

**Заключение диссертационного совета Д 01.016.03 на базе
Государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Донецкий национальный университет»
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета Д 01.016.03 от 23 ноября 2018 № 23

О ПРИСУЖДЕНИИ

**Бондаренко Виталию Ивановичу
ученой степени кандидата технических наук**

Диссертация «Энергоресурсосберегающие технологии при производстве высоких цилиндрических стальных слитков» по специальности 05.14.04 – промышленная теплоэнергетика принята к защите «17» сентября 2018 года, протокол № 18, диссертационным советом Д 01.016.03 на базе Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донецкий национальный университет», 283001, г. Донецк, ул. Университетская, 24 (приказ МОН ДНР № 117 от 08.02.2016 г., с изменениями согласно Приказу МОН ДНР № 442 от 25.04.2017 г.).

Соискатель – Бондаренко Виталий Иванович, 1970 года рождения, в 1993 году окончил Донецкий государственный университет по специальности «Физика» с присвоением квалификации «Физик-инженер». В 1997 году окончил аспирантуру Донецкого государственного университета по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы. Работает в должности старшего преподавателя кафедры компьютерных технологий Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донецкий национальный университет».

Диссертация выполнена на кафедре физики неравновесных процессов, метрологии и экологии им. И.Л. Повха Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донецкий национальный университет», г. Донецк.

Научный руководитель – Белоусов Вячеслав Владимирович, доктор технических наук, профессор, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донецкий национальный университет», г. Донецк, заведующий кафедрой физики неравновесных процессов, метрологии и экологии им. И. Л. Повха.

Официальные оппоненты:

1. Дремов Владимир Владимирович, доктор технических наук, профессор, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия архитектуры и строительства», г. Макеевка, профессор кафедры физики и физического материаловедения;
 2. Гридин Сергей Васильевич, кандидат технических наук, доцент, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, доцент кафедры промышленной теплоэнергетики.
- Официальные оппоненты дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Луганский национальный университет имени Владимира Даля», г. Луганск, в своем положительном заключении, подписанном на основании обсуждения и одобрения на заседании кафедры вентиляции, теплогазо- и водоснабжения 22 октября 2018 года, протокол №1, доктором технических наук, профессором Гусенцовой Яной Алимовной, утвержденном 25 октября 2018 года проректором по научной работе ГОУ ВПО «Луганский национальный университет имени Владимира Даля» д.т.н., профессором В.А. Витренко, указала, что диссертация представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу на актуальную тему

совершенствования энергоресурсосберегающих технологий при получении слитков из стали для железнодорожных колес и бесшовных труб. Новые научные результаты, полученные диссертантом, заключаются в исследовании гидродинамических и теплофизических процессов в высоких цилиндрических слитках и объяснении их влияния на величину и дислокацию закрытых и открытых усадочных раковин. Практическая ценность диссертационного исследования заключается в том, что на основании обоснованных научных результатов автор минимизировал величину раковин путем варьирования скоростью подпитки слитка через 2 минуты после окончания разливки и начала усадочных процессов; обосновал повышение скорости разливки, что приводит к уменьшению времени разливки для четырёх шестиместных поддонов примерно на 30 минут, что в свою очередь ведет к уменьшению потерь тепла в процессе разливки. Прогнозирование всех этих явлений стало возможным благодаря программному обеспечению, разработанному автором с удобным, «дружелюбным» для технолога металлургического производства интерфейсом и широкими возможностями графической визуализации процесса затвердевания. Выводы и рекомендации работы достаточно обоснованы.

Работа отвечает требованиям п.2.2 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – промышленная теплоэнергетика.

Основные результаты диссертационных исследований изложены в 16 научных работах общим объемом 20,84 п.л. (лично автору принадлежит 6,88 п.л.), из которых 9 работ опубликованы в изданиях из перечня ВАК ДНР, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 05.14.04 – промышленная теплоэнергетика (из них 3 публикации включены в Международную наукометрическую базу SCOPUS; 8 публикаций включены в наукометрическую базу РИНЦ). Обобщения результатов исследований по формированию высоких цилиндрических стальных слитков изложены в

монографии «Математическое обеспечение и компьютерные технологии для моделирования гидродинамических и теплофизических процессов в металлургии», главы 3,4,7. По результатам работы разработан и используется в учебном процессе электронный учебник «Математическое моделирование гидродинамических и теплообменных процессов в стальных слитках», на который получено свидетельство о регистрации авторского права №47898 от 19.02.2013.

Наиболее значимые работы автора по теме диссертации:

1. Недопекин Ф.В. Определение оптимальной высоты кристаллизатора в установке непрерывной разливки алюминия / Ф.В. Недопекин, В.В. Бодряга, **В.И. Бондаренко** // Теория и практика металлургии. – 2002. – № 4. – С. 24-27.
2. Белоусов В.В. Информационная система расчета задач тепломассопереноса / В.В. Белоусов, Ф.В. Недопекин, **В.И. Бондаренко**, В.А. Кравец // Математическое моделирование. – 2005. – № 2. – С. 8–14.
3. Анищенко Н.Ф. Расчет гидродинамических и теплофизических процессов в слитках трубной стали / Н.Ф. Анищенко, В.А. Шабловский, **В.И. Бондаренко**, В.В. Белоусов // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2006. – № 3. – С. 91-93.
4. Белоусов В.В. Математическая модель гидродинамических и тепломассообменных процессов для электронного учебника / В.В. Белоусов, Ф.В. Недопекин, **В.И. Бондаренко** // Математическое моделирование. – 2013. – № 1(28). – С. 44-47.
5. Белоусов В.В. Математическая модель гидродинамических и тепломассообменных процессов в агрегате ковш – печь / В.В. Белоусов, **В.И. Бондаренко**, Ф.В. Недопекин, В.В. Бодряга, Я.В. Павлов, Д.И. Габелая // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2017. – № 1(76). – С. 20-27.
6. Недопекин Ф.В. Математическая модель определения оптимальной высоты кристаллизатора в установке непрерывной разливки стали / Ф.В. Недопекин, В.В. Белоусов, В.В. Бодряга, **В.И. Бондаренко**, А.Т. Степанов //

Вестник Череповецкого государственного университета. – 2017. – № 1 (76).
– С. 74-80.

7. **Bondarenko V.I.** The mathematical model of hydrodynamics and heat and mass transfer at formation of steel ingots and castings / **V.I. Bondarenko**, V.V. Bilousov, F.V. Nedopekin, J.I. Shalapko // Archives of Foundry Engineering. – 2015. – Vol. 15. – № 1. – pp. 13-16. **(Scopus)**
8. Bazdyreva Y.A. Hydrodynamics and heat and mass transfer during formation of thin metal glass tape / Y.A. Bazdyreva, V.V. Belousov, **V.I. Bondarenko**, V.V. Bodryaga, F.V. Nedopekin, S.F. Prohorenko // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2017. – Vol. 192. – № 1. **(Scopus)**
9. **Bondarenko V.I.** Visualization of Process of Wheel Steel High Ingots Simulation / **V.I. Bondarenko**, V.V. Bodryaga, F.V. Nedopekin, V.V. Belousov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2017. – Vol. 287. **(Scopus)**

На диссертацию и автореферат поступило 5 отзывов. Все отзывы положительные.

Обзор поступивших отзывов и замечаний, содержащихся в них:

1. **Яковченко Александр Васильевич**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Обработка металлов давлением» Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет»;

Снитко Сергей Александрович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Обработка металлов давлением» Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет».

Отзыв положительный, с замечанием:

- пункты новизны носят слишком обобщенный характер. Было бы желательно сформулировать сущность представленных научных положений.

2. Шелепов Владислав Юрьевич, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела теоретических исследований в области искусственного интеллекта Государственного учреждения «Институт проблем искусственного интеллекта».

Отзыв положительный, с замечаниями:

- автор несколько раз упомянул о том, что программное обеспечение предназначается для технологов металлургического производства, но не раскрыл тему, какое место программный комплекс занимает в решении задач автоматизации предприятий, создании автоматизированных рабочих мест, что является немаловажным в свете решения проблем энергоресурсосбережения;

- имеются замечания по оформлению автореферата, например, в схеме на рисунке 1 используется мелкий неразборчивый шрифт.

3. Бабанин Анатолий Яковлевич, доктор технических наук, доцент кафедры технической эксплуатации и сервиса автомобилей, технологических машин и оборудования Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры».

Отзыв положительный, с замечаниями:

- при описании технологии разливки (разд. 4) указано, что разливка в начальный период заполнения изложниц ведется интенсивнее, чем в конце, однако донная часть изложниц на высоту 80-100 мм заполняется в течение 25-30 сек, а в дальнейшем с линейной скоростью 100-220 мм/мин, что не согласуется с утверждением автора;

- обозначения марки стали КП-2 не соответствует требованиям ГОСТ.

4. Кухарев Алексей Леонидович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры горной электромеханики и транспортных систем Стахановского учебно-научного института горных и образовательных технологий Луганского национального университета имени Владимира Даля.

Отзыв положительный, с замечанием:

- из автореферата непонятно, какого типа пирометр использовался при экспериментальных измерениях температуры расплава в изложницах, оценивались ли погрешности при измерениях температуры.

5. Тимофеев Владимир Андреевич, ведущий инженер по реконструкции технологического управления АО «Волгоградский металлургический комбинат «Красный Октябрь».

Отзыв положительный, с замечаниями:

- работа существенно бы выиграла, если бы автор рассмотрел отдельно образование усадочной раковины для трубных изделий, где внутренняя пористость не является существенным дефектом, в то время как для колесной стали этот дефект является фатальным;

- в автореферате на странице 5 в параграфе «Публикации» непонятно, то ли пропущена запятая, то ли следующее предложение начинается с цифры.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями в области научно-практических исследований по специальности 05.14.04 – промышленная теплоэнергетика, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что по своей направленности диссертационная работа соответствует паспорту специальности 05.14.04 промышленная теплоэнергетика, а именно в части:

– Теоретические и экспериментальные исследования процессов тепло- и массопереноса в тепловых системах и установках, использующих тепло. Совершенствование методов расчета тепловых сетей и установок с целью улучшения их технико-экономических характеристик, экономии энергетических ресурсов;

– Оптимизация параметров тепловых технологических процессов и разработка оптимальных схем установок, использующих тепло, с целью экономии энергетических ресурсов и улучшения качества продукции в технологических процессах.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– предложена адаптированная математическая модель на основе разработанной Донецкой школой методологии моделирования гидродинамики и тепломассопереноса в металлургических процессах для расчета разливки и формирования высоких расширенных книзу бесприбыльных слитков трубной стали и круглых слитков колесной стали, разливаемой в чугунные и стальные изложницы;

– разработана математическая модель, позволяющая рассчитывать объемы открытой и закрытой усадочной раковины для высоких цилиндрических слитков;

– предложены математическая модель и программный комплекс, которые позволяют прогнозировать и минимизировать размеры УР круглых уширенных книзу (без бокового утепления головной части) слитков путем корректировки технологических параметров их отливки;

– получено дальнейшее развитие представления об особенностях теплофизических и гидродинамических процессов при разливке и формировании высоких цилиндрических слитков трубной и колесной стали.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- изучено влияние температуры металла и скорости разливания стали на образование дефектов поверхности в виде горячих трещин и распределение в слитке дефектов усадочного происхождения;

- предложены рекомендации при производстве колесных и трубных сталей по результатам численного эксперимента на основе математической модели, базирующейся на системе нелинейных дифференциальных уравнений, описывающих процессы передачи импульса и тепла в расплаве;

- разработано программное обеспечение, которое было использовано для создания технологических процессов затвердевания слитков трубной стали на заводе Ильича (г. Мариуполь) и слитков колесной стали в ОАО «Интерпайп-НТЗ».

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

- установлено в случае трубных слитков, отливаемых в сквозные, уширенные книзу изложницы без дополнительного бокового утепления прибыльной части, что открытая усадочная раковина оказывает существенное влияние на качество внутренней поверхности труб;

- определено, что глубина усадочной раковины уширенного книзу заданного слитка без дополнительного бокового утепления при прочих равных условиях зависит от продолжительности его отливки и «подкачки». При этом влияние "подкачки" более существенно, т. к. она уменьшает более чем на 30% объем открытой, но увеличивает на 7-8% объем закрытой усадочной раковины;

- опробовано в производственных условиях сокращение времени отливки 8-ми заготовочных слитков с 16–18 мин до 10–16 мин, получены положительные результаты, в ТИ НТЗ-М-02-2006 п.7.3.8 внесены изменения по сокращению длительности отливки слитков до 14–16 мин и указанные рекомендации внедрены в производство, разработанные рекомендации проверены при изготовлении опытно-промышленных партий слитков марок КП-2 и R-7, R-8, КП-Т в объеме 1440 тонн, результаты опробования подтвердили их состоятельность;

- достигнуто сокращение продолжительности отливки слитка с 18 до 10 минут (повышение скорости разливки) при отливке транспортного металла в 8-ми заготовочные слитки, что ведёт к уменьшению времени разливки плавки-ковша (четырёх шестиместных поддонов) примерно на 30 минут;

- сокращено время разливки стали, что ведет к уменьшению тепловых потерь в процессе разливки, приводящее к: снижению температуры металла, передаваемого с печи-ковша на вакууматор; уменьшению времени нагрева металла; снижению расходов электроэнергии, что создаёт более благоприятные условия для службы и стойкости рабочей футеровки вакууматорных ковшей;

- разработано программное обеспечение, обладающее удобным, «дружелюбным» для технолога металлургического производства интерфейсом и широкими возможностями графической визуализации процесса затвердевания.

Данная технология может быть использована студентами вузов в учебном процессе для выполнения курсовых и дипломных проектов, а также в ходе изучения таких дисциплин как численные методы, моделирование систем, объектно-ориентированное программирование.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- достоверность полученных результатов обеспечивается благодаря корректно поставленной задаче и сравнению результатов численного моделирования с экспериментальными исследованиями;

- идея базируется на фундаментальных законах конвективного теплообмена, массообмена и методах вычислительной математики;

- доказано, что используемая математическая модель является адекватной теплофизическим и гидродинамическим процессам при производстве высоких цилиндрических стальных слитков в реальных условиях;

- вычислительный эксперимент показал адекватность математической модели производственным условиям с максимальной погрешностью расчетов не более 6%.

Основные результаты диссертации докладывались на более чем 30 научных конференциях, из которых можно выделить следующие:

- научно-методическая конференция «Компьютерное моделирование» (г. Днепродзержинск, 2013 г.);

- Международная научно-методическая конференция «Проблемы математического моделирования» (г. Днепродзержинск, 2010, 2012 гг.);

- региональная научная конференция «Прикладные проблемы аэрогидромеханики и тепломассопереноса» (г. Днепрпетровск, 2008, 2012 гг.);

- XIV Минский международный форум по тепло- и массообмену (г. Минск. 2012 г.);

- Международный научный семинар «Научно-технический прогресс в металлургии - 2012» (г. Череповец, 2012 г.);

- VII Международная конференция «Теплотехника и энергетика в металлургии» (г. Днепрпетровск, 2014 г.);

- VII Всероссийская конференция с международным участием «Кристаллизация: компьютерные модели, эксперимент, технологии» (г. Ижевск, 2016 г.);

- Международная конференция «Структурно-фазовые превращения в материалах: теория, компьютерное моделирование, эксперимент» (г. Екатеринбург, 2017 г.);

- Международная научно-практическая конференция «Открытые физические чтения» (г. Луганск, 2016, 2017 гг.);

- Международная научная конференция «Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности» (г. Донецк, 2016 г.).

Личный вклад соискателя состоит в том, что соискателем:

- предложена и использована для исследования адаптация математической модели для расчета разливки и формирования высоких расширенных книзу бесприбыльных слитков трубной стали и круглых слитков колесной стали, разливаемой в чугунные и стальные изложницы;

- разработаны алгоритмы расчетов и программное обеспечение для численного моделирования гидродинамических и теплообменных процессов литья и кристаллизации цилиндрических слитков с использованием утеплительных материалов, расчёта объемов открытой и закрытой усадочной раковины;

- разработана и использована библиотека модулей и классов для проектирования программного обеспечения моделирования теплофизических и гидродинамических процессов при производстве металлургических изделий;

- проведено численное моделирование влияния температуры и скорости разливки стали на распределение усадочных дефектов в слитке и образование горячих трещин;

- выполнено численное моделирование теплофизических процессов при «раздевании» круглых слитков колесной стали.

На заседании «23» ноября 2018 года диссертационный совет принял решение присудить Бондаренко Виталию Ивановичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – 0 недействительных бюллетеней – 0.

Председатель

диссертационного совета Д 01.016.03

д.т.н., профессор



В.И. Сторожев

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 01.016.03

д.т.н., профессор

В.К. Толстых

26.11.2018г.