423629	43,5095134	42,28286177	38,36008611	40,87608515	42,56312689
43,26569034	43,50336452	42,29327917	38,32667391	40,82832726	42,55080675
43,26431657	43,49640772	42,28381818	38,28611169	40,82385517	42,54860085
43,26861371	43,51194162	42,29323814	38,25306598	40,8419242	42,55838608
43,27482752	43,50529089	42,29634255	38,23834746	40,87730833	42,55721021
43,25635446	43,48996549	42,29053671	38,25442279	40,88581486	42,55057978
43,26719163	43,50322153	42,29631429	38,43410413	40,90160001	42,55485666

Продолжение таблицы Б.12

1	2	3	4	5	6
43,26768356	43,48989171	42,28955478	38,68740483	40,89596894	42,548249
43,25615313	43,4885692	42,28618777	38,87348172	40,89464354	42,53837437
43,25699672	43,48536856	42,27526521	39,05737659	40,88643557	42,53026713
43,27162903	43,51030035	42,29749771	39,12533042	40,9186948	42,56061748
43,24820101	43,48542959	42,27555332	39,11957542	40,91513493	42,53964687
43,24729365	43,49383375	42,27760928	39,08246937	40,93742138	42,53487041
43,24432193	43,47513175	42,27636933	38,98546417	40,97231703	42,52386079
43,24517828	43,48160958	42,28557783	38,90686483	40,98039935	42,53463068
43,25319418	43,47915307	42,28584314	38,84614845	40,98202859	42,54096039
43,24292263	43,48510078	42,2881644	38,99840276	40,95367043	42,53896869
43,26768356	43,48989171	42,28955478	38,68740483	40,89596894	42,548249
43,25615313	43,4885692	42,28618777	38,87348172	40,89464354	42,53837437
43,25699672	43,48536856	42,27526521	39,05737659	40,88643557	42,53026713
43,27162903	43,51030035	42,29749771	39,12533042	40,9186948	42,56061748
43,24820101	43,48542959	42,27555332	39,11957542	40,91513493	42,53964687
43,24729365	43,49383375	42,27760928	39,08246937	40,93742138	42,53487041
43,24432193	43,47513175	42,27636933	38,98546417	40,97231703	42,52386079
43,24517828	43,48160958	42,28557783	38,90686483	40,98039935	42,53463068
43,25319418	43,47915307	42,28584314	38,84614845	40,98202859	42,54096039
43,24292263	43,48510078	42,2881644	38,99840276	40,95367043	42,53896869

Таблица Б.13 – Данные регистрации термопар. Этиловый спирт, начальная температура подложки 45 °С (проба 3).

ai1	ai2	ai4	ai5	ai9	ai15
1	2	3	4	5	6
41,77150057	41,99260913	40,89668403	38,41870012	39,49847036	41,08661022
41,77318251	41,99002191	40,89341253	38,44544277	39,47767221	41,08229244
41,77738283	41,99176192	40,89765433	38,51456968	39,47236134	41,09202865
41,7752293	41,99899279	40,89534586	38,62309771	39,49189655	41,10019685
41,76731572	41,99243313	40,89832616	38,70693901	39,47257887	41,08722081
41,77458625	41,98499341	40,89406156	38,80850214	39,47103982	41,08874768
41,77094963	41,99681141	40,89475345	38,90595232	39,47946993	41,09362215
41,76482013	41,97856135	40,89444221	39,07465619	39,47346907	41,0938494
41,77683189	41,9887671	40,8887472	39,07531354	39,48073848	41,07406574
41,76680037	41,98677448	40,8872073	39,06867328	39,49103019	41,09579518
41,76557811	41,97796674	40,88725566	39,05902504	39,49289914	41,08736137
41,7507158	41,97628054	40,88284041	39,04458315	39,4880234	41,08976166
41,75821355	41,98463413	40,8814283	39,06029403	39,48046524	41,08572225
41,77770751	42,00256038	40,90800827	39,08415891	39,50275392	41,10391774
41,76686967	41,99264567	40,89717518	39,09173526	39,48553571	41,09506507
41,76640266	41,99499304	40,87997784	39,11425923	39,48857086	41,09256808
41,76919194	41,99474318	40,89154684	39,12342886	39,49469231	41,09672246
41,77267533	41,98796644	40,88453644	39,10757074	39,4819842	41,09432219
41,76789307	41,98539473	40,89559969	39,08980163	39,4880545	41,10442335

Таблица Б.14 – Данные регистрации термопар. Этиловый спирт, начальная температура подложки 40 °С (проба 1).

ai1	ai2	ai4	ai5	ai9	ai15
39,74374371	39,92627989	39,02829259	34,66404007	37,81307286	39,15515901
39,74184683	39,91736979	39,03007546	34,55241681	37,82260645	39,15441211
39,76142583	39,94995028	39,04629032	34,65391885	37,84316894	39,17065079
39,75154317	39,92957971	39,02294396	34,73610028	37,85580591	39,14854758
39,74835797	39,92569978	39,01405238	34,81060531	37,84736084	39,15432527
39,75611902	39,92669647	39,00503271	34,88970124	37,83742016	39,15900594
39,74430107	39,92484102	39,0047694	34,96672199	37,8157336	39,14820474
39,75238927	39,92819201	38,99355256	35,03585308	37,81498857	39,15484454
39,75225129	39,93397579	38,99797511	35,11362585	37,82351807	39,15230493
39,74466929	39,91647265	38,98865359	35,18643123	37,83652136	39,15312863
39,74849867	39,91302206	38,99134719	35,23436724	37,84468736	39,15069869
39,75285981	39,9208615	39,00602293	35,28489097	37,84296943	39,15097752
39,73741162	39,92111456	38,98054991	35,3123257	37,8133676	39,14364476
39,73980191	39,90863869	38,98855394	35,33482706	37,80588234	39,1437444
39,75211604	39,91771239	38,99126034	35,35838289	37,80767997	39,14903121
39,73761629	39,91178507	38,97713212	35,37146416	37,79467634	39,14220215
39,74149686	39,90910645	38,98424105	35,39591725	37,79495551	39,1439364
39,74017013	39,91371729	38,99295366	35,44529141	37,8013983	39,14064709
39,73713567	39,90977611	38,98513893	35,51692975	37,79197985	39,13766498
39,73193108	39,90454399	38,9874156	35,59620499	37,79858925	39,1353374
39,73197952	39,90886618	38,99037527	35,6789199	37,79790552	39,14282382
39,72319582	39,90239707	38,97775387	35,73130092	37,79484293	39,12974885
39,7288838	39,91035898	38,98982029	35,81487019	37,80509885	39,14477014
39,73923449	39,9097277	38,99670148	35,88667389	37,80902455	39,14693406
39,7338892	39,91619676	38,99611814	35,95368141	37,81140338	39,14329189
39,72558341	39,90482264	38,98268578	36,01725788	37,80502196	39,12586618
39,72319582	39,90369801	38,98565827	36,09452927	37,81620223	39,12386863
39,71783767	39,89358911	38,97759021	36,15489189	37,82202801	39,13272371
39,72276364	39,89265358	38,98576068	36,30909895	37,80559311	39,12226511
39,731752	39,89634176	38,99263914	36,39524949	37,8051858	39,13879312
39,71351203	39,88709433	38,98087999	36,44609858	37,78794428	39,12686911
39,72439465	39,91041014	38,99761214	36,5284336	37,80902455	39,12660307
39,72485241	39,90411461	38,9956372	36,58502174	37,80248934	39,13774178
39,72741636	39,90837559	38,99648661	36,63436482	37,80926527	39,12851378
39,72103302	39,89358911	38,98373727	36,66811778	37,80949318	39,12300199
39,72390123	39,90537994	38,98756922	36,70818055	37,82267328	39,11744625
39,70871121	39,87930582	38,96898719	36,73561049	37,80316025	39,10119677
39,71183257	39,86747635	38,97080856	36,77980262	37,79495551	39,11527224
39,72347451	39,90052603	38,98840308	36,84439728	37,79342421	39,12880542
39,72327257	39,8970498	38,98651773	36,86518047	37,79222058	39,12149535
39,69991182	39,88745977	38,97942437	36,89559191	37,77919389	39,12320403
39,71157673	39,89174639	38,99532544	36,92621778	37,80696332	39,11657685
39,70781119	39,88578057	38,97319043	36,9299698	37,79893526	39,10845854
39,71223644	39,88288443	38,98076478	36,94033635	37,82133148	39,11589393

Таблица Б.15 – Данные регистрации термопар. Этиловый спирт, начальная температура подложки 40 °С (проба 2).

ai1	ai2	ai4	ai5	ai9	ai15
38,172503	38,3434327	37,49387721	34,83470028	36,34840348	37,60161773
38,18674384	38,34494314	37,50154404	34,83847239	36,33622396	37,61114033
38,17975794	38,3543569	37,50093428	34,86734377	36,33629819	37,61215189
38,17539071	38,35069936	37,50411305	34,87073307	36,31985389	37,61349394
38,17842938	38,33608185	37,49427183	34,88223621	36,31000204	37,60492162
38,19717547	38,35908661	37,51706606	34,895326	36,33601588	37,62786737
38,18218996	38,34996473	37,50679741	34,93742371	36,33212618	37,61261784
38,15740735	38,34555973	37,50238907	35,03138785	36,32406167	37,60341293
38,1728644	38,34078878	37,4951068	35,09669769	36,32179235	37,60127442
38,18072597	38,34423137	37,50972256	35,15667191	36,32501303	37,6163419
38,17510703	38,34089125	37,49680516	35,20906541	36,30820196	37,59999644
38,16961342	38,340131	37,50151564	35,27734427	36,28051012	37,61053062
38,17443634	38,34309514	37,49673101	35,35025143	36,29489095	37,61129137
38,17053756	38,34223242	37,50065503	35,42834278	36,2896904	37,61488726
38,16664151	38,33501971	37,49366482	35,4968389	36,28748517	37,59294
38,18130239	38,34533193	37,51675112	35,59900402	36,30306564	37,62188952
38,17915217	38,33123676	37,50355732	35,68476703	36,28369519	37,60619682
38,16720239	38,32875657	37,4894487	35,76184387	36,28326441	37,59161075
38,17525341	38,346814	37,5095715	35,84343296	36,31208167	37,61504835
38,1769379	38,34199181	37,51523226	35,93416068	36,31432535	37,61107347
38,17082758	38,33997001	37,49770699	36,06341058	36,31435378	37,60211936
38,16327062	38,33708271	37,49709722	36,11222082	36,32036165	37,59500162
38,15770283	38,32921218	37,49902354	36,14156604	36,30882522	37,59758322
38,16146349	38,33604618	37,5040389	36,17569083	36,31704106	37,61241552
38,16964264	38,33568025	37,50139298	36,1902756	36,31918484	37,59848221
38,16911285	38,34227361	37,50274799	36,2034394	36,32213882	37,6080561
38,16187339	38,3497525	37,5074969	36,22631457	36,33122893	37,60641195
38,17106362	38,33875692	37,50789151	36,25629008	36,33276503	37,61064044
38,16287713	38,32470738	37,48744822	36,25927264	36,32234137	37,60270067
38,16179927	38,33852636	37,49147483	36,26846318	36,3254594	37,60809455
38,16872671	38,34737482	37,50352163	36,28339041	36,3258801	37,61431047
38,15017228	38,32698816	37,48927477	36,2851163	36,31002041	37,59542912
38,15644923	38,31846981	37,49214869	36,30464071	36,31723355	37,5965176
38,16327423	38,33426498	37,50339621	36,31421581	36,31639768	37,60361975
38,15912195	38,33765635	37,48878037	36,30823081	36,31637201	37,60034149
38,16321291	38,32768438	37,48791975	36,29544038	36,30683818	37,59242452

Таблица Б.16 – Данные регистрации термопар. Этиловый спирт, начальная температура подложки 40 °С (проба 3).

ai1	ai2	ai4	ai5	ai9	ai15
1	2	3	4	5	6
37,42108367	37,58235512	36,74749891	34,84361306	35,87022561	36,85363767
37,42400905	37,58551808	36,76092991	34,89270693	35,88115604	36,86510699
37,41608349	37,58227821	36,75586262	34,94874643	35,87539972	36,86613484
37,42415005	37,59172684	36,7660027	35,02149598	35,888516	36,86221861
37,42103514	37,59062553	36,75007244	35,06452837	35,90613402	36,86305407
37,42651964	37,59033349	36,76118645	35,12554396	35,91885474	36,87258305

Продолжение таблицы Б.16

1	2	3	4	5	6
37,4152869	37,58127944	36,7523537	35,16157985	35,91937553	36,85405817
37,42110197	37,57225095	36,74445905	35,2133263	35,91969369	36,85607263
37,42049217	37,58596669	36,76137886	35,28535984	35,93525652	36,86522243
37,42298722	37,59595814	36,75700601	35,35387513	35,9425235	36,85602133
37,42066889	37,58528283	36,75430698	35,40545826	35,95032403	36,86235693
37,42759822	37,58119248	36,76230418	35,44940177	35,94280314	36,86645273
37,42690144	37,59490811	36,74683012	35,54120169	35,94991879	36,85286634
37,43120754	37,59773048	36,76562342	35,52907179	35,95457175	36,86297988
37,42755977	37,58800545	36,74630973	35,50874553	35,95145266	36,85097736
37,42909431	37,59706221	36,76267341	35,50297437	35,96759999	36,86210318
37,4171749	37,57501206	36,74243155	35,4912623	35,95122437	36,85395556
37,41954177	37,57977348	36,74879347	35,50208376	35,96398308	36,85784616
37,4174798	37,57703802	36,76202475	35,49111096	35,9511987	36,86263634
37,41609905	37,58354892	36,76146865	35,50388793	35,95749098	36,85268954
37,43122309	37,60398768	36,76937601	35,54233349	35,97476406	36,87324447
37,41929362	37,59036188	36,7682867	35,5701212	35,96020481	36,86730101
37,4286768	37,58681718	36,75903624	35,60075868	35,94912114	36,86903604
37,42367391	37,58746259	36,76356025	35,60785089	35,94702798	36,8585433
37,41704946	37,5819917	36,75626026	35,612177	35,9410923	36,85814117

Приложение В

(рекомендуемое)

Таблица В.1 – Погрешность измерения температуры на границе раздела.
Ацетон.

Начальная температура подложки	Этап	Проба 1 (t1, °C)	Проба 2 (t2, °C)	Проба 3 (t3, °C)
40	Среднеарифметическое знач.	31,982	31,21	31,688
	Среднеквадратичное откл.	0,64	0,994	0,956
	Случайная погрешность	1,867	2,901	2,8
	Относительная погрешность	6 %	9 %	9 %
45	Среднеарифметическое знач.	35,471	34,848	35,531
	Среднеквадратичное откл.	1,075	1,354	2,444
	Случайная погрешность	3,14	3,953	7,137
	Относительная погрешность	9 %	11 %	20 %
50	Среднеарифметическое знач.	38,652	39,275	-
	Среднеквадратичное откл.	2,129	1,497	-
	Случайная погрешность	6,323	4,447	-
	Относительная погрешность	16 %	11 %	-

Таблица В.2 – Погрешность измерения температуры на границе раздела.
Этиловый спирт.

Начальная температура подложки	Этап	Проба 1 (t1, °C)	Проба 2 (t2, °C)	Проба 3 (t3, °C)
40	Среднеарифметическое знач.	36,327	36,375	35,627
	Среднеквадратичное откл.	0,274	0,662	0,351
	Случайная погрешность	0,801	1,934	1,026
	Относительная погрешность	2 %	5 %	3 %
45	Среднеарифметическое знач.	39,516	38,368	37,763
	Среднеквадратичное откл.	2,532	2,547	1,604
	Случайная погрешность	7,393	7,438	4,683
	Относительная погрешность	19 %	19 %	12 %
50	Среднеарифметическое знач.	42,898	42,671	42,526
	Среднеквадратичное откл.	0,430	0,678	0,264
	Случайная погрешность	1,254	1,979	0,771
	Относительная погрешность	3 %	5 %	2 %