

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор Таджикского технического  
университета им. акад. М.С. Осими,  
доктор экономических наук, профессор  
Давлатзода К.К.

2026 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Содатдинова Шахнавоза Садридиновича на тему «Влияние размера металлических образцов на распределение температуры, кинетику охлаждения и коэффициенты теплоотдачи» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния

**Диссертационная работа** Содатдинова Шахнавоза Садридиновича на тему «Влияние размера металлических образцов на распределение температуры, кинетику охлаждения и коэффициенты теплоотдачи» выполнена в научно-исследовательской лаборатории «Физики конденсированного состояния» имени профессора Б.Н. Нарзуллоева НИИ Таджикского национального университета.

Научное направление и содержание диссертационной работы вполне соответствуют паспорту диссертационного совета по специальности 1.3.8. - Физика конденсированного состояния.

Актуальность темы определяется необходимостью изучения закономерностей связи физических свойств веществ с пространственно-временными факторами их состояния, что является стержневым вопросом как теоретических, так и эмпирических научных исследований. В частности, установление характера зависимости теплофизических и кинетических свойств вещества от пространственных (однородность, анизотропия) и временных (частота, интенсивность процессов) факторов, определяющих его реальное состояние, имеет большое прикладное значение.

Даже в рамках классической нерелятивистской теории теплофизические константы вещества имеют определённые значения лишь при конкретных условиях (однородность вещества, стационарность процессов, фиксированные значения температуры, плотности, давления и т. д.). В общем случае теплофизические параметры вещества зависят от пространственных ( $x, y, z$ ), временных ( $t$ ), термодинамических ( $T, P, V$ ) и других факторов  $\lambda = f(x, y, z, t, T,$

$P, V, \dots$ ), и в зависимости от их изменения значения параметров могут существенно варьироваться.

Зависимость теплофизических параметров вещества от временных и термодинамических факторов исследована относительно лучше, чем влияние пространственно-размерных факторов. Для первого случая установлена иерархия характерных времен релаксации вещества и определены условия, при которых превалируют вклады тех или иных механизмов.

Вклад пространственно-размерных эффектов в физические свойства вещества также исследуется достаточно успешно. Триумфальным достижением в этой области можно назвать создание и использование нанотехнологий и наноразмерных материалов. Проведены широкие исследования пространственно-анизотропных свойств теплофизических коэффициентов материалов, особенно твердых и жидких кристаллов.

Влияние размеров ограниченных тел на закономерности распределения температурного поля рассматривается при решении различных краевых задач уравнения теплопроводности. Однако зависимость значений и свойств самих коэффициентов переноса от формы и размеров объекта фактически не исследована. С другой стороны, результаты многих работ указывают на зависимость эффективности теплообмена металлических изделий от их геометрии.

Таким образом, экспериментальное исследование влияния формы и размеров металлических образцов на кинетику тепловых процессов, а также на значения и свойства коэффициентов теплоотдачи является актуальной задачей физики конденсированного состояния и современного материаловедения, имеющей важное научно-прикладное значение.

С учётом вышеприведённого анализа в качестве **основной цели** диссертационной работы определены: экспериментальное исследование закономерностей распределения температурного поля в металлических образцах; изучение кинетики охлаждения и пространство-размерных зависимостей коэффициентов теплоотдачи металлических материалов.

В качестве **объекта** исследования выбраны образцы пластин и цилиндров из меди, бронзы, латуни 63, стали 45 и особо чистого алюминия марки А5N.

В результате реализации поставленных целей и задач авторам диссертации удалось получить ряд новых и интересных научных результатов. В частности: - проведено систематическое экспериментальное исследование временной зависимости температуры нагретых металлов разных диаметров и длин в трёх направлениях при естественном воздушном охлаждении;

- установлены **характерные времена** радиационно-конвективного теплообмена металлов с окружающей средой, подтверждающие их рост в

порядке от теплового излучения к теплопроводности и конвекции;

- доказано, что в пределах погрешности эксперимента при вариации длины образцов имеют место линейные зависимости характерных времен теплообмена металлов от отношения объёма к площади их поверхности;

- показано, что температурная зависимость коэффициента излучательной теплоотдачи определяется степенью черноты тела и с ростом температуры растёт, в то же время как коэффициент конвективной теплоотдачи зависит от физических свойств окружающего воздуха и с (ростом) температуры уменьшается;

- показано, что коэффициенты теплоотдачи металлов слабо зависят от длины образцов и значительно уменьшаются при росте их диаметра.

Авторы к **теоретической значимости результатов** относят возможность использования зависимости теплофизических характеристик металлических материалов от их размера, для усовершенствования макроскопической теории теплоотдачи металлов.

**Практическая значимость** результатов связывается с возможностью их использования для оптимизации конструкции и повышения эффективности теплообменных устройств.

**Достоверность** результатов обеспечивается использованием современного научного оборудования, большим статистическим набором хорошо воспроизводимых экспериментальных данных, неоднократной апробацией и научной экспертизой результатов на научных конференциях и научном рецензировании работ экспертами научных журналов при публикациях.

**Личный вклад** соискателя заключается в патентно-информационном поиске по теме диссертации, составлении обзора литературы, постановке задач исследования непосредственном проведении экспериментов, анализе и подготовке результатов к публикации, а также в подготовке и оформлении диссертации.

По итогам работы опубликовано 17 научных статей, 4 из которых в изданиях из Перечня ВАК РФ, в том числе 1 – в изданиях из международной базы данных (Scopus) 10 - в материалах международных и республиканских конференциях. Получен один малый патент Республики Таджикистан.

**Апробация работы.** Основные результаты исследования доложены на 9 международных и республиканских научных конференциях.

**Структура и содержание диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 174 источников. Объем диссертации составляет 129 страницы компьютерного набора.

**Во введении** изложена актуальность темы исследования и степень ее разработанности, определены цели и задачи работы, отмечены новизна,

теоретическая и практическая значимость полученных результатов, а также краткая аннотация содержания глав диссертации.

**В первой главе** представлен краткий обзор литературы, посвящённый влиянию формы и размеров металлических образцов на их механические и теплофизические характеристики.

**Во второй главе** представлено подробное описание экспериментальной установки, предназначенной для изучения распределения поля температуры и кинетики охлаждения металлических материалов.

**В третьей главе** исследованы однородность температурного поля в металлических образцах разной формы и размера. Исследована являются ли образцы «термически тонкими» или нет, есть ли основание для применения закона сохранения энергии или закона Фурье при нахождении временной зависимости температуры образца при охлаждении.

Достоверность полученных результатов подтверждена их хорошим согласием с выводами теории подобия. Анализ полученных данных выявил, что температурный градиент внутри образцов практически отсутствует, что свидетельствует о высокой однородности теплового поля. Установлено, что при естественном воздушном охлаждении основным механизмом переноса тепла является конвективно-излучательная теплоотдача. В исследовании продемонстрирована возможность определения степени черноты методом охлаждения, что делает его перспективным для практического использования.

**В четвертой главе** приведены результаты исследования влияния длины и диаметра цилиндрических образцов на кинетику их охлаждения и коэффициенты теплоотдачи. В этой главе, также приведены результаты исследования фазового перехода в образцах стали 45 разного размера. Представлены основные результаты исследований влияния размеров образцов на их тепловые свойства и обобщены основные закономерности проявления размерного эффекта у меди и медно-цинковых сплавов и стали 45 в широком температурном интервале.

Привлекательным из точки зрения зависимости коэффициентов теплопереноса от размеров образца является приведенные в этой главе зависимости время охлаждения от приведённого размера образца – отношение объёма тела к его площади поверхности (таблицы 4.2 -4.4 и рис. 4.44). Почти линейная зависимость характерное время охлаждения от приведённого размера указывают на постоянное значение коэффициента пропорциональности (коэффициента теплоотдачи образца). Следовательно, процесс теплообмена образца со средой существенно зависит от формы и размера образца, а приведённые к единице размера, массы, физические параметры переноса слабо зависят от размера объекта.

Диссертация написана простым и доступным языком, Материалы в диссертации изложены последовательно, логически взаимосвязано и внутренне согласованно. Выводы и заключения обоснованы и аргументированы.

Диссертационная работа обильно экспериментальными материалами, приведенными в виде таблиц и графиков. Использованы различные теоретические и экспериментальные методы и подходы. Сформулированы обоснованные выводы и заключения имеющие важные научно прикладные значения.

К наиболее важным результатам можно отнести следующие моменты:

1. Показано, что в металлических образцах температура распределена равномерно по объему и зависит только от времени охлаждения.

2. Установлены характерные времена радиационно-конвективного теплообмена металлов с окружающей средой, подтверждающие их рост в порядке от теплового излучения к теплопроводности и конвекции.

3. Доказано, что в пределах погрешности эксперимента при вариации длины образцов имеют место линейные зависимости характерных времен теплоотдачи металлов от отношения объёма к площади их поверхности.

4. Выявлено, что температурную зависимость коэффициента излучательной теплоотдачи определяет степень черноты и температуры поверхности тела и с ростом температуры растёт, а коэффициент конвективной теплоотдачи зависит от физических свойств окружающего воздуха и с температурой уменьшается. Показано, что коэффициенты теплоотдачи металлов слабо зависят от длины образцов.

5. В кривых охлаждения образцов из стали 45 разных размеров обнаружен фазовый переход первого рода, что согласуется с данными по температурной зависимости теплоемкости.

Все основные результаты являются новыми и впервые представляются к защите.

Вместе с этими положительными фактами и результатами в диссертации имеет место некоторые недочеты и упущения:

1. Процесс охлаждения металлических образцов существенно зависит от значений теплофизических параметров как самого образца, так и окружающей среды (воздуха). В работе фактически учитываются вклады молекулярного и излучательного переноса тепла в металле, а также конвективного переноса в газовой среде. Однако в диссертации не приведена оценка вкладов учитываемых и не учитываемых механизмов в общий процесс теплообмена.

2. В качестве научной новизны отмечено, что «...коэффициенты теплоотдачи металлов слабо зависят от длины образцов и значительно

уменьшаются при росте их диаметра». Остается невыясненным, с чем связана такая «анизотропия» коэффициента теплоотдачи: с физической анизотропией свойств кристаллической решетки металлов или с геометрическими особенностями поверхностей цилиндрических образцов?

3. По результатам исследования заметно, что влияние размера образца на параметры теплоотдачи более существенно для малых объектов. Было бы целесообразно определить соответствующий характерный размер и условия, позволяющие оценить возможность пренебрежения размером тела или необходимость его учета при анализе теплофизических свойств образца.

4. Диссертация бы выиграла, если бы каждая глава начиналась с формулировки решаемых в ней задач и завершалась выводами о степени их реализации.

5. В тексте (стр. 69 - 72 и др.) таблицы приведены с надписями на английском языке и зачастую разные приборные показания. Возможно, это уже принятый стиль. Представляется более правильным привести их в соответствие с используемой в диссертации языком и системой обозначения.

6. В работе местами встречаются грамматические и технические ошибки, а также стилистические неточности.

Высказанные замечания ни в коем случае не снижают значимость полученных в диссертации основных научных результатов. В целом диссертационная работа Ш.С. Содатдинова на тему «Влияние размера металлических образцов на распределение температуры, кинетику охлаждения и коэффициенты теплоотдачи» является выполненное на высоком научном уровне завершённое исследование по конкретной актуальной теме, имеющее большое научное и практическое значение.

Приведенные в диссертации научные выводы и заключения являются обоснованными и аргументированными. Научные публикации и автореферат достаточно полно отражают содержания диссертации.

Материалы диссертации имеют высокие научно-практические и учебно-методические значения. Они могут быть использованы в научно-исследовательских и учебно-образовательных учреждениях, где ведутся исследования теплофизических свойств металлических материалов и готовят специалисты в области теплотехники и материаловедения. В частности, ими в Государственном учреждении «Научно-исследовательский институт металлургии» открытого акционерного общества «Таджикская алюминиевая компания», в Таджикском национальном университете, в Таджикском техническом университете имени акад. М.С. Осими, Институте химии им. В.И. Никитина НАН Таджикистана. Кроме того, полученные результаты могут быть полезными при чтении различных университетских курсов и спецкурсов.

служить материалом для различных университетских курсов и спецкурсов.

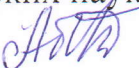

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа Содатдинова Шахнавоза Садридиновича на тему «Влияние размера металлических образцов на распределение температуры, кинетику охлаждения и коэффициенты теплоотдачи» выполнена на высоком научном уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу. В ней представлены результаты исследования влияния геометрии металлических образцов на теплофизические параметры, что в совокупности является значимым научным результатом и весомым вкладом в область исследования тепловых свойств металлов.

По своей актуальности, научной новизне, объему проведенных исследований и практической значимости полученных результатов диссертационная работа Содатдинова Ш. С. соответствует требованиям пунктов 9–14 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (с изменениями от 21.04.2016 г. № 748 и от 29.05.2017 г. № 650), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 — Физика конденсированного состояния.

Отзыв подготовлен доктором физико-математических наук, профессором кафедры физики Таджикского технического университета имени академика М. С. Осими Абдурасуловым Анваром Абдурасуловичем.

Отзыв на диссертацию заслушан и утверждён на заседании кафедры физики Таджикского технического университета имени академика М. С. Осими (протокол №7 от «19» марта 2026 г.).

Доктор физико-математических наук (1.3.8), профессор кафедры физики ТТУ им. акад. М.С. Осими  Абдурасулов Анвар Абдурасулович  
Зав. кафедрой физики ТТУ им. акад М.С. Осими, кандидат химических наук  
(02-00-04), доцент  Насриддинов Абубакр Саидкулович

**Сведения о ведущей организации:** Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими (ТТУ им. акад. М.С. Осими).

Адрес: 734042, г. Душанбе, проспект академиков Раджабовых, 10.

Тел.: +992(372) 21-35-11

Факс: +992(372) 23-02-46

Электронная почта: [ttu@ttu.tj](mailto:ttu@ttu.tj)

Сайт: <http://www.ttu.tj>