

## ОТЗЫВ

*на автореферат Лысенковой Елены Валерьевны  
«ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАСЧЕТОВ РАСТВОРИМОСТЕЙ АЗОТА  
И НИТРИДА ТИТАНА В РАСПЛАВАХ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА.  
ПРИМЕНЕНИЕ К СТАЛЯМ, ЛЕГИРОВАННЫМ АЗОТОМ И ТИТАНОМ»,  
представленный на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.16.02– «Металлургия черных, цветных и редких  
металлов»*

Представленная работа посвящена важному вопросу обобщения и оптимизации известных из литературы экспериментальных данных по растворимости азота и условиям образования нитридов титана в жидкой стали. Автор, используя оптимизированную базу данных с новыми значениями параметров взаимодействия, добилась впечатляющих результатов прогнозирования растворимости азота и условий образования нитридов при разных температурах в широком концентрационном интервале реагентов. Погрешность прогнозирования уменьшилась в несколько раз. Полезной стороной работы является разработка программного пакета по построению изотерм, описывающих равновесие стального расплава с нитридами  $TiN$ ,  $VN$ ,  $AlN$ ,  $ZrN$ . Программа использует оптимизированные термодинамические данные и находится в открытом доступе в сети Интернет. Значительное снижение погрешности термодинамических расчетов с использованием новых параметров взаимодействия позволяет более обосновано совершенствовать технологические процессы производства качественной стали. В качестве примера практического использования рассматривается случай получения нержавеющей стали 08X18H12T с мелкодисперсной нитридной фазой. Результаты могут быть использованы для модернизации пособий и создания "советчика сталевара" для выплавки нержавеющих сталей на установках ВРВ.

В целом, работа выполнена на достаточно высоком уровне, однако имеются замечания.

1. На наш взгляд, в автореферате излишне подробно и с неточностями и повторениями (обработка данных программой Statistica) изложена методика термодинамического расчета. При первом упоминании о параметрах взаимодействия в уравнении (3) они названы «подбираемыми»

параметрами, а в аналогичном уравнении (7) «подбираемые коэффициенты для расчета параметров взаимодействия». На самом деле все это коэффициенты температурной зависимости параметров взаимодействия. Демонстрация в автореферате тривиальных интерфейсных решений программы в ИНТЕРНЕТе тоже не добавляет значимости работе.

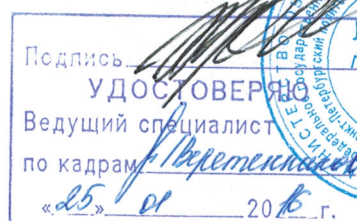
2. Несомненной практической ценностью работы являются адекватные результаты равновесия с участием азота по оптимизированным термодинамическим константам. Такие расчеты являются «ахиллесовой пятой» практически всех всемирно известных коммерческих пакетов программ для термодинамических расчетов. Однако практическая ценность расчетов в примере, описанном в автореферате, невысокая. Ведь и без расчетов понятно, что азота в исходном металле должно быть минимально возможное содержание, чтобы исключить образование нитридов в жидком и затвердевающем металле. Тут больше вопросов по кинетике вакуумного деазотирования, а мелкодисперсные нитриды образовались при внутреннем азотировании, при котором «работает» другая кинетика и термодинамика с другим параметрическим обеспечением, которые в настоящей работе не исследованы.

В целом, указанные замечания не изменяют общего положительного впечатления о работе. Считаю, что диссертационная работа выполнена на достаточно высоком уровне, соответствует требованиям ВАК, а ее автор, Лысенкова Елена Валерьевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

НИУ СПбПУ им. Петра Великого.  
Кафедра «Металлургические и  
литейные технологии». Профессор,  
профессор, д.т.н. по специальности  
05.16.02 – Metallurgy чёрных,  
цветных и редких металлов

195251, г. Санкт-Петербург, ул.  
Политехническая, 29  
E-mail: kolpishon@bk.ru

Колпишон Эдуард Юльевич



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Е.В. Лысенковой «Повышение точности расчетов растворимостей азота и нитрида титана в расплавах на основе железа. Применение к сталям, легированным азотом и титаном», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Азот в стали, рассматривавшийся в течение многих лет как вредная примесь в последние десятилетия стал использоваться и как легирующий элемент. Его влияние на свойства проявляется в способности влиять на фазовый состав и при образовании твердых растворов и при образовании упрочняющих нитридных фаз. Тенденция к поиску новых композиций и новых приемов обработки сложнолегированных сталей привлекает постоянное внимание к исследованию растворимости в них азота. В этой связи особое значение приобретает необходимость в надежных методах расчета растворимости азота в жидкой стали, влияния на нее различных легирующих элементов и растворимости нитридных фаз.

Определению растворимости азота в жидкой стали посвящено большое число публикаций и обзоров, в которых приведены и прямые экспериментальные данные, и различные уравнения для ее вычисления в зависимости от температуры и легирования. В большинстве случаев эти экспериментальные данные разрознены и в каждом отдельном случае приведены зачастую плохо сопоставимые значения, как самих данных, так и параметров приводимых уравнений. В этой связи диссертационная работа Е.В. Лысенковой посвященная критическому рассмотрению и систематизации практически всех имеющихся к настоящему времени в литературе данных о растворимости азота и нитрида титана в легированных расплавах на основе железа, безусловно, актуальна.

Главные результаты диссертации сводятся к следующим.

Созданы две общедоступных базы данных: 1) о растворимости азота в многокомпонентных расплавах железа, содержащая около 3000 данных из более чем 50 источников и 2) о растворимости нитрида титана в многокомпонентных расплавах железа, содержащая более 300 данных из почти 20 источников. Обе эти базы данных прошли государственную регистрацию.

В результате критического отбора наиболее достоверных данных и их аналитической обработки по методу Вагнера предложены значения параметров взаимодействия азота с широким спектром легирующих элементов и их

температурные зависимости. Расчеты на основе этих значений дают гораздо лучшую сходимость с экспериментальными данными по сравнению с методами расчетов, использовавшимися до сего времени.

Создана программа расчета растворимости нитридов титана, алюминия, ванадия и циркония в жидкой стали, которая размещена на общедоступном сайте Интернета. Программа основана на представленной в диссертации базе данных о растворимости нитрида титана в многокомпонентных расплавах железа и учете влияния различных легирующих элементов на коэффициент активности титана. Тщательно выполненный анализ показал, что предложенный метод расчета растворимости нитрида титана дает, в частности, для расплавов хромоникелевых сталей, хорошую сходимость с отдельными экспериментальными результатами, в отличие от расчета по широко используемой (и не общедоступной) методике Thermo-Calc.

По всей совокупности полученных в диссертации результатов, их научному и практическому значению представленная Е.В. Лысенковой работа вполне соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям, представляемым на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности "Металлургия черных, цветных и редких металлов".

Судя по автореферату, Е.В. Лысенкова представляет собой квалифицированного специалиста, владеющего современными методами физико-химического анализа металлургических систем и применением их для решения практических задач. Она вполне заслуживает присуждения искомой степени.

По автореферату можно сделать следующие замечания.

1. Параметры взаимодействия представлены для разложения коэффициента активности азота в ряд Тейлора по концентрациям легирующих элементов, выраженных в масс.%. Такой способ удобен для практики, но необходимо указывать пределы концентраций, до которых возможно применение приведенных значений параметров взаимодействия. При увеличении концентрации легирующего элемента возрастает отклонение от пропорциональности между выражением его концентрации в масс. и ат. %, что особенно проявляется для легирующих элементов с заметно отличной атомной массой от атомной массы железа – Mo, Nb, W и т.п. В результате, вычисляемые параметры взаимодействия второго порядка начинают отражать не изменение взаимодействия, а нарушение указанной пропорциональности. Это обстоятельство может привести к погрешностям при вычислениях по принципу

аддитивности растворимости азота в расплавах с несколькими легирующими элементами.

2. На рис.2б автореферата отчетливо видно систематическое отклонение в сторону более низких значений расчетных концентраций азота от экспериментальных, возрастающее с повышением концентрации азота. Такое же отклонение отмечалось в работах, посвященных растворимости азота в аустените. В этих работах было показано, что это отклонение обусловлено влиянием концентрации самого азота на его активность. По-видимому, такое же явление наблюдается и в расплавах. Введение параметра взаимодействия  $e_N^N$  позволило бы учесть указанное отклонение и улучшило бы сходимость расчетных и экспериментальных данных.

Заслуженный деятель науки  
Российской Федерации,  
профессор, доктор химических наук

И.А. Томилин

15.01.16

Томилин Игорь Аркадьевич  
119049, Москва, Ленинский просп. 4

Тел. 8-(495)-638-45-95; e-mail: [tomilin@misis.ru](mailto:tomilin@misis.ru)

Федеральное государственное автономное учреждение высшего профессионального образования "Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС".

Ведущий эксперт.



Подпись Мамкина И.В.  
заверяю  
Зам.начальника Кузнецова А.Е.  
отдела кадров МИСиС  
« 10 » 01 2016 г.

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Лысенковой Елены Валерьевны: “Повышение точности расчётов растворимости азота и нитрида титана в расплавах на основе железа. Применение к сталям, легированным азотом и титаном”, представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallurgia черных цветных и редких металлов.

Работа Е.В. Лысенковой посвящена разработке комплекса мероприятий, направленных на повышение точности термодинамических расчётов в области разработки составов и технологии производства азот и титан содержащих сталей.

Тематика работы весьма актуальна в связи с тем, что термодинамические расчёты продолжают играть важную роль в ходе конструирования составов и выборе технологии производства азотистых сталей, которые пока не заняли в машиностроении положения, соответствующего их потенциалу.

В работе диссертантом решен ряд новых научно–практических задач, применительно к выбранным сталям:

- Проведен анализ справочных и литературных данных, показана необходимость их уточнения;
- Созданы две базы уточнённых термодинамических данных;
- Разработана и размещена на общедоступном сайте программа для ЭВМ расчёта растворимости нитридов титана, алюминия, ванадия и циркония в расплавах сталей;
- На основе собственной базы данных и разработанной программы предложена и опробована в лабораторных условиях с получением запланированного результата технологическая схема получения высокоазотистой титансодержащей стали.

Научную новизну работы составляют результаты анализа имеющихся в литературе термодинамических данных в системе железо-азот-титан, нахождение взаимосогласованных параметров взаимодействия титана и азота в легированном железе и предложенный метод использования полученных в работе результатов исследования в ходе разработки технологической схемы производства реальной стали.

Практическая значимость работы обусловлена не только представленным в работе примером разработки технологии производства стали типа X18N12T содержащей 0,4% азота и 0,31% титана, но в целом продемонстрированным подходом.

Использование решений, изложенных в работе, обеспечивает сотрудникам НИИ и металлургических предприятий дополнительные возможности при создании новых азотсодержащих марок стали.

В главе 1 весьма полно рассмотрены литературные данные, касающиеся взаимодействия в системе железо-легирующий элемент-азот. Главы 2 и 3 посвящены созданию баз данных о растворимости азота и нитрида титана соответственно в легированных расплавах железа. Путём статистической обработки баз данных были найдены параметры взаимодействия первого и второго порядка для азота и титана. В главе 4 представлена разработанная программа для ЭВМ условий образования нитридов N, Al, V, Zr в железе. Глава 5 содержит пример использования расчётных возможностей, полученных в работе, для прогноза растворимости TiN в реальной стали.

В реферате постоянно используется термин «растворимость нитрида титана», хотя хорошо известно, что нитриды не растворяются в металле, а могут распадаться и затем в металле могут растворяться отдельно азот и титан

В целом диссертационная работа Лысенковой Елены Валерьевны: «Повышение точности расчётов растворимости азота и нитрида титана в расплавах на основе железа. Применение к сталям, легированным азотом и титаном» представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным п.9 «Положение о присуждении ученых степеней», а её автор Лысенкова Елена Валерьевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Металлургия черных, цветных и редких металлов.

Заведующий лабораторией № 3 физикохимии  
и технологии переработки железорудного  
сырья к.т.н.

В.Г.Дюбанов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ им. А.А. Байкова  
Российской академии наук (ИМЕТ РАН) 119991, ГСП-1, Москва,  
Ленинский пр., 49, Тел. (499) 135-20-60, 135-86-11; факс: 135-86-80,

E-mail: [imet@imet.ac.ru](mailto:imet@imet.ac.ru) <http://www.imet.ac.ru>

Подпись В.Г. Дюбанова удостоверяю.

Учёный секретарь ИМЕТ РАН, к.т.н.



О.Н. Фомина

## ОТЗЫВ

*на автореферат диссертации Лысенковой Елены Валерьевны: «Повышение точности расчётов растворимости азота и нитрида титана в расплавах на основе железа. Применение к сталям, легированным азотом и титаном», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия черных цветных и редких металлов.*

Работа посвящена важной проблеме – повышению точности термодинамических расчетов процессов с участием азота и нитрида титана в расплавах на основе железа. Актуальность тематики работы связана с высоким значением термодинамических расчетов для разработки новых технологий получения сталей с повышенными эксплуатационными свойствами. Разработка элементов технологической схемы твердофазного азотирования сталей, может быть важной для получения тонкостенных труб с более высокими прочностными характеристиками.

Следует особо отметить следующие результаты работы:

- Создание баз данных о растворимостях азота и нитрида титана в расплавах на основе железа;
- Доступность баз для общего пользования;
- Получение новых расчетных параметров, которые позволяют более точно рассчитать растворимость азота в двухфазной и трехфазной (с нитридом титана) областях. Адекватность полученных параметров подтверждена сравнением с экспериментом;
- С помощью разработанной программы упрощены расчеты растворимостей азота в расплавах на основе железа; важно, что программа также общедоступна для пользователей

По работе можно сделать следующие замечания:

1. Для рассмотренной в работе стали типа Х18Н12Т задача повышения прочности не является актуальной. В связи с этим не совсем понятен выбор именно этой марки стали;

2. В работе не исследовано изменение механических и коррозионных свойств стали после легирования азотом.

В целом диссертационная работа Лысенковой Елены Валерьевны: «Повышение точности расчётов растворимости азота и нитрида титана в расплавах на основе железа. Применение к сталям, легированным азотом и титаном» представляет собой научно–квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным п.9 «Положение о присуждении ученых степеней», а её автор Лысенкова Елена Валерьевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов.

**Заместитель Генерального директора**

**- Главный инженер ПАО «ТМК»**

**К.Т.Н.**



**Клачков А.А.**

## ОТЗЫВ

На автореферат Лысенковой Елены Валерьевны «Повышение точности расчетов растворимости азота и нитрида титана в расплавах на основе железа применительно к сталям, легированным азотом и титаном».

Производство легированной стали, содержащей титан и повышенные концентрации азота усложняется тем, что высокое сродство титана к азоту приводит к образованию включений нитридов титана при разливке и кристаллизации металла, поэтому повышение точности термодинамических расчетов растворимости азота в легированных расплавах системы Fe-Ni-Cr-Ni-N является актуальной задачей, которая решается в диссертации Лысенковой Е.В.

В автореферате грамотно сформулированы пункты научной новизны и практической значимости работы.

Диссертантом собрано большое количество (>2500) экспериментальных точек азота по литературным данным. Первичная обработка этих данных методом наименьших квадратов позволила выявить ряд точек, результаты которых выходили за пределы интервала  $3\sigma$  и были отброшены как промахи. В результате получены взаимосогласованные массовые параметры взаимодействия азота 1-го и 2-го порядка с 15 компонентами в расплавах на основе железа и их температурные зависимости.

Подобным образом получены взаимосогласованные температурные зависимости массовых параметров взаимодействия титана 1-го и 2-го порядка с 7 компонентами в расплавах на основе железа.

Разработана программа расчета условий образования нитридов титана, алюминия, ванадия и циркония. Программа размещена на общедоступном сайте.

По предложенным в работе уравнениям рассчитаны и построены кривые растворимости азота в зависимости от концентрации титана в сталях X18H12 и X20H20. Экспериментальные точки тесно расположились около расчетных кривых. Это наглядно показывает надежность рекомендованных автором параметров взаимодействия азота и титана.

По работе можно сделать следующее замечание.

В автореферате на с.10 в уравнении (5) и константе равновесия (6) для азота и титана приняты разные стандартные состояния, разные способы выражения концентраций и коэффициентов активности компонентов в одном и том же растворе. Этот подход исключает использование уравнений классической теории растворов: энергии Гиббса раствора, относительных и избыточных химических потенциалов компонентов, уравнения Гиббса-Дюгема.

Это замечание не влияет на положительную оценку диссертационной работы. Диссертационная работа является законченным исследованием и соответствует требованиям ВАК к диссертациям по техническим наукам, диссертант Лысенкова Е.В. заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Падерин С.Н.

доктор технических наук, профессор

АО «Металлургический завод «Электросталь»

*Подпись*

*Буднев Падерина С.Н. заверяю*

*Директор по общим вопросам*



*Подпись*  
Катырев С.В.

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Лысенковой Е. В. «Повышение точности расчетов растворимости азота и нитридов титана в расплавах на основе железа. Применение к сталям, легированным азотом и титаном», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов

Управление прецизионным легированием стали азотом и титаном является важной и актуальной задачей при разработке технологии получения высокоазотистых сталей и ее реализации на практике. Сложность этого управления обусловлена, в том числе, отсутствием надежных теоретических зависимостей, позволяющих рассчитывать с необходимой точностью растворимость азота и нитридов титана в сталях разной композиции при определенных значениях давления азота и температуры.

Поэтому работа Лысенковой Е.В. является актуальным и практически полезным исследованием.

В работе выполнен системный анализ большого массива результатов экспериментов и созданы базы данных о растворимости азота и нитрида титана в легированных расплавах железа. На основе этих баз данных определены соответствующие наборы взаимосогласованных параметров взаимодействия азота, титана, а также начальный коэффициент активности титана в железе. Использование полученных параметров позволяет значительно повысить точность расчетов растворимости азота и нитрида титана, что дает ключ к повышению эффективности разработки технологий получения сталей легированных этими элементами.

Для большего удобства технологов автор трансформировал результаты своего исследования в компьютерную программу, рассчитывающую растворимость нитридов титана, ванадия, алюминия и циркония в сталях с варьируемой композицией и температурой.

Не ограничиваясь использованием литературных экспериментальных данных, автор выполнил проверку полученных в настоящей работе параметров взаимодействия путем прогноза растворимости нитридов титана в реальных сталях. Сравнение полученных результатов с экспериментальными подтвердило высокую точность расчетов, на основании которых был научно обоснован способ получения тонколистовой стали, легированной титаном и азотом и не содержащей грубых нитридов.

На мой взгляд, в представленной работе было бы также полезно выполнить экспериментальную проверку полученных автором взаимосогласованных параметров для расчета растворимости азота в стали – учитывая актуальность задачи получения высокоазотистых сталей с плотным слитком.

В целом, диссертационная работа Лысенковой Е. В. по актуальности, научной новизне, практической значимости, достоверности выводов соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Лысенкова Е.В. – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Генеральный директор  
ООО «Металлургическая лаборатория»  
канд. техн. наук



А.А. Алексеенко

## Отзыв

на автореферат диссертации инженера Лысенковой Е.В. «Повышение точности расчетов растворимостей азота и нитрида титана в расплавах на основе железа. Применение к сталям, легированным азотом и титаном», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Азот, как легирующий элемент, эффективно повышает уровень прочности сталей, их коррозионную стойкость, стабильность аустенита при охлаждении и пластической деформации. В последнее время все большее распространение получают композиции с содержанием азота от 0,1 % и до 0,9 - 1,2%.

Одной из основных проблем при разработке сталей, легированных азотом, является ограниченная растворимость азота в твердых растворах на основе железа. Поэтому, при создании новых высокоазотистых композиций заданного фазового состава, – важнейшей задачей является определение максимально возможного уровня содержания (растворимости) азота в металле в виде твердого раствора или упрочняющих фаз. Применение наиболее точных данных при расчетах и проведение технологических операций в процессе легирования металла азотом, его разливке и затвердевании на основании этих расчетов, позволит избежать таких дефектов как газовая пористость и грубые включения, особенно для композиций с титаном. Поэтому получение уточненных, достоверных термодинамических характеристик, необходимых для расчетов растворимости азота в металле и определения условий образования нитридов, их роста, стабилизации или растворения, очень важно для производства сталей, легированных азотом. Кроме того, повышение точности расчетов при соблюдении правил проведения технологических операций при выплавке стали, на заводе приведет к уменьшению брака по химическому составу.

Поэтому работа, посвященная повышению точности расчетов растворимости азота и нитрида титана в применении к сталям, легированным азотом и титаном является весьма важной и актуальной задачей.

Представленную работу отличает сочетание термодинамических расчетов, и лабораторных исследований, что повышает ценность представленных к защите материалов.

Автор работы продемонстрировал свободное владение современными методами статистической обработки полученных данных, а также методами физико-химических исследований, химического и фазового анализа.

В качестве новых научных результатов нужно отметить, что для расплавов на основе железа, легированных азотом, получен набор взаимосогласованных параметров взаимодействия азота, применение которых для расчетов растворимости азота, позволило повысить их точность.

Создана база данных по растворимости нитрида титана в многокомпонентных системах на основе железа, получен набор взаимосогласованных параметров взаимодействия титана и начальный коэффициент активности титана.

Практическая ценность работы заключается в том, что разработаны базы данных по растворимости азота и нитрида титана в двойных, тройных и многокомпонентных системах на основе железа. Получено три Свидетельства о регистрации баз данных в Государственном реестре интеллектуальной собственности. Разработан в лабораторных условиях способ получения тонколистовой стали легированной азотом и титаном не загрязненных крупными нитридами и их скоплениями.

Однако стоит обратить внимание на то, что данные расчетов по сталям X18H12T и X20H20T представлены не корректно: так как содержание титана в обеих сталях, согласно табл.4, может достигать 0,9%, а расчеты, представленные графически на рис.7, выполнены до 0,5%.

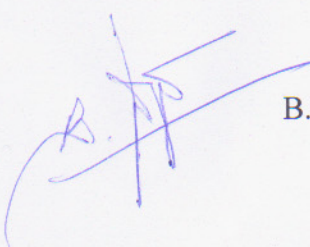
Представленные расчеты показывают, что нитриды титана в многокомпонентной системе на основе железа, образуются уже в жидкой фазе при содержаниях азота меньше 0,01% и титана на уровне 0,1%. В процессе затвердевания и дальнейшего охлаждения эти нитриды будут только укрупняться, образуя в твердом металле крупные включения или их колонии. В автореферате не представлены данные, которые показали бы возможность какого либо термодинамического воздействия на стабилизацию этих нитридов. И можно ли получить сталь с высоким содержанием азота и титана без крупных нитридов и их скоплений, не прибегая к способу высокотемпературного твердофазного азотирования?

В работе отмечено, что в процессе высокотемпературной выдержки стали в атмосфере азота, наблюдали рост включений от 0,1-0,3 мкм до 0,3-0,5 мкм, но не показано что же при этом происходит с зерном аустенитной стали?

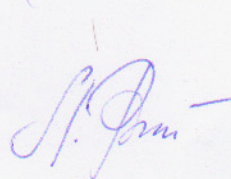
В целом диссертационное исследование Лысенковой Е.В. является законченной научно-исследовательской работой, выполненной автором на высоком научном уровне. Полученные результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Результаты работы достаточно полно отражены публикациями в журналах, входящих в перечень ВАК и представлены на конференции.

Диссертация «Повышение точности расчетов растворимостей азота и нитрида титана в расплавах на основе железа. Применение к сталям, легированным азотом и титаном» соответствует требованиям ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Лысенкова Елена Валерьевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02-«Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Научный руководитель ИМИМ  
профессор, доктор технических наук

  
В.С. Дуб

Ведущий научный сотрудник  
АО «НПО «ЦНИИТМАШ»  
кандидат технических наук

  
Л.Г. Ригина

Подписи научного руководителя ИМИМ,  
профессора, д.т.н Дуба В.С. и  
ведущего научного сотрудника, к.т.н Ригиной Л. Г. заверяю

Ученый секретарь ОАО «НПО «ЦНИИТМАШ»

  
М.А. Бараненко

