

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.491.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 27.02.2025 г. № 6

О присуждении Турулиной Юлии Олеговне, гражданке Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Определение рациональных технологических параметров проходных печей в условиях изменяющейся производительности» по специальности 2.4.6 Теоретическая и прикладная теплотехника (технические науки) принята к защите 19 декабря 2024 г. (протокол заседания №5) диссертационным советом 24.2.491.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 283001, г. Донецк, ул. Артема, 58, № 245/нк от 20.03.2024 г.

Соискатель Турулина Юлия Олеговна, 8 июня 1994 года рождения.

В 2018 г. соискатель окончила ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет» с присуждением квалификации магистра по направлению подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника» и поступила в аспирантуру. С 2018 по 2021 г. пребывала в декретном отпуске. В 2021 г. возобновила обучение в аспирантуре и в 2025 году соискатель окончила очную аспирантуру ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет» по специальности 2.4.6 Теоретическая и прикладная теплотехника (акт от 27.02.2025 г.).

Работает старшим преподавателем кафедры «Техническая теплофизика» в ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».

Диссертация выполнена в ФГБОУ ВО «ДонНТУ» Минобрнауки РФ на кафедре «Техническая теплофизика».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Бирюков Алексей Борисович, проректор, заведующий кафедрой «Техническая теплофизика» ФГБОУ ВО «ДонНТУ».

Официальные оппоненты: Глущенко Антон Игоревич – доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории №7 ИПУ РАН, г. Москва; Бондаренко Виталий Иванович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Компьютерные технологии» ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара, в своем положительном отзыве, подписанном Ереминым Антоном Владимировичем, доктором технических наук, доцентом, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», заведующим кафедрой «Промышленная теплоэнергетика», указала, что диссертация «Определение рациональных технологических параметров проходных печей в условиях изменяющейся производительности» является законченной научно-исследовательской работой, в которой решена актуальная научно-техническая задача, имеющая важное значение для прокатного производства, заключающаяся в обосновании рациональных технологических параметров, обеспечивающих повышение эффективности работы проходных печей в условиях изменяющейся производительности. Диссертация отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, а именно, пунктам 9, 10, 11, 13, 14, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор Турулина Юлия Олеговна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.6 Теоретическая и прикладная теплотехника (технические науки).

Соискатель имеет 15 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 15 работ, из них 3 работы в изданиях, включенных в перечень ВАК РФ.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

В работе «Инженерная методика определения температурного состояния металла при его нагреве» / А.Б. Бирюков, Ю.О. Турулина // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2024. – № 2. – С. 24–31. – предложена методика, которая для проходных печей различного типа (толкательных и с механизированным подом) позволяет при заданных производительности и температурного профиля печи рассчитать изменение температурного состояния металла во всех зонах нагрева, начиная от момента загрузки до выдачи металла. Проверена адекватность предложенной методики (всего: 0,74 п.л., авторский вклад 0,37 п.л.).

В работе «Определение температурного профиля проходной печи при нагреве металла в условиях переменной производительности» / А.Б. Бирюков,

Ю.О. Турулина // Промышленная энергетика. 2024. – № 5. – С. 28–34. – предложен метод определения температурного профиля печи для произвольной производительности, который основывается на обеспечении постоянства энтальпии металла по отношению к печным координатам. При помощи итерационного расчета определяются температуры зон печи, которые позволяют для рассматриваемой производительности обеспечить средние по зонам плотности теплового потока на поверхность металла, за счет чего будут достигнуты заданные энтальпии металла в пределах зоны (всего: 0,5 п.л., авторский вклад 0,25 п.л.).

В работе «Косвенное определение температуры металла на основании анализа энергосиловых параметров черновой клети прокатного стана» / Ю.О. Турулина, А.Б. Бирюков, В.А. Сидоров // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 162-167. – предлагается расчётный метод определения температуры металла на основании анализа энергосиловых параметров черновой клети прокатного стана. Метод позволяет определить среднемассовую температуру заготовки в клети в зависимости от тока двигателя. Реализация данной разработки в режиме реального времени позволяет контролировать рациональные значения установленных параметров температурного режима печи (всего: 0,36 п.л., авторский вклад 0,12 п.л.).

В работе «Определение оптимального шага укладки заготовок в печи с механизированным подом, работающей в условиях переменной производительности» / А.Б. Бирюков, Ю.О. Турулина // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. 2023. – № 1. – С. 57–63. – предлагается способ определения оптимального шага укладки заготовок, при котором достигается минимальный удельный расход топлива. Температурный профиль печи определяется из условия сохранения энтальпии металла по зонам и печи в целом при различной укладке на уровне номинального режима (всего: 0,37 п.л., авторский вклад 0,18 п.л.).

В работе «Совершенствование расчетного метода определения рациональных режимных параметров проходной печи с механизированным подом, работающей в условиях переменной производительности» / А.Б. Бирюков, Ю.О. Турулина // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. 2022. – № 3. – С. 52–56. – предлагается способ нахождения рациональных режимных параметров печи, работающей в условиях переменной производительности, путем изменения шага укладки заготовок. Метод позволяет сохранить заданное конечное теплосодержание металла. Применение модификации метода позволяет увеличить диапазон регулирования параметров печи для определения рациональных режимов (всего: 0,28 п.л., авторский вклад 0,14 п.л.).

В работе «Совершенствование расчетного метода определения температурного профиля проходной печи с механизированным подом путем изменения шага раскладки заготовок» / А.Б. Бирюков, Ю.О. Турулина // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. 2022. – № 2. – С. 78–83. – предлагается способ уточнения температурного профиля печи при изменении шага раскладки заготовок с целью сохранения заданного уровня теплосодержания металла. Способ основывается на использовании обратного метода расчета с последующим уточнением прямым методом. В результате достигается расширение диапазона регулирования технологических параметров, обеспечивающих заданное температурное состояние металла на выходе из печи (всего: 0,27 п.л., авторский вклад 0,135 п.л.).

В работе «Анализ способов определения рациональных технологических параметров печей при работе в условиях изменяющейся производительности» / А.Б. Бирюков, Ю.О. Турулина // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. 2021. – № 4. – С. 70–77. – рассмотрены основные причины возникновения режимов с пониженной производительностью в печах непрерывного действия для нагрева металла перед обработкой давлением. Проанализированы расчетные методики и математические модели, используемые для определения режимных параметров и управления процессом в таких условиях. Детально рассмотрены процедуры адаптации моделей на основе результатов термометрирования печей. Проанализированы алгоритм диагностики нагрева металла в режиме реального времени и способ оценки адекватности, основанный на построении моментальных тепловых балансов, с целью выяснения необходимости корректировки режима (всего: 0,55 п.л., авторский вклад 0,27 п.л.).

В работе «Методика определения температурного профиля методической печи, работающей в условиях пониженной производительности» / А.Б. Бирюков, А.Н. Лебедев, Ю.О. Турулина // Сталь. 2017. – № 10. – С. 74–77. – разработана методика определения температурного профиля печи, работающей в условиях пониженной производительности, которая обеспечит заданный уровень теплосодержания металла в конце нагрева. В качестве основного элемента используется обратный метод расчета, согласно которому температурный профиль печи определяется из условия сохранения энтальпии металла по зонам и печи в целом при пониженной производительности на уровне номинального режима (всего: 0,33 п.л., авторский вклад 0,11 п.л.).

В работе «Повышение точности определения теплового состояния металла в методической зоне проходной печи при использовании инженерных методов» / А.Б. Бирюков, А.Н. Лебедев, Ю.О. Турулина, С.А. Онищенко // Вестник Академии гражданской защиты. 2017. – № 1 (9). – С. 5–11. –

разработана методика определения температуры отходящих газов, среднемассовой температуры и температуры поверхности металла в конце методической зоны печи с учетом различных коэффициентов релаксации (всего: 0,42 п.л., авторский вклад 0,1 п.л.).

В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах, в которых изложены основные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы: 10 (все положительные), где приведены следующие замечания:

1. Отзыв ведущей организации – ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара.

1.1) Считаю, что наряду с одномерной математической моделью, описывающей температурное поле металла, нагреваемого в толкательной печи, целесообразно было бы создать двухмерную математическую модель для изучения температурного поля металла, нагреваемого в печи с механизированным подом;

1.2) При формировании граничных условий теплообмена на поверхности металла не учтено возможное отличие плотностей теплового потока, падающих на поверхность металла, по ширине печи;

1.3) При моделировании процесса нагрева металла не учтено влияние окалинообразования, которое с одной стороны приводит к появлению на поверхности металла дополнительного термического сопротивления, а с другой стороны вызывает дополнительные тепловыделения;

1.4) Косвенная идентификация температуры металла на основании анализа энергосиловых параметров прокатных клетей характеризуется высокой погрешностью, так как зависимость предела текучести металла от температуры является достаточно пологой.

2. Отзыв официального оппонента – доктора технических наук, доцента, ведущего научного сотрудника лаборатории №7, ИПУ РАН, Глущенко Антона Игоревича.

2.1) На стр. 11 автореферата автор вводит понятие коэффициента несимметричности нагрева без его обозначения, без ссылок и дополнительных пояснений. В автореферате необходимо было дать ссылку на публикацию [5], как это сделано в диссертации (работы [107] и [109]). Поскольку несимметричность нагрева обоснована неравномерностью подвода теплоты от печи к поверхности тела, то в решениях дифференциального уравнения теплопроводности всегда фигурирует определяющий размер тела r_0 (в нашем случае толщина

прогреваемого слоя). Согласно [107], при симметричном нагреве пластины им является половина толщины пластины $r_0=L/2$, при одностороннем нагреве – полная толщина пластины $r_0=L$, и при несимметричном нагреве $r_0=\mu \cdot L$, где μ – коэффициент несимметричности. После прочтения автореферата и диссертации остается не до конца выясненным, как автор определял коэффициент несимметричности нагрева (в работе только указано, что определялось его изменение путем интерполяции табличных данных) и каков диапазон его изменений?

2.2) Вторая глава диссертации наполнена новыми результатами, полученными диссертантом. При этом из нее несколько выпадает пункт 2.8, поскольку он содержит стандартные сведения о получении регрессионных моделей по данным. Возможно, его стоило не включать во вторую главу, а отнести в главы с апробацией теоретических результатов.

2.3) Требуется пояснение по результатам, приведенным в таблице 4.4. – коэффициент детерминации оказался не просто близким к единице, а равным единице. Это может указывать на «перетренировку» модели, то есть потерю ею обобщающей способности.

2.4) В работе и автореферате имеются отдельные стилистические и орфографические ошибки, слова, редко встречающиеся в технических документах, используются без пояснения специфические профессиональные термины, хотя в целом работа и автореферат написаны на хорошем уровне.

3. Отзыв официального оппонента – кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры «Компьютерные технологии», ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», Бондаренко Виталия Ивановича.

3.1) В работе в качестве численного метода определения температуры металла используется явная конечно-разностная схема. Целесообразнее было бы использование неявной схемы, т. к. она является безусловно устойчивой.

3.2) Из материалов диссертации не ясно, каким образом потери теплоты через ограждающую конструкцию печи влияют на параметры ее рационального температурного профиля.

3.3) Не до конца понятно, каким образом, в разработанных инженерной методике расчета и математической модели учитывается химический состав топлива.

3.4) В работе встречаются разночтения в терминологии (укладка-раскладка), а также нет пояснения некоторых, введенных автором, понятий (продольная координата, «рванный» режим).

3.5) В работе не рассмотрены условия изменяющейся производительности, связанные с аварийными ситуациями (например, забукивание) или форсмажорными сбоями в поставке заготовки.

4. Отзыв на автореферат Трубаева Павла Алексеевича – доктора технических наук, доцента, профессора кафедры Энергетики теплотехнологии БГТУ им. В.Г. Шухова.

4.1) На стр.6 автореферата при описании первого раздела автор выделил температурный профиль печи и шаг раскладки заготовок в процессе нагрева металла в проходной печи как факторы, влияющие на её производительность. При этом не уделено внимание тому факту, что производительность проходной печи зависит от многих факторов, и прежде всего, от продолжительности процесса нагрева, от общей мощности печи, от мощности потерь теплоты в рабочем пространстве печи и др.

4.2) На стр. 9 автореферата автор вводит понятие коэффициента несимметричности нагрева без его представления, ссылок и дополнительных пояснений, что не дает возможности выяснить, как автор его определял и каков диапазон его изменений.

4.3) В работе не дается строгого обоснования, почему при решении нестационарного нелинейного дифференциального уравнения теплопроводности методами математического моделирования в условиях несимметричного нагрева заготовок в методических толкательных печах предпочтение отдано одномерной модели.

5. Отзыв на автореферат Жукова Петра Игоревича – кандидата технических наук, преподавателя кафедры «Автоматизированных и информационных систем управления им. Ю.И. Ерёменко», СТИ НИТУ «МИСИС».

5.1) В автореферате не представлены значения критериев Био и Фурье для рассматриваемых случаев, а также коэффициентов усреднения плотности теплового потока, что необходимо для доказательства, что ряд является быстросходящимся;

5.2) Следовало бы более конкретно указать, как применение результатов ваших разработок при нагреве металла в проходных печах повлияет на дальнейший процесс прокатки металла.

6. Отзыв на автореферат Журавлёва Михаила Евгеньевича – директора СП АО «Инфраструктурные Проекты»-«Донецктеплоэлектропроект».

6.1) Исходя из автореферата, в работе не рассмотрена задача, в которой учтены периодические остановки печи на неустановленное время.

6.1) В автореферате не охвачен опыт исследования данной тематики в зарубежных источниках, нет упоминаний зарубежных авторов.

7. Отзыв на автореферат Картавцева Сергея Владимировича – доктора технических наук, профессора, профессора кафедры теплотехнических и энергетических систем ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

7.1) Стр. 4 «... обоснован метод определения, с точки зрения минимизации расхода топлива ...».

7.2) Стр. 6 «... решена задача оптимального, с точки зрения минимизации расхода топлива ...».

В автореферате не удалось обнаружить сведения о расходах топлива.

7.3) Стр. 7 «... теоретические аспекты и методы интенсивного энергосбережения в тепловых технологических системах и процессах». Здесь желательно дать количественные оценки достигнутого энергосбережения в энергетических единицах.

7.4) Стр. 17 «Рассчитан возможный экономический эффект от снижения брака металла ... 7,585 млн. руб./год ...». Не очень понятна связь снижения брака металла с суммой в рублях.

Из автореферата это непонятно. Но, возможно, это раскрыто в рукописи диссертации?

8. Отзыв на автореферат Коломоты Владимира Николаевича – главного инженера Филиала №1 «Донецксталь» ООО «Технологические инвестиции».

8.1) Из работы не ясно каким образом был произведен замер температуры металла в промышленных условиях, какое использовалось оборудование, метод измерения и каков итоговый уровень погрешности полученных значений температур.

8.2) Несмотря на подробное изложение результатов, в автореферате следовало было бы более четко сформулировать конкретные рекомендации по практическому применению разработанных методик на различных типах печей.

9. Отзыв на автореферат Пера Максима Александровича – директора по производству Филиала №2 ООО «ЮГМК-ДОНЕЦК» «Енакиевский металлургический завод».

9.1) В автореферате не представлены значения критериев Био и Фурье для рассматриваемых случаев, а также коэффициентов усреднения

плотности теплового потока, что необходимо для доказательства, что ряд является быстросходящимся;

9.2) в 4-м разделе для использования в АСУ ТП было бы рациональным для каждой зоны представить одно уравнение, учитывающее не только производительность, но и размеры заготовки.

10. Отзыв на автореферат Фомина Андрея Вячеславовича – кандидата технических наук, доцента, главного специалиста по АСУТП прокатного производств ООО «Джей Эс Эй Групп».

10.1) В автореферате не показано, почему именно явная конечно-разностная схема использовалась для расчета температурного состояния металла?

10.2) Уравнения регрессии по определению температур по зонам учитывают только производительность печи и размеры заготовок и не учитывается химический состав нагреваемого металла, что может оказывать существенное влияние.

10.3) Вызывает сомнение точность детерминации близкая к единице.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается: высокой их компетентностью в области научно-практических исследований в области теоретической и прикладной теплотехники, наличием публикаций в соответствующих сферах исследования в ведущих научных изданиях РФ, достижением ими ряда фундаментальных результатов в области знаний, по которой происходила защита, значительным опытом в научно-исследовательской работе и подготовке, наличием ученых степеней.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложен нетрадиционный подход использования тепловой диаграммы И.Д.

Семикина – определение не времени обработки металла в зоне для достижения заданной среднемассовой температуры, а температуры металла, которая получена при заданной производительности печи и времени нагрева;

разработаны новые методики, позволяющие определять рациональные параметры проходных печей прокатного производства, работающих в условиях изменяющейся производительности;

разработан метод идентификации среднемассовой температуры сортовых заготовок на выдаче из печи на основе анализа текущих энергосиловых параметров первой клетки прокатного стана;

введено новое понятие квазистационарного теплового состояния металла в привязке к продольной координате печи, новые подходы определения рациональных технологических параметров проходных печей прокатного производства;

доказано, что в условиях переменной производительности квазистационарное тепловое состояние может быть достигнуто за счет определения и установления рационального температурного профиля печи.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

раскрыта взаимосвязь показателей производительности печи, температурного профиля и шага раскладки заготовок, что позволило выполнить модернизацию математической модели и получить решение задачи определения рациональных параметров процесса нагрева металла при работе печи в условиях изменяющейся производительности;

решена задача определения оптимального, с точки зрения минимизации расхода топлива, шага раскладки заготовок, который для пятизонной нагревательной печи с шагающими водоохлаждающими балками стана 390 Макеевского металлургического завода составила 0,26 поперечного размера сортовой заготовки;

установлено, что установление рационального температурного профиля печи, определенного при помощи разработанных методик, позволяет обеспечить получение металлом такого же количества теплоты, как в номинальном режиме работы;

проведена модификация математической модели и методики расчета процесса нагрева металла в проходных печах различного типа, работающих в условиях изменяющейся производительности.

Значение полученных соискателем результатов исследования для **практики** подтверждается тем, что:

разработаны методики, позволяющие:

- для проходных печей различного типа (толкательных и с механизированным подом) при заданных значениях производительности и характеристиках температурного профиля печи определять изменение температурного состояния металла для всех зон нагрева, начиная от момента загрузки до выдачи металла;

- выбрать требуемый температурный профиль печи для произвольной производительности, установление которого позволит обеспечить заданные значения параметров температурного поля металла при его нагреве и при выдаче из печи, соответствующие работе в условиях номинальной производительности печи;

- для печей с механизированным подом устанавливать связь между основными параметрами нагрева — производительностью печи, ее температурным профилем и шагом раскладки заготовок;

разработан метод идентификации среднemasсовой температуры сортовых заготовок на выдаче из печи на основании анализа текущих энергосиловых параметров первой клетки прокатного стана;

определены перспективы использования теоретических разработок на практике, в частности, получены уравнения регрессии, устанавливающие зависимость значений температур зон печи с шагающими балками стана 390 Макеевского металлургического завода от производительности печи для новых планируемых к освоению типоразмеров заготовок 100x100, 120x120 и 125x125 мм. Данная разработка принята к внедрению на Филиале №3 ООО «ЮГМК» «Макеевский металлургический завод»;

предложена конечно-разностная математическая модель процесса нагрева металла в проходной методической толкательной печи, работающей в условиях переменной производительности, которая позволяет выполнять вычисления для различного сортамента металла и произвольных параметров нагрева;

представлены рекомендации по применению результатов исследований в условиях Филиала №3 ООО «ЮГМК» «Макеевский металлургический завод».

Оценка достоверности результатов исследований выявила:

для экспериментальных исследований результаты получены в достаточном объеме и в представительных условиях эксплуатации проходных печей с использованием сертифицированной измерительной аппаратуры, обеспечивающей непрерывное измерение, обработку и запись данных в память промышленного контроллера;

теоретические исследования основываются на фундаментальных положениях теории тепломассообмена, промышленной теплотехники, математического моделирования, математической статистики и согласуются с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации; расхождение результатов экспериментальных исследований и математического моделирования не превышает 2%;

идея работы базируется на анализе и обобщении результатов экспериментальных и теоретических исследований, проводимых соискателем и другими исследователями в области повышения эффективности проходных печей различного типа;

установлено, что в рассматриваемых условиях переход на оптимальный шаг раскладки заготовок, который составляет 0,26 поперечного размера сортовой заготовки, позволяет уменьшить расход теплоты (и соответственно топлива) на 5% при производительности $P=110$ т/ч и на 15% – при производительности $P=80$ т/ч;

результаты сравнения теоретических и экспериментальных данных автора диссертационной работы с результатами, полученными ранее другими авторами, позволили обосновать необходимость определения рациональных технологических параметров проходных печей в условиях изменяющейся производительности;

использованы методы математической статистики, прямых и косвенных методов определения температуры металла на выходе из печи.

Личный вклад соискателя состоит в: определении цели и постановки задачи исследования; проведении обзора публикаций по современному подходу к нагреву металла в проходных нагревательных печах, работающих в условиях переменной производительности; выполнении математического моделирования процесса нагрева металла; разработке методик для определения рациональных технологических параметров проходных печей в условиях изменяющейся производительности; подготовке основных публикаций по теме диссертационной работы.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Посмотрите, тут у вас с правой стороны зависимость предела прочности и даны различные металлы, в том числе латунь и дюралюминий. Но ведь это же сплавы, и наверняка имеется конкретная какая-то химическая составляющая конкретного сплава. Имеет ли значение, какой конкретно химический состав у латуни здесь был приведен и у алюминия? Или это просто для любых вариантов подходит такая зависимость?

2. Что за такие резкие изменения в траектории графиков 1-го и 2-го, именно вот эти вот впадины, чем они определены, почему не гладкая для течения процесса, а именно резкая?

3. Четвёртый пункт научной новизны. На мой взгляд, здесь просто идёт декларация, что произведено развитие методов. А в чём это заключается?

4. Каким образом мы будем менять шаг заготовок, если у нас он определяется величиной шагания, то есть перемещением горизонтальных гидроцилиндров?

5. Температурный профиль вы рассматривали объемный или линейный?

6. У нас есть температура, рассчитанная по методу Фурье и по численному методу, на метод Фурье тоже численный метод?

7. В начальной зоне у вас есть достаточно серьезные расхождения. Они выравниваются далее уже по мере прогрева. Почему?

8. А как вы считаете, если мы поменяем отражательную способность свода печи, изменится скорость?

9. Ваша задача заключается ... Я хотел уточнить постановку задачи. Вы хотите, чтобы температура на выходе удовлетворяла то, чтобы получить температуру на выходе? У вас есть какая-то функция для температуры? Или вы усредненно берете?

10. Чем вы управляете, что меняет эту температуру? По сути, что вы находите?

11. Этот минимум, цифра 40 на шкале меня смущает. Там излом такой существенный, потому что у вас дискретное представление результатов, А вы говорили где-то оптимальное значение, по графику это 40, а где-то 0.26?

12. У вас зависимость параметров печей от производительности. То есть все идет вроде к прогнозу. Вы можете, используя эти данные, при разной меняющейся производительности спрогнозировать без всяких измерений, как поведет себя?

13. Скажите пожалуйста, какого типа математические модели вы использовали при ваших исследованиях?

14. Какие модели вы считаете наиболее предпочтительными для тепловых процессов?

15. С помощью конечно-разной схемы реализуются модели?

16. Вы с помощью конечно-разностной схемы какое уравнение решаете?

17. Вот, у вас есть уравнение теплопроводности, по которому вы считаете температуру нагрева заготовки. А где здесь источники тепла? Потому что граничные условия упомянуты, что какие-то есть граничные условия, но они не приведены, в общем-то, нигде. Отсюда возникает вопрос, а где же все остальное тепло? Откуда подводятся эти крайние точки заготовки.

18. У вас есть такая фраза, что регрессионные зависимости температуры от производительности позволяют значительно усовершенствовать имеющиеся АСУ ТП. АСУ — это, может быть, различные способы регулирования температуры? Как вам помогают эти регрессионные зависимости усовершенствовать АСУ ТП?

19. Скажите, пожалуйста, продольная координата, как вы определяли от 6,766 до 11,466 метров?

20. Раз у вас стационарное температурное поле, даже постоянное поле, чисто условно, почему наблюдаются ломаные линии?

21. Конечно-разностная модель. Что это такое? Вы имеете в виду метод конечных разностей, который применяется для приближённого решения системы дифференциальных уравнений?

22. Цель работы, вы как бы сформулировали, а вот об идее работы ничего не сказали. Хотелось бы услышать, какая идея работы, в чем заключается реализация этой идеи, в части научного подхода.

23. Критерии рациональности?

24. Показано, что введение нового понятия квазистационарного состояния в привязке к продольной координате... Показано или введено?, А реализовано? И второе. Доказана необходимость. Вы доказали?

25. В таблице зависимости температуры от производительности, где все уравнения по рангу, т.е. имеют соответствующий оптимум, так? Необходимо указать, что они все оптимальны, имеют экстремум.

Соискатель Турулина Ю.О. согласилась с замечаниями и ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию. На критические замечания даны следующие ответы:

1. Нет, на самом деле очень важное значение имеет химический состав. И предел текучести металла именно зависит от химического состава.

2. Представлен анализ для различных производительностей. И выбирался оптимальный с точки зрения расхода топлива шаг раскладки заготовок. То есть экстремум лежал на точке в указанной впадине. Именно поэтому получился такой изгиб, чтобы почерпнуть, где именно находился этот шаг.

3. Развитие методов заключается в том, что при работе печи с механизированным подом, работающих именно в условиях переменной производительности, разработаны три методики. Разбег этих методик заключается в том, что исследовались разные параметры, которые остаются постоянными и на которые мы можем повлиять. Рассматриваются возмущающие факторы.

4. Предполагается определить рационально шаг и уже сделать механизм для регулирования.

5. Температурный профиль линейный.

6. Этот прием представляет нам аналитическое решение задачи нестационарной теплопроводности.

7. Да, во время инерционного периода наблюдается некое расхождение. В нем невозможно учитывать факторы, так как плотность теплового потока еще не достигла центра. Поэтому здесь наблюдается некое расхождение. Но инерционный период составляет всего от нескольких секунд до нескольких минут при нагреве для различных печей. Поэтому этот период не учитывается. А в дальнейшем, по мере прогрева уже при прохождении инерционного периода, расхождение не превышает одного процента.

8. Изменится, потому что излучательные характеристики влияют на процесс нагрева.

9. Нет. Определялось именно температурное состояние металла. Температура металла в каждый момент времени. Усредненно.

10. Управляю температурой в зоне.

11. 0,26 от перечного размера заготовки (представление результата в зависимости от размера).

12. Конечно можно спрогнозировать.

13. Использовали одномерную математическую модель с применением конечно-разностной схемы (явной конечно-разностной схемы), инженерный метод.

14. Все зависит от формулировки цели, для чего мы используем эти модели. Если это просто инженерные методики, то здесь одни модели. А для подтверждения нужна более высокая точность, то это, конечно, разностные схемы, с более высокой точностью, не в одномерной, а двумерной постановке задачи.

15. Да.

16. Дифференциальное уравнение нестационарной теплопроводности.

17. Входят в граничные условия. По поверхности заготовки. Другими словами, из крайних поверхностей.

18. Нет, они могут послужить исходными данными при разработке простого и общедоступного программного алгоритма, который будет использоваться в АСУ ТП. При изменении производительности температуры в зонах печи необходимо либо поднять, либо уменьшить. И эти регрессионные зависимости помогают нам это сделать. В блоке управления.

19. Расстояние это зоны печи. Эти цифры характеризуют длины зон печи.

20. При построении графиков в программе. Исследовался процесс нагрева на каждой точке, при этом определялось действительное значение температуры в каждой точке.

21. Да, метод конечных разностей.

22. Сама идея работы – это разработка методик, позволяющих определить рациональные параметры при работе печей с переменной производительностью. Так как при работе печей с переменной производительностью металл может выходить перегретый или недогретый, с неравномерным прогревом, за счет чего могут образовываться трещины. Также необходима разработка программных алгоритмов для АСУ ТП, так как в основном используются печи иностранного производства с закрытыми для нас алгоритмами управления.

23. Критерии рациональности по удельному расходу тепла и минимальному расходу топлива. Это и есть критерии. В зависимости от производительности. Для заданной температуры металла.

24. Введено, реализовано и доказано.

25. Да, они оптимальны.

На заседании 27 февраля 2025 г. диссертационный совет 24.2.491.02 принял решение: за решение актуальной научно-технической задачи, имеющей важное значение для прокатного производства, заключающаяся в обосновании рациональных технологических параметров, обеспечивающих повышение эффективности работы проходных печей в условиях изменяющейся производительности, присудить Турулиной Ю.О. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 5 докторов наук по рассматриваемой специальности 2.4.6 Теоретическая и прикладная теплотехника (технические науки), участвующих в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 20, против – нет, нерозданных бюллетеней – 5, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного
совета 24.2.491.02,

д-р техн. наук, профессор

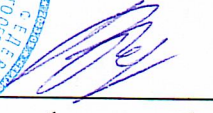



(подпись)

С.А. Калякин

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.2.491.02

д-р техн. наук, доцент


(подпись)

В.О. Гутаревич

27 февраля 2025 г.