

## РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ СПЕЦИАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ И ЧУГУНОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗ НИХ РАЦИОНАЛЬНЫХ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ ИЗДЕЛИЙ ОТВЕТСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*И.О. Леушин*, зав. кафедрой литейно-металлургических процессов и сплавов Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, д-р техн. наук

*Приводятся основные результаты экспертной оценки проекта инновационной НИР на тему «Разработка составов специальных сталей и чугунов и технологий получения из них рациональных заготовок деталей изделий ответственного назначения с повышенным уровнем заданных эксплуатационных свойств и характеристик».*

**Ключевые слова:** чугун, сталь, синтез, жидкофазная обработка, легирование, рафинирование, модифицирование, нанокпозиция, технология, рациональная заготовка, деталь, изделие ответственного назначения, износостойкость, жаростойкость, коррозионная стойкость, радиационная стойкость.

Последние несколько десятилетий вполне можно охарактеризовать как время бурного развития теоретического и практического материаловедения, а наступивший XXI в., как Россией, так и ведущими мировыми державами, неоднократно назывался веком новых материалов и инновационных технологий. Основные отечественные и зарубежные научные исследования и разработки этого периода главным образом были направлены на существенное расширение спектра применяемых на практике конструкционных материалов (пластмасс, керамики, силикатов, волокон, композитов, широкой гаммы цветных сплавов), а также функциональных материалов, обеспечивающих максимальное соответствие эксплуатационным требованиям, предъявляемым к готовым изделиям, особенно ответственного назначения (полупроводников, диэлектриков, сверхпроводников, опто-, пьезо-, нано- и других материалов).

Вместе с тем, как научная общественность, так и производственники и эксплуатационники сходятся во мнении о том, что потенциальные возможности таких известных и широко применяемых материалов, как сталь и чугун, еще далеко не исчерпаны, и они как минимум в течение ближайшего столетия сохранят свои ведущие позиции среди конструкционных и функциональных материалов. Это особенно важно в связи с общепризнанной ограниченностью мировых природных ресурсов, обострением экологической обстановки и актуализацией проблем ресурсо- и энергосбережения.

Именно поэтому особое значение приобретают исследования, касающиеся такой тематики, как «Разработка составов специальных сталей и чугунов и технологий получения из них рациональных заготовок деталей изделий ответственного назначения с повышенным уровнем заданных эксплуатационных свойств и характеристик», которые активно проводятся в российских и зарубежных научных центрах.

При этом пока в указанной области Россия обладает конкурентными преимуществами, сохраняя ведущие научные школы, наращивая имеющиеся у них научные заделы, развивая производственную базу для внедрения результатов разработок. Однако недостаточное внимание к заявленной теме со стороны государства может отрицательно сказаться на качестве и конкурентоспособности отечественной наукоемкой продукции на мировом рынке и эксплуатационном ресурсе изделий ответственного назначения, обеспечивающих обороноспособность, энергетическую независимость и устойчивость экономики страны.

Несмотря на признаваемую большинством экспертов адаптацию металлургии и машиностроения к рыночным условиям, их технико-технологический уровень и конкурентоспособность ряда видов металлопродукции на сегодняшний день нельзя считать удовлетворительными.

За период с 1990 по 2010 гг. произошло значительное сокращение прикладных и фундаментальных исследований в отечественной металлургии. Металлургические предприятия и машиностроительные заводы, в состав которых неотъемлемой частью входили металлургические производства, практически ликвидировали собственные научные подразделения и существенно снизили финансирование НИОКР.

По прогнозам некоторых источников, в случае ориентации на экспорт продуктов первых переделов, обеспечивающий возможность получения прибыли без затрат на НИОКР, российские металлургия и машиностроение в течение ближайших 5–10 лет могут существенно утратить свою конкурентоспособность.

В этой связи Правительством РФ подготовлен ряд долго- и среднесрочных прогнозов развития отдельных отраслей экономики, в том числе металлургии и машиностроения, в которых определены основные проблемы и намечены направления их решения.

Анализ возможных направлений решения имеющихся проблем обуславливает необходимость разработки единой государственной стратегии развития промышленности, направленной на реализацию приоритетных задач в рамках каждого из стратегических направлений и предусматривающей развитие сотрудничества между государственными структурами всех уровней, бизнес-сообществом и общественными организациями.

Так, например, Стратегия развития металлургической промышленности Российской Федерации до 2020 года подготовлена Минпромторгом России и другими заинтересованными ведомствами исполнительной власти на базе утвержденной приказом Минпромэнерго России от 29 мая 2007 г. № 177 «Стратегии развития металлургической промышленности Российской Федерации на период до 2015 года» во исполнение поручения Правительства Российской Федерации в соответствии с методическими указаниями и прогнозными макроэкономическими показателями Минэкономразвития России.

В русле этой политики действуют и государственные корпорации, такие как «Ростехнологии», «Росатом» и др. Программы их инновационного развития во многом созвучны тексту выше названного и других подобных отраслевых документов.

В них четко просматривается нацеленность на возрождение НИОКР и даже формулируются некоторые наиболее острые научно-технические проблемы, подлежащие скорейшему решению.

Так, например, среди фундаментальных исследований, обеспечивающих создание новых прорывных технологий и материалов для тяжелого машиностроения, первоочередными являются обоснования требований к материалам, эксплуатируемым в экстремальных условиях, компьютерный синтез таких материалов и устойчивых покрытий, создание методов и средств их диагностики, разработка интеллектуальных компьютерных систем проектирования, технологических систем процессов машиностроения.

К важнейшим направлениям прикладных и фундаментальных исследований в области металлургии и заготовительных производств машиностроения относятся:

1. Развитие теории литейно-металлургических процессов как способ модернизации и укрепления научно-теоретической базы для прикладных инновационных разработок, нацеленных на повышение общего уровня металлургии и заготовительных производств машиностроения и на существенный рост качества их продукции.

2. Широкое внедрение в действующее производство наиболее прорывных технических и технологических решений, обеспечивающих высокий уровень потребительских свойств изделий, в том числе и ответственного назначения, для ведущих, особенно высокотехнологичных, отраслей экономики.

На этом фоне заявленная тематика выглядит несомненно актуальной и востребованной на практике. Это обусловлено и обострением проблемы существенного увеличения эксплуатационного ресурса изделий ответственного назначения в атомной, тепловой и электроэнергетике, авиации, железнодорожном, водном и автомобильном транспорте, добывающих отраслях.

Предлагаемая тема исследований соответствует мероприятиям, предусмотренным государственной программой «Развитие науки и технологий на 2012–2020 годы», а именно таким направлениям исследований по тематической панели «Новые материалы и нанотехнологии» (04), как «Радиационно-стойкие и жаропрочные материалы» (04.07) и «Разработка высокопрочных, сверхлегких, ультратвердых, коррозионностойких, интерметаллидных, наноструктурированных и супержаропрочных материалов, композитов и естественных композитов на их основе с уникальным комплексом свойств, технологий их изготовления и переработки, защитных и теплозащитных покрытий, в том числе для экстремальных условий эксплуатации» (04.07.01).

Тема соответствует Приоритетным направлениям развития науки и технологий в Российской Федерации, Перечню критических технологий Российской Федерации, утвержденным указом Президента РФ от 7 июля 2011 г. № 899, мероприятиям федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», не менее чем четырьмя технологическим платформам, утвержденным Правительственной комиссией по высоким технологиям и инновациям 21 февраля 2012 г.

Проведенная информационно-аналитическая работа позволила выявить ведущие отечественные и зарубежные центры компетенции по заявленной тематике, среди которых AMG Advanced Metallurgical Group, N.V., American Iron and Steel Institute (США); Indian Steel Alliance (Индия); Московский институт стали и сплавов, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей», Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Объединенная металлургическая компания и др.

Изучение статистических данных по итогам деятельности ряда промышленных предприятий Приволжского федерального округа и Нижегородской области за последние 3–5 лет, предоставленных Ассоциацией промышленников и предпринимателей Нижегородской области, а также данных маркетинговых исследований, проведенных специалистами Нижегородского научно-исследовательского института машиностроительных материалов «Прометей» и заинтересованных организаций – производителей металлопродукции из специальных сталей и чугунов, выявило устойчивые тенденции научно-технического и технологического развития в рамках заявленной темы исследований:

1. На федеральном и региональных уровнях власти поддерживается активизация инновационной деятельности промышленных предприятий, направленная на решение проблем технического перевооружения и модернизации производства для обеспечения выпуска наукоемкой продукции высокого качества, соответствующей современным требованиям потребителей с учетом реалий вступления России в ВТО.

2. Уровень качества металлопродукции из специальных чугунов и сталей, выпускаемой российскими предприятиями, не позволяет с уверенностью говорить о надежности и достаточном эксплуатационном ресурсе некоторых изделий ответственного назначения.

3. Ведущие информационные и научно-технические центры и центры компетенции по заявленной теме обладают достаточно высоким потенциалом для решения проблемы существенного повышения уровня эксплуатационных свойств чугунов и сталей для заготовок деталей изделий ответственного назначения.

4. В среднесрочной перспективе заинтересованные промышленные предприятия будут генерировать спрос на новые технологии и новые материалы, в связи с чем уже сейчас необходимо проводить НИОКР, направленные на создание перспективных продуктов.

5. Промышленность заинтересована в реализации комплекса мер, направленных на стимулирование инноваций, подобных ФЦП Минобрнауки и Минпромторга России. Позитивным примером может служить Подпрограмма «Технологии производства новых видов металлопродукции, стали и сплавов для обеспечения перспективной потребности предприятий ма-

шиностроения, автомобилестроения, ТЭКа, авиа- и судостроения» в рамках проекта ФЦП «Национальная технологическая база на 2012–2016 годы».

6. Целый ряд предприятий и промышленных корпораций, таких как «Объединенная металлургическая компания», группа ГАЗ, концерн «Алмаз-Антей» и др., самостоятельно проводят активную работу, направленную на инновационное развитие, в частности, на создание научно-технических центров, корпоративных технопарков и центров компетенций. Реализация данных проектов дает мультипликативный эффект для всех отраслей промышленности. Это создает благоприятные условия для реализации проекта по заявленной теме, например, в Приволжском федеральном округе.

Ряд эффективных технических и технологических решений, планируемых к получению и промышленному опробованию в рамках заявленной темы группой исследователей ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ) с соисполнителями, позволит обеспечить достижение поставленной цели в таких отраслях экономики России, как, например, энергомашиностроение, транспортное машиностроение, оборонная промышленность и добывающие производства, и получить существенные экономический, экологический и социальный эффекты.

Целью исследований является обеспечение необходимого уровня требуемых эксплуатационных свойств материалов и изделий.

В качестве объекта исследований разработчиками рассматриваются материалы заготовок деталей изделий ответственного назначения (стали и чугуны).

Субъектом исследований ими выбраны: состав, структура, свойства, характеристики материалов, литейно-металлургические технологии получения из них рациональных заготовок деталей изделий ответственного назначения, особенности поведения материалов в условиях эксплуатации.

Сущность предлагаемой темы исследований сводится к проведению проблемно-ориентированных и прикладных исследований в части создания новых перспективных материалов для изделий ответственного назначения применительно к различным отраслям экономики страны.

Речь идет о разработке специальных сталей и чугунов с улучшенными эксплуатационными свойствами и характеристиками (жаростойкость, жаропрочность, ростоустойчивость, износостойкость, хладостойкость, немагнитность, свариваемость, стойкость к длительному воздействию радиации, коррозии, кавитации и т. п.), которые позволят существенно увеличить эксплуатационный ресурс изделий ответственного назначения в атомной, тепловой и электроэнергетике, авиации, железнодорожном, водном и автомобильном транспорте, добывающих отраслях.

При этом синтез новых железоуглеродистых сплавов прежде всего будет основываться на использовании эффективных и экономичных методов жидкофазной обработки матричных сплавов (микролегирование и модифицирование активными и редкоземельными элементами, наноконпозициями, применение физических методов воздействия на металл).

В рамках предлагаемой темы исследований планируется проведение следующих работ:

1. Синтез составов специальных сталей и чугунов с улучшенными эксплуатационными свойствами и характеристиками (жаростойкость, жаропрочность, ростоустойчивость, износостойкость, хладостойкость, немагнитность, свариваемость, стойкость к длительному воздействию радиации, коррозии, кавитации и т. п.)

2. Разработка технологий подготовки шихтовых материалов, включая нейтрализацию отрицательной металлургической наследственности, плавка и выпечная жидкофазная обработка (легирование, рафинирование, модифицирование) специальных низколегированных чугунов с повышенным уровнем жаростойкости и износостойкости для работы в условиях циклических термомеханических нагрузок на основе матричных сплавов типа серого и высокопрочного чугуна.

3. Разработка технологий производства рациональных литых заготовок деталей ответственного назначения из специальных низколегированных чугунов с повышенным уровнем жаростойкости и износостойкости для работы в условиях циклических термомеханических нагрузок, включая изготовление литейных форм, их подготовку к заливке расплавом и финишные операции, в том числе твердофазную термообработку.

4. Разработка технологий подготовки шихтовых материалов, включая нейтрализацию отрицательной металлургической наследственности, плавка и внепечная жидкофазная обработка (легирование, рафинирование, модифицирование) коррозионностойких свариваемых сталей с повышенным уровнем ростоустойчивости и нейтронопоглощающей способности для работы в условиях длительного воздействия радиации.

5. Разработка технологий производства рациональных заготовок деталей ответственного назначения из коррозионностойких свариваемых сталей с повышенным уровнем ростоустойчивости и нейтронопоглощающей способности для работы в условиях длительного воздействия радиации.

6. Разработка технологий финишной обработки деталей ответственного назначения с целью придания требуемого уровня технологических, эксплуатационных свойств и характеристик материалам деталей изделий ответственного назначения.

В качестве аналогов и прототипов при разработке новых составов чугунов и сталей планируется принять износостойкие, жаростойкие и коррозионностойкие чугуны, а также коррозионностойкие, радиационностойкие и немагнитные стали. Основными их минусами являются недостаточный уровень эксплуатационных свойств и высокая стоимость материала из-за присутствия в его составе существенной доли дорогостоящих легирующих элементов.

Для освоения новых составов материалов действующим производствам потребуются корректировка существующих или создание новых технологий подготовки шихты, выплавки, внепечной обработки, литья и термической обработки.

Специфика исследований по заявленной теме (разработка составов и технологий для чугунов и сталей) определяет выбор, как минимум, не одного, а двух прототипов для сопоставления с ними ожидаемых результатов работы.

*Прототип 1.* Жаростойкий чугун для узлов с высокими термомеханическими нагрузками.

Тенденции современного производства чугунных деталей требуют существенного повышения их эксплуатационных свойств, обусловленного значительным ростом контактных термических, химических и механических нагрузок. В связи с этим в последние годы усилился интерес к разработкам, связанным со снижением термонапряжений и повышением усталостной прочности деталей, работающих в агрессивных средах и сложных термомеханических условиях. Например, в подобных условиях эксплуатируются чугунные детали формовых комплектов для производства стеклянной тары.

Данные детали работают в условиях сложного термомеханического воздействия со стороны стекломассы. Наиболее нагруженным в ходе эксплуатации деталей является поверхностный рабочий слой толщиной от 1 до 10 мм, который испытывает не только значительный тепловой удар при выдуве стеклоизделия, но и подвержен механическому и химическому воздействию стекломассы. В этом слое наблюдается максимальный температурный перепад по толщине стенки детали, а интенсивность теплового удара может превышать  $250\text{ }^{\circ}\text{C}/(\text{мм}\cdot\text{с})$ .

Крупные пластинчатые включения графита в рабочем слое при работе форм постепенно выгорают, что приводит к образованию сетки мелких разгарных трещин на стеклоформирующей поверхности. Полированная поверхность становится шероховатой, теряет блеск.

С учетом сказанного, в качестве материала стеклоформ применяют низколегированный чугун с вермикулярным графитом (ЧВГ) следующего состава, %: 3,4–3,7 C; 2,3–9,6 Si; 0,2–0,4 Mn; до 0,02 S; до 0,03 P; до 0,15 Cr; 0,4–0,6 Ni; 0,2–0,4 Mo; 0,1–0,3 Cu; 0,1–0,2 Mg. Причем после изготовления отливок проводятся последовательно их отжиг по специальному режиму и механическая обработка формообразующих поверхностей в несколько переходов. Это обеспечивает эксплуатационный ресурс форм на уровне 0,3–0,5 млн съёмов стеклоизделий.

Планируемые к получению результаты исследований по заявленной теме в части чугунов с повышенным уровнем эксплуатационных свойств и технологий производства из них рациональных литых заготовок должны обеспечить повышение их износостойкости не менее чем на 20–30 %, жаростойкости – не менее чем на 20–40 % и соответственно увеличение эксплуатационного ресурса до 1,0–1,5 млн съемов стеклоизделий, т. е. как минимум на 50 % по сравнению с прототипом.

При этом показатели ресурсосберегающей эффективности должны существенно улучшиться за счет экономии электроэнергии, материалов, трудовых ресурсов, снижения издержек производства и вредных выбросов в окружающую среду в расчете на единицу выпускаемой продукции по причине увеличения ее эксплуатационного ресурса.

*Прототип 2.* Хромистая радиационно-стойкая сталь для ядерных реакторов на быстрых нейтронах.

Традиционно для изготовления чехлов тепловыделяющих сборок (ТВС) ядерных реакторов на быстрых нейтронах, а также чехлов гильз системы управления и защиты нейтронных источников (СУЗ), оболочек тепловыделяющих элементов (ТВЭЛОВ) и других элементов конструкции активной зоны ядерного реактора применяется хромистая сталь.

Для обеспечения высоких экономических показателей (за счет повышения выгорания ядерного топлива в ТВС при безопасной эксплуатации реактора на быстрых нейтронах) к хромистым сталям, работающим в зоне реактора, предъявляются жесткие требования по радиационной стойкости, в том числе сопротивляемости формоизменению вследствие радиационного распухания, радиационной и термической ползучести и сохранения деформационной способности – стойкости к низкотемпературному радиационному охрупчиванию, которое проявляется в значительном повышении температуры хрупко-вязкого перехода.

С учетом этого применяют сталь, содержащую углерод, кремний, марганец, хром, никель, молибден, ванадий, ниобий, кальций, бор, равномерно распределенный в зернах наноразмерный оксид иттрия, железо и сопутствующие примеси при следующем соотношении массовой доли компонентов, %: углерод 0,09–0,15; кремний 0,25–0,50; марганец 0,20–1,0; хром 11,0–13,5; никель 0,05–0,3; молибден 1,4–2,0; ванадий 0,10–0,30; ниобий 0,15–0,50; бор 0,004–0,015; кальций 0,001–0,05; оксид иттрия 0,1–0,3; железо и сопутствующие примеси – остальное.

**Технология производства указанной стали такова.** Методом центробежного распыления расплава в инертной атмосфере получают мелкодисперсные, размером от 0,042 до 0,2 мкм, порошки стали матричного состава. Порошок стали смешивают с порошком оксида иттрия, размер частиц которого находится в диапазоне 2–40 нм. Полученную смесь подвергают механическому легированию в атмосфере аргона в вибрационном атриторе, а затем засыпают в стальную капсулу, которую герметизируют электронно-лучевой сваркой в высоком вакууме. Капсулу с порошком брикетируют на прессе при температуре 1100 °С в компактную заготовку, которую после механической обработки выдавливают горячей экструзией при температуре 1100 °С в прутки диаметром 20 мм. Прутки обтачивают и растачивают в трубную заготовку, из которой изготавливают оболочечные трубы.

Введение в сталь наноразмерных (не более 30–40 нм) равномерно распределенных в зернах стали оксидов иттрия в указанном выше соотношении обеспечивает повышение длительной прочности стали при высоких температурах без ухудшения ее радиационной стойкости, которая определяется составом матрицы стали. Обеспечивается эксплуатационная надежность и безопасность реактора за счет повышения ресурса работы изделий до повреждающих доз при температурах эксплуатации 650–710 °С.

Планируемые к получению результаты исследований по заявленной теме в части перспективных составов коррозионно-стойких свариваемых сталей с повышенным уровнем ростоустойчивости и нейтронопоглощающей способности для работы в условиях длительного воздействия радиации и технологий производства из них рациональных заготовок деталей оборудования АЭС должны обеспечить удовлетворительную свариваемость материала при сохранении коррозионной стойкости по скорости коррозии на уровне 0,010–0,012 мм в год, а

также повышение ростоустойчивости и нейтронопоглощающей способности не менее, чем на 10–15 % по сравнению с прототипом.

По результатам работы показатели ресурсосберегающей эффективности должны существенно улучшиться за счет экономии электроэнергии, материалов, трудовых ресурсов, снижения издержек производства и вредных выбросов в окружающую среду в расчете на единицу выпускаемой продукции по причине увеличения ее эксплуатационного ресурса.

Для контроля уровня указанных показателей и свойств возможно использование лабораторных стендов, имеющихся в распоряжении организаций – потенциальных исполнителей, и экспериментальных образцов для проведения испытаний по стандартным методикам.

Для успешного достижения запланированных результатов темы исследований у заявителей есть достаточные технические, технологические, финансово-экономические и социально-политические предпосылки, включая наличие научно-технического задела. Это подтверждается результатами библиометрии и патентного поиска в предметной области за период с 2005 по 2012 гг. Существенных технических, технологических, финансово-экономических, социальных, организационных, кадровых и других факторов, ограничивающих проведение исследований по заявленной теме, не выявлено.

Отработку перспективных составов специальных чугунов и сталей, а также технических характеристик материала оснастки для производства заготовок планируется проводить в рамках экспериментальных исследований на лабораторной базе ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (Нижегород), ОАО Нижегородский научно-исследовательский институт машиностроительных материалов «Прометей» (Нижегород) и ФГУП ЦНИИММ «Прометей» (Санкт-Петербург) с использованием современного оборудования и методик переменного-дискретного жидкофазного легирования и модифицирования, металлографического и фактографического анализа, спектральных, химико-аналитических исследований, исследований теплофизических свойств материалов, физико-механических испытаний, неразрушающего контроля, исследований и испытаний металлических материалов на сопротивление коррозии, жаростойкость, свариваемость, ростоустойчивость, нейтронопоглощающую способность, имеющегося программного обеспечения для математической обработки результатов экспериментов, а также на производственной базе предприятий и организаций – потенциальных потребителей результатов исследований по заявленной тематике.

Проектирование литейных технологий и опытного варианта оснастки планируется проводить на базе НГТУ с применением имеющихся современных средств автоматизации технической подготовки производства, в том числе компьютерного моделирования и быстрого прототипирования.

Изготовление оснастки, демонстрацию и опытно-промышленное опробование разработанных технологий планируется провести на базе привлекаемых соисполнителей ОАО «Нижегородский научно-исследовательский институт машиностроительных материалов «Прометей» (Нижегород) и ФГУП ЦНИИММ «Прометей» (Санкт-Петербург), а также заинтересованных фирм и промышленных предприятий.

По результатам опытно-промышленного опробования разработанных технологических решений планируется подготовка рабочей технологической и конструкторской документации и плана внедрения разработок и производства инновационного продукта силами заинтересованных фирм и промышленных предприятий при участии и сопровождении организаций – исполнителей данной работы в рамках отдельных договоров.

К основным отраслям, которые могли бы обеспечить освоение технологий, разработанных в рамках заявленной тематики, можно отнести: металлургию, судостроение, атомное машиностроение, автомобилестроение, оборонную промышленность.

К основным промышленным предприятиям Приволжского федерального округа, на базе которых возможно внедрение разработанных технологий и производство инновационного продукта, можно отнести, например, предприятия группы ГАЗ (Нижегород, Саранск

и др.); ОАО «Чебоксарский агрегатный завод» (Чебоксары); ОАО «Красное Сормово» (Нижний Новгород); ОАО «Зеленодольский судостроительный завод им. А.М. Горького» (Зеленодольск); АВТОВАЗ (Тольятти); КамАЗ (Набережные Челны); ФГУП «ОКБМ—Африкантов» (Нижний Новгород); предприятия Объединенной металлургической компании (Выкса); ОАО «Арзамасский машиностроительный завод» (Арзамас); ОАО «Нижегородский машиностроительный завод» (Нижний Новгород); ОАО «Арзамасский приборостроительный завод им. П.И. Пландина» (Арзамас); ОАО «Правдинский радиозавод» (Балахна) и др.

Степень готовности большинства перечисленных предприятий можно оценить как высокую, поскольку возможно использование существующих производственных мощностей указанных предприятий с увеличением коэффициента загрузки имеющегося оборудования без коренного технического перевооружения и модернизации производственной базы, строительства новых производств и существенного расширения сырьевой базы, что позволит не привлекать дополнительные финансовые средства бюджета и частных инвесторов для решения перечисленных вопросов.

Степень готовности персонала большинства перечисленных предприятий к производству инновационного продукта с использованием технологий, планируемых к разработке в рамках заявленной тематики, можно оценить как достаточно высокую, поскольку принципиально возможно использование существующего кадрового потенциала указанных предприятий без глубокой и длительной переподготовки и привлечения персонала новых специальностей и квалификации. Получение существующим персоналом дополнительной квалификации в связи с проведением работ по внедрению результатов исследований по заявленной тематике или прохождение специализации возможны на базе ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (Нижний Новгород) либо непосредственно на предприятиях с привлечением квалифицированного преподавательского состава из указанного вуза. При необходимости возможно привлечение преподавателей из других ведущих вузов Российской Федерации, являющихся центрами компетенции по заявленной тематике.

Оценку эффективности инвестиций для выполнения работ по предлагаемой теме исследований предполагается проводить в соответствии с Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов, утвержденных 21 июня 1999 г. Минэкономки, Минфином и Госстроем России.

В основу указанной методики оценки эффективности инвестиций положены следующие основные принципы, применимые к любым типам инвестиционных проектов независимо от их технических, технологических, финансовых, отраслевых или региональных особенностей:

- рассмотрение проекта на протяжении всего жизненного цикла (расчетного периода) от проведения прединвестиционных исследований до прекращения проекта;
- моделирование финансовых потоков, включающих все связанные с осуществлением проекта денежные поступления и расходы за расчетный период;
- сопоставимость условий сравнения вариантов проекта;
- принцип продолжительности и максимума эффекта;
- учет фактора времени.

Предполагается провести оценку эффективности проекта в целом, а также оценку эффективности участия в проекте отдельных его участников. Выбор статического или динамического варианта постановки задачи оценки эффективности инвестиций будет проводиться с учетом степени полноты имеющейся информации.

В случае динамического варианта постановки задачи оценка эффективности инвестиций будет проводиться по таким показателям, как:

- чистый дисконтированный доход;
- внутренняя норма доходности;
- срок окупаемости с учетом дисконтирования;
- индекс доходности дисконтированных инвестиций.

Подводя итог, вполне можно отметить, что результаты исследований по заявленной теме, планируемые к получению, позволят обеспечить значительную степень решения основных



стратегических задач Государственной программы Российской Федерации «Развитие науки и технологий» на 2012–2020 гг. в таких ее тематических областях, как:

1. Конструкционные углеродкерамические и металлические композиционные материалы.
2. Радиационно-стойкие и жаропрочные материалы.
3. Развитие единого транспортного пространства на федеральном, межрегиональном и региональном уровнях.
4. Высокоскоростные и перспективные транспортные системы.
5. Безопасная атомная энергетика, в том числе с замкнутым ядерным топливным циклом.

После внедрения планируемых результатов исследований в действующее производство ожидается увеличение прибыли, что при отсутствии необходимости существенного технического перевооружения и капитальных вложений на реконструкцию производственных площадей обеспечит повышение рентабельности, а также создаст благоприятные условия для увеличения объемов производства.

В итоге будет в существенной степени удовлетворен потребительский спрос на внутреннем рынке и обеспечен высокий (более 50 %) уровень импортозамещения по износостойкому и жаростойкому чугуну.

*Для справки:* в настоящее время до 90 % форм для стекольной промышленности и более 50 % машин для работы в условиях повышенных температур и механического износа поставляется в Россию из Италии, Германии, Китая.

Будет полностью закрыта потребность внутреннего рынка и обеспечена возможность экспорта за рубеж такой наукоемкой продукции из сталей, как изделия ответственного назначения с повышенным уровнем эксплуатационных свойств материала по радиационной стойкости, ростоустойчивости и нейтронопоглощающей способности.

Прогнозируемый срок окупаемости предлагаемого проекта при условии внедрения результатов исследований в планируемых масштабах не превысит 3–4 лет. В связи с этим ожидаемую бюджетную эффективность от реализации результатов работ по заявленной теме можно оценить как высокую.

Освоение результатов исследований по предлагаемой теме может обеспечить России мировое лидерство в таких базовых секторах экономики, областях науки, техники и технологий, как металлургия, машиностроение, судостроение, энергомашиностроение, автомобилестроение, оборонная промышленность.

Коммерциализацию разработанных технологий планируется провести в объемах не ниже запрашиваемых субсидий из федерального бюджета с привлечением внебюджетных источников на стадии освоения. В качестве стратегических инвесторов для продвижения и сопровождения разработанных инновационных технологий после проведения опытно-промышленных испытаний будут привлечены заинтересованные промышленные корпорации и предприятия.

### **Список литературы**

1. **Дукмасов В.Г.** Состояние и развитие технологий и оборудования в мировой черной металлургии / В.Г. Дукмасов, Л.М. Агеев / Под ред. Г.П. Вяткина. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002.
2. **Караваев Е.П.** Промышленные инвестиционные проекты: теория и практика инжиниринга / Е.П. Караваев. М.: МИСиС, 2001.
3. **Коммерциализация технологий** / Под ред. О.В. Федорова. М.: ИНФРА-М, 2008.
4. **Коровин В.А.** Комплексная обработка расплава стали и чугуна / В.А. Коровин, Р.Н. Палавин. Н.Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2009.
5. **Коровин В.А.** Влияние модифицирования на структуру и свойства чугуна и стали для прокатных валков / В.А. Коровин, И.О. Леушин, Р.Н. Палавин, А.С. Киров // Литейщик России. 2011. № 12.
6. **Коровин В.А.** Воздействие на расплав стали микролегирующих добавок / В.А. Коровин, И.О. Леушин, Р.Н. Палавин, А.С. Киров // Литейное производство. 2011. № 7.
7. **Кудрин В.А.** Теория и технология производства стали / В.А. Кудрин. М.: «Мир», 2003.
8. **Производство чугунных отливок** / В.Д. Белов, К.Н. Вдовин, В.М. Колокольцев и др. / Под ред. В.М. Колокольцева и Ри Хосена. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2009.