

Учёному секретарю  
диссертационного совета  
Д 212.132.02 при НИТУ «МИСиС»  
доц., к.т.н. Колтыгину А.В.

---

119049, г. Москва,  
Ленинский проспект, д. 4,  
Учёный совет

**ОТЗЫВ**  
**на автореферат диссертации**  
**Емельянова К.И.**  
**«Системный анализ неравновесной кристаллизации углеродистых и**  
**низколегированных сталей для прогнозирования их структурной и химической**  
**микронеоднородности»,**  
**представленной на соискание ученой степени**  
**кандидата технических наук**  
**по специальности 05.16.04 – «Литейное производство»**

Современное развитие технологий высококачественного литья стали возможно только при сочетании экспериментальных исследований с компьютерным анализом условий формирования отливок. Использование компьютерных моделей позволяет проводить системный анализ взаимосвязанных кристаллизационных процессов для исследования формирования микроструктуры и дендритной ликвации, что является актуальной научно-технической задачей.

Научная новизна исследования связана с изучением системного взаимодействия основных факторов, определяющих изменение температуры металла, состава и переохлаждения расплава, темп выделения твёрдой фазы, параметры локальной дендритной структуры и микромасштабной химической неоднородности различных компонентов в процессе неравновесной кристаллизации стали, выявлении кинетики изменения междоусных промежутков вторичных дендритных ветвей в результате их диффузионной коалесценции, проведённым анализом вероятности её различных механизмов и разработкой модели диффузионно-контролируемой дендритной ликвации.

Разработанное программное обеспечение к моделирующим системам «Polycast» и «Polytherm» для проведения анализа структуры и химической микронеоднородности стали в отливках составляет практическую ценность работы.

Научные результаты достаточно широко освещены в открытой печати, но, к сожалению, не защищены авторскими свидетельствами на программу для ЭВМ.

Из автореферата не ясно в чём заключается методика исследования кинетики изменения междоусных промежутков вторичных дендритных ветвей в результате их диффузионной коалесценции.

Представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, решает важную задачу в области оценки кристаллизационных процессов стали, отвечает требованиям ВАК РФ о порядке присвоения учёных степеней, а её автор, Емельянов Константин Игоревич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.



Иван Николаевич Ерда  
У, каф. МилП, 123

Иван Николаевич Ермаков

ВЕРНО  
БЕД. ДОКУМЕНТОРЕД  
О.В. ГРИШИНА

## О Т З Ы В

на автореферат диссертации Емельянова К.И.

«Системный анализ неравновесной кристаллизации углеродных и низколегированных сталей для прогнозирования их структурной и химической неоднородности», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук

Вопросы кристаллизации стали всегда привлекали внимание материаловедов, особенно литейных сплавов, поскольку они определяли комплекс физико-механических характеристик отливок и заготовок. Поэтому моделирование процессов кристаллизации, позволяющих оптимизировать структуру, а следовательно и свойства отливок представляются весьма актуальными.

Автором поставлены и успешно решены весьма сложные задачи создания системной модели, условий перитектического превращения в зависимости от теплоотвода, химического состава стали, условий формирования дендритной структуры, ликвации и др. важных аспектов.

Автором средствами компьютерного моделирования изучено системное взаимодействие факторов, определяющих изменение температуры металла, его состава, темп кристаллизации, химической неоднородности, разработана модель диффузионно-контролируемой дендритной ликвации.

В результате этих работ разработано программное обеспечение с целью технологического анализа микронеоднородности по структуре и химическому составу в отливках.

Предложенные модели кристаллизации применены при анализе формирования структурной и химической неоднородности при кристаллизации литой заготовки. И хотя автор подробно останавливается на анализе данных, полученных по результатам моделирования и утверждает, что с помощью дополнительных программ «Polycast» и «Polyterm» обеспечивается полное информационное обеспечение разработанной им модели для прогнозирования



структурной и химической микронеоднородности, все же желательно было бы удостовериться в справедливости этого утверждения экспериментально хотя бы на упомянутой в автореферате литой заготовке массой 560 кг из стали 30ХМЛ. Хочется надеяться, что такая работа будет сделана.

Желательно, чтобы результаты работы были использованы при разработке технологических инструкций на производство отливок на предприятиях.

Несмотря на этот недостаток, считаю что работа выполнена на высоком научном уровне, основные результаты и выводы не противоречат известным положениям кристаллизации слитков, а ее автор Емельянов Константин Игоревич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.04 – «Литейное производство».

Доктор технических наук,  
профессор



**В.А.Малышевский**



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Емельянова Константина Игоревича  
«Системный анализ неравновесной кристаллизации углеродистых и  
низколегированных сталей для прогнозирования их структурной и  
химической микронеоднородности»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических  
наук по специальности 05.16.04 – «Литейное производство»

Существующие программные комплексы моделирования процессов заполнения литейной формы расплавом позволяют вполне корректно решать гидравлические и тепловые задачи. Моделирование же получаемой литой структуры базируется на рассмотрении задачи формирования отливки на теплокинетическом уровне, и, несмотря на реализованные в современных программных комплексах постпроцессоры, все еще связано с существенными сложностями.

Рецензируемая диссертационная работа Емельянова К.И. посвящена решению указанной актуальной для литейного производства проблемы.

Автором изучены и критически анализируются известные достижения и теоретические положения в области моделирования диффузионных, тепловых и кристаллизационных процессов, протекающих на микро- и мезоуровнях в отливке.

Диссертантом получен ряд результатов, имеющих научную новизну. Так, средствами компьютерного моделирования осуществлен системный анализ влияния комплекса металлургических и технологических факторов на процесс формирования кристаллической структуры и микроликвации в стали. Предложена методика исследования влияния на микроструктуру диффузионной коалесценции и проанализирована вероятность реализации механизмов этого процесса, а также его вклад в формирование конечной структурной микронеоднородности стали.

Научные результаты, полученные в работе, послужили основой для принципиально качественного повышения функциональности программного обеспечения для моделирования литейных процессов в области практических расчетов характеристик кристаллической структуры реальных отливок. Хорошее согласование расчетных результатов, полученных в ходе моделирования, и опытных данных, определенных методами металлографического и микрорентгеноструктурного анализа, свидетельствует об адекватности предложенной математической модели.

Рецензируемая диссертационная работа имеет несомненное практическое значение, открывает новые возможности для прогнозирования влияния важнейших технологических факторов на формирование и, как следствие, комплекс служебных характеристик литых изделий.

Целесообразно отметить, что в автореферате диссертации четко не сформулированы области применимости разработанных моделей по кругу моделируемых сплавов, их структурному и фазовому составу. Планомерен вопрос: возможно ли распространение предложенных в диссертации моделей для анализа кристаллизации, в частности, высоколегированных сталей и цветных сплавов?

Указанное замечание не снижает общей ценности диссертационной работы и не влияют на полученные в ней главные теоретические и практические результаты.

Автореферат написан грамотным и доступным для понимания языком, достаточно полно содержание проведенных исследований и отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней. Работа является законченной и выполнена автором самостоятельно на высоком теоретическом и практическом уровне.

На основании изложенного полагаю, что рецензируемая диссертационная работа соответствует требованиям ВАК Минобрнауки России, а соискатель Емельянов Константин Игоревич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.04 – «Литейное производство».

Доцент кафедры  
«Машины и технология  
литейного производства»  
ФГБОУ ВПО «УГАТУ»,  
канд. тех. наук

Мамлеев Р. Ф.





## О Т З Ы В

на автореферат диссертации **Емельянова Константина Игоревича**  
«Системный анализ неравновесной кристаллизации углеродистых и низколегированных сталей для прогнозирования их структурной и химической микронеоднородности», представленного на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.04 – «Литейное производство»

Повышение качества литейной продукции из углеродистых и низколегированных сталей на основе совместного использования экспериментальных исследований и компьютерного анализа несомненно является актуальным и перспективным в литейном производстве.

Научная новизна работы, на наш взгляд, заключается, в том, что исследовано системное взаимодействие основных технологических факторов на параметры, характеризующие структурную и химическую неоднородности в процессе неравновесной кристаллизации стали.

В плане практической значимости следует отметить разработанное программное обеспечение для технологического анализа процесса кристаллизации углеродистых и низколегированных сталей.

Представленная работа имеет комплексный характер и логическую завершенность. В работе получены научно-технические результаты, позволяющие повысить качество литейной продукции из углеродистых и низколегированных сталей

Результаты работы достаточно полно освещены в открытой печати. По материалам исследования опубликовано 16 научных работ, в т.ч. 7 статей опубликованы в ведущих научных журналах, рекомендуемых ВАК для опубликования результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

В качестве замечаний по автореферату можно отметить следующие:

1) из автореферата не ясно, возможно ли использование созданного программного обеспечения для прогнозирования усадочной пористости в замкнутых междендритных объемах?

2) где результаты исследований нашли практическое применение в литейном производстве?

Указанные замечания не снижают научной и практической значимости диссертации. Квалификационная работа Емельянова К.И. «Системный ана-



лиз неравновесной кристаллизации углеродистых и низколегированных сталей для прогнозирования их структурной и химической микронеоднородности» является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований в области литейного производства углеродистых и низколегированных сталей изложены научно обоснованные технические и технологические разработки, имеющие существенное значение для экономики страны. В работе Емельянова К.И. присутствуют все необходимые элементы квалификационных требований, предъявляемых ВАК к кандидатским диссертациям, поэтому **Емельянов Константин Игоревич** заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.04 – Литейное производство.

Заведующий кафедрой «Литейное производство»

ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный

университет», д-р техн. наук

/С.В. Беляев/

Подпись Беляева С.В. заверяю

Документовед общего отдела.

Малахова Е.А.

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель

Генерального директора –

Технический директор

В.В.Коновалов

«19» 12 2014 г.



### ОТЗЫВ

**ОАО "Звезда" на автореферат диссертации Емельянова Константина Игоревича, выполненной на тему: «Системный анализ неравновесной кристаллизации углеродистых и низколегированных сталей для прогнозирования их структурной и химической микронеоднородности» и представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук**

В диссертации Емельянова К.И., разработана и реализована в виде программного обеспечения системная модель процесса формирования структурной микро неоднородности и на её основе проведены исследования дендритной ликвации при неравновесной кристаллизации сталей с перитектическим превращением.

*Актуальность темы* диссертационной работы обусловлена возможностью повышения качества металла путем регулирования дендритной структуры на основе учета широкого круга факторов с помощью численных моделей. В научном плане актуальность работы обусловлена системным подходом к разработке модели, которая обеспечивает учет различных факторов и их совместное влияние на исследуемый процесс.

*Целью работы* является разработка и компьютерная реализация системной модели процесса формирования структурной микро неоднородности, а также анализ дендритной ликвации при неравновесной кристаллизации сталей с перитектическим превращением.

*Научная новизна.* В диссертационной работе разработана модель диффузионно-контролируемой дендритной ликвации сплавов сталей в условиях неравновесного характера перитектического превращения, которая описывает кинетику взаимосвязанных теплофизических, кристаллизационных и диффузионных процессов под воздействием металлургических и технологических факторов. Выполнены исследования по системному взаимодействию основных факторов в процессе неравновесной кристаллизации стали, выявлена кинетика изменения междоусных промежутков вторичных дендритных ветвей в результате их диффузионной



коалесценции, а также выполнен анализ вероятности различных механизмов диффузионной коалесценции дендритных ветвей и установлен их вклад в формирование конечной структурной микронеоднородности стали.

**Практическая значимость** работы определяется тем, что на основе разработанной системной модели разработано программное обеспечение, ориентированное на совместную работу с уже существующими пакетами программ моделирования затвердевания и фазовых превращений в многокомпонентных сплавах и обеспечивающее технологический анализ структурной и химической микронеоднородности стали в отливках в интересах повышения качества выпускаемой продукции.

**Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций** автор подтверждает удовлетворительным совпадением результатов моделирования с экспериментальными данными, полученными на специализированном оборудовании и с помощью апробированных и аттестованных методик, а также с опубликованными справочными данными. В работе использованы физически обоснованные допущения и предположения, а также отсутствуют противоречия между новыми теоретическими положениями, разработанными в диссертации и известными результатами исследований.

Автореферат диссертации написан ясным, технически грамотным языком, раскрывающим в достаточной мере объем выполненных исследований и полученные результаты.

Результаты диссертационной работы опубликованы в научных журналах, рекомендованных ВАК, и прошли апробацию на Российских научно-технических и научно-практических конференциях.

По автореферату диссертационной работы следует отметить следующие замечания:

1. Из текста автореферата не вполне ясно, какое место занимают и как взаимосвязаны представляемые автором на защиту модели в системной модели процесса заявленной в названии и в цели диссертационной работы.
2. В тексте автореферата не указано, какие именно новые теоретические положения в выносимых на защиту моделях разработаны лично автором, и чем они отличаются от аналогичных.
3. В тексте автореферата указано (в т.ч. стр.16,19), что адекватность разработанных моделей подтверждена путем сопоставления расчетных и экспериментальных данных, однако количественно степень совпадения не указана.

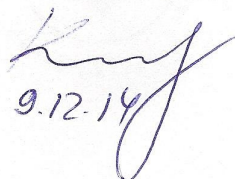
Несмотря на указанные недостатки, диссертация Емельянова К.И. удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатской



диссертации, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.04 – "Литейное производство".

Отзыв составил:

Главный металлург ОАО «Звезда»

 А.Г.Конюхов  
9.12.14



# БАЛТИЙСКИЙ ЗАВОД

СУДОСТРОЕНИЕ

РОССИЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, 199106, КОСАЯ ЛИНИЯ, ДОМ 16, КОРПУС 1, ЛИТЕР Б  
ОГРН 1117847498670, ИНН 7801560631, КПП 780101001, Т. (812) 324 94 35, Ф. (812) 327 71 90  
ОКПО 30690002, E-MAIL: INFO@BZ.RU, HTTP://WWW.BZ.RU

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы К.И.Емельянова  
«Системный анализ неравновесной кристаллизации  
углеродистых и низколегированных сталей для прогнозирования  
их структурной и химической микронеоднородности»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.16.04 «Литейное производство»

Задача повышения качества слитков и отливок, получаемых с помощью различных металлургических технологий, путем совершенствования их конструктивных и технологических параметров, является весьма актуальной, поскольку большое число технологических режимов и конструктивных решений в этой области получены на основе эмпирического поиска. В современных условиях технологической модернизации они нуждаются в оптимизации на основе системного подхода и количественного анализа физико-химических процессов при их реализации. Использование в диссертационной работе К.И.Емельянова для решения этих задач современных компьютерных моделей позволило успешно применить сложные вычислительные процедуры, что делает рецензируемую работу весьма актуальной по тематике и объектам исследования, а также по применяемым средствам анализа на всех этапах работы.

Диссертантом не только удачно определено наиболее эффективное направление, реализующее такой подход, – математическое моделирование и компьютерный анализ технологических процессов, но и осуществлен выбор объекта исследования – процесса кристаллизации углеродистых и низколегированных сталей, который системно объединяет сложные и технологически важные процессы теплообмена и диффузии при формировании структуры материалов с существенно различными физико-химическими и термодинамическими характеристиками.

В диссертационной работе К.И. Емельянова осуществлен синтез оригинальной системы моделей и дано численное решение ряда сопряженных задач, актуальных для поставленной в работе цели – компьютерного анализа процесса кристаллизации литейных сплавов. В их числе – задачи эволюции дендритной структуры и развития микроликвации в многокомпонентных сплавах при перераспределении компонентов сплава между фазами в зависимости от скорости кристаллизации и положения на диаграмме состояния. Результаты компьютерного анализа, иллюстрируемые расчетными данными по локальному распределению междоусных промежутков дендрита и ликвации компонентов в объеме дендритной ячейки и полученными диссертантом при проведении натурных экспериментов, позволили выявить важную роль взаимодействия диффузионных и кристаллизационных процессов в формировании неравновесного выделения твердой фазы и изменения состава жидкой фазы в ходе коалесценции дендритных ветвей, определяющей конечную микроструктуру литого металла.



Использование математического моделирования, в том числе – его особой разновидности – метода Монте-Карло, позволило К.И. Емельянову установить ряд ранее неизвестных сторон процесса дендритной кристаллизации, в частности – ее параравновесный характер в многокомпонентных перитектических сплавах, оценить значительный масштаб локальной неоднородности дендритных ячеек и выявить существенно различный вклад известных механизмов коалесценции при кристаллизации стали. Важным результатом работы является наглядно представленная в автореферате (на примере крупной стальной отливки) возможность увязки системного анализа мезо- и микро-масштабных условий формирования структурной и ликвационной неоднородности литого металла с макро-масштабным характером затвердевания литой заготовки. Это позволяет автору сделать обоснованные выводы об их взаимном влиянии и возможности на этой основе выбора рациональных технологических режимов формирования отливок.

По материалам автореферата можно сделать ряд замечаний:

- из текста автореферата не ясно, в какой мере результаты работы могут быть соотнесены с условиями затвердевания отливок преимущественно в неметаллических формах и не могут использоваться для анализа структуры слитков стали, получаемых в изложницах;
- принятые в работе допущения, при которых получены представленные в автореферате выводы, в силу его вынужденной краткости не приведены, в связи с чем желательно указать первоочередные направления исследований, проведение которых сделает возможным соответствующую корректировку системной модели и ее прямое использование для технологического анализа условий затвердевания широкой номенклатуры отливок.

Диссертационная работа К.И. Емельянова демонстрирует новые возможности эффективного применения численного моделирования сопряженных процессов кристаллизации при формировании металлургических объектов. По новизне и эффективности решения поставленной задачи, высокому научному уровню и значимости полученных результатов работа вполне отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.04 «Литейное производство».

Главный металлург  
ООО «Балтийский завод – Судостроение»  
кандидат технических наук



*[Handwritten signature]*  
08.12.14

Е.С. Мурзин



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему: «Системный анализ неравновесной кристаллизации углеродистых и низколегированных сталей для прогнозирования их структурной и химической микронеоднородности», выполненный

Емельяновым Константином Игоревичем

Известно, что механические и другие характеристики литого металла существенно зависят от микроструктуры, которая формируется при первичной кристаллизации. Использование статистических моделей для изучения процессов кристаллизации не всегда оправдывает себя, а прогнозирование ликвации в стали носит еще более непредсказуемый характер. Использование современных компьютерных средств для системного анализа процессов, протекающих в процессе кристаллизации, а также практических данных, вполне может обеспечить более точное прогнозирование как структуры металла, так и химической микронеоднородности.

Поставив целью работы разработку и компьютерную реализацию системной модели формирования структурной микронеоднородности и анализ дендритной ликвации при неравновесной кристаллизации сталей с перитектическим превращением, автор решил несколько актуальных задач:

- созданный программный комплекс, реализует совместное решение системы дифференциальных уравнений, описывающих сопряженное протекание тепловых, кристаллизационных и диффузионных процессов в многофазной системе в результате неравновесных фазовых превращений, что дало возможность выявить основные факторы, определяющие ход исследуемых процессов, и их системные взаимосвязи;
- для системного анализа процесса кристаллизации стали сформировал двухэтапную физическую и математическую модель эволюции первичной структуры; компьютерная реализация этой модели подтвердила ее количественное согласие с литературными данными и возможность количественного прогнозирования на ее основе структурной и химической неоднородности дендритной структуры стали;
- с использованием метода Монте-Карло выполнен вероятностный анализ развития дендритной структуры на этапе возникновения вторичных ветвей и в процессе их диффузионной коалесценции.

Научная новизна работы состоит в том, что средствами компьютерного моделирования изучено системное взаимодействие основных факторов, определяющих изменение температуры металла, состава и переохлаждения расплава, темп выделения твердой фазы, параметры локальной дендритной структуры и микромасштабной химической неоднородности различных компонентов в процессе неравновесной кристаллизации стали; предложена методика и выявлена кинетика изменения междоусных промежутков вторичных дендритных ветвей в результате их диффузионной коалесценции; разработана модель диффузионно-контролируемой дендритной ликвации в условиях неравновесного характера перитектического превращения и исследованы особенности распределения компонентов стали в зависимости от интенсивности теплоотвода, эволюции размеров дендритных ячеек и неоднородности микроструктуры.

Практическая значимость работы состоит в том, разработано программное обеспечение, ориентированное на совместную работу с пакетами моделирования затвердевания литых заготовок «Polycast» и термодинамического моделирования фазовых превращений в многокомпонентных сплавах «Polytherm» с целью технологического анализа структурной и химической микронеоднородности стали в отливках.

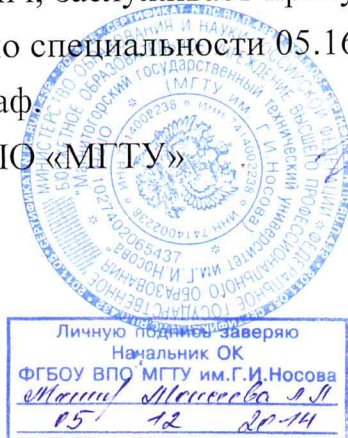
Материалы работы не только доложены на различного рода научных конференциях, но и достаточно широко опубликованы в печати (7 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ).

Работа представляет собой законченное научное исследование, представляющее интерес в литейном производстве и отвечает всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Емельянов Константин Игоревич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.04 –литейное производство.

Д.т.н., профессор каф.

ЛП и М ФГБОУ ВПО «МГТУ»

В.П. Чернов





## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Емельянова Константина Игоревича  
«Системный анализ неравновесной кристаллизации углеродистых и низколегированных сталей для прогнозирования их структурной и химической микронеоднородности»,  
представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по  
специальности 05.16.04 – Литейное производство

Диссертационная работа Емельянова К. И. посвящена актуальной проблеме формирования микроструктуры и оценке параметров дендритной ликвации при кристаллизации углеродистых и низколегированных сталей.

Для достижения поставленной автором цели, заключающейся в создании модели формирования структурной микронеоднородности с учетом протекания ликвационных процессов при кристаллизации сталей с перитектическим превращением, ему пришлось решить ряд задач, связанных с математическим моделированием и системным анализом процесса кристаллизации.

Для решения поставленных в работе задач Емельянов К. И. использовал разработанную им математическую модель, включающую в себя систему дифференциальных уравнений для описания тепловых, кристаллизационных и диффузионных процессов в металле.

Представляет интерес вероятностный подход к оценке параметров дендритной структуры металла и количественная оценка вариации этих параметров, которая свидетельствует о ее неоднородности, влияющей на развитие дендритной ликвации.

Использование экспериментальных данных по параметрам микронеоднородностей позволило автору скорректировать элементы математической модели и упростить методику оценки структурной неоднородности металла.

В целом описанные выше предложения автора составляют научную новизну работы.

Практический интерес представляет программный комплекс для анализа особенностей процесса кристаллизации углеродистых и низколегированных сталей, а также возможность прогнозирования параметров дендритной структуры и химической неоднородности с помощью предлагаемой методики на основе компьютерного моделирования. В работе приведены сравнительные данные, подтверждающие адекватность используемой модели.

Приведенный в автореферате список из 16 публикаций, включающий 7 статей в журналах из перечня ВАК, достаточно полно отражает содержание диссертационной работы.

В качестве замечаний по работе следует отметить следующее.

1. Приведенные на стр. 16 автореферата сведения о влиянии кремния и марганца на среднюю величину междоусных промежутков и роли, которую играет при этом приведенный на этой странице определяющий комплексный параметр, никак не иллюстрированы графически, что затрудняет проведение сравнительного анализа.



2. На стр. 17 приведена формула для определения индекса ликвации. При этом отсутствует экспликация параметра  $(C_L)_0$ . В других формулах используются параметры  $C_L$  и  $C_0$ . В автореферате нет четкого описания различий между ними.
3. На стр. 21 приведено значение коэффициента теплоотдачи для контрольного элемента, полученное расчетным путем. Для обоснованности его использования следовало бы сравнить это значение с данными других авторов.

Перечисленные выше недостатки не снижают общей ценности представленной диссертационной работы.

В заключении следует отметить, что диссертационная работа Емельянова К. И. является завершенным научным трудом, основные результаты которого достаточно полно опубликованы в научных изданиях, характеризуются актуальностью, научной новизной и практической значимостью.

Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9, предъявляемым «Положением о присуждении учёных степеней» к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук, а её автор, Емельянов Константин Игоревич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.04 – Литейное производство.

Заведующий кафедрой,

Кафедра нанотехнологий,

Липецкий государственный технический университет,

Доктор технических наук, профессор

Дождиков Владимир Иванович




398600 Российская Федерация, г. Липецк, ул. Московская, д.30.

E-mail: vladivado@yandex.ru

Рабочий телефон: +7(4742)30-79-46.

«\_\_\_» декабря 2014 г.

	Общество с ограниченной ответственностью "ОМЗ - Литейное производство"		
	Ижорский завод, д.6/н, Санкт-Петербург, Колпино, 196650 тел.: (812)322-81-27, факс: (812)322-89-55		
	foundry@omzglobal.com		www.omz.ru
	ОКПО 80532142 / ОГРН 1077847395801		ИНН 7817309906 / КПП 781701001

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Емельянова К.И.  
«Системный анализ неравновесной кристаллизации углеродистых  
и низколегированных сталей для прогнозирования их структурной  
и химической микронеоднородности»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук

В современных условиях глобальной конкуренции и усугубляющегося экономического кризиса наиболее уверенно чувствуют себя в рыночной среде только те промышленные предприятия, которые имеют наименьший уровень издержек в процессе производства продукции. Вторым важным условием конкурентного преимущества является использование вычислительных программных и аппаратных комплексов, позволяющих существенно сократить длительность производственного цикла и избежать неоправданных затрат при отработке технологии изготовления изделий. Особую актуальность вышеназванное имеет для литейной отрасли машиностроения.

Специалистами ООО «ОМЗ – Литейное производство» уделяется постоянное внимание изысканию и внедрению новых средств автоматизации и компьютерного анализа разрабатываемых технологических процессов. В настоящее время это позволяет существенно улучшить внутреннее качество металла и состояние литой поверхности фасонных отливок ответственного назначения. Успешное освоение и использование средств компьютерного анализа литейных технологии производилось при сотрудничестве с кафедрой физико-химии литейных сплавов и процессов СПбГПУ.

Представленная на рассмотрение диссертационная работа Емельянова К.И. относится к весьма актуальному направлению научных исследований, открывающих возможности использования компьютерных моделей для учета и оценки явлений структурной микронеоднородности и дендритной ликвации, имеющих место при кристаллизации сталей промышленных марок. Данное обстоятельство представляется весьма важным, поскольку используемые программные продукты моделирования (в частности, программный пакет «MagmaSoft») не позволяют в полной мере производить динамический учет изменяющихся условий затвердевания металла, что в определенной мере снижает достоверность получаемых результатов.

Важно отметить, что успех в использовании компьютерного моделирования литейной технологии для диагностики условий производства обусловлен, в первую очередь, адекватностью задаваемых теплофизических характеристик



марок сталей и возможностью учета возникающей при этом химической и структурной неоднородности.

Таким образом, результаты исследований Емельянова К.И. могут быть использованы в анализе и корректировке литейной технологии для успешного изготовления крупных стальных отливок. Полученные в работе данные свидетельствуют о высоком уровне научных разработок в плане их методологии, которые послужили основой для постановки, проведения и обработки результатов экспериментов. Следует отметить, что диссертант удачно выполнил формирование физической и математической моделей эволюции первичной структуры металла, которые при реализации их в виде компьютерной программы могут быть использованы для повышения степени достоверности систем моделирования.

Разработанная в диссертации детерминированная модель анализа неравновесной кристаллизации железоуглеродистых сплавов, вероятностная модель формирования локальной неоднородности дендритной структуры и микромасштабная модель развития дендритной ликвации, а также установленные закономерности эволюции физико-химических процессов представляются обоснованными и важными в связи с широким промышленным применением указанных сталей.

Вероятно, автору необходимо было предусмотреть возможность встраивания разработанных моделей в существующие системы моделирования (в качестве отдельного модуля) а также учесть при построении базовой модели мезомасштабной неравновесной кристаллизации железоуглеродистых сплавов влияние элементов, входящих в состав промышленных модификаторов и раскислителей (редкоземельные металлы, Al, Ti, Ca и др.).

В целом, диссертационная работа Емельянова К.И. демонстрирует высокий научный уровень выполнения исследований и новизну полученных разработок методологического характера, а также эффективность практического применения результатов исследования, что свидетельствует о соответствии работы требованиям ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Автор диссертационной работы Емельянова К.И. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.04 "Литейное производство".

Зам. генерального директора –  
Главный инженер ООО «ОМЗ-ЛП»

А.В. Платонов

Начальник Технологического управления  
ООО «ОМЗ-ЛП»

А.В. Бобылев

