



**Филиал федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет» (ДФУ) в г. Арсеньеве**

Конкурсная работа

Номинация «Лучший инновационный проект»

**Название работы: Проект системы обеспечения качества изделий из
магниевых сплавов**

Научные партнёры: Институт химии Дальневосточного отделения
Российской академии наук

Цель проекта: выявление факторов, оказывающих влияние на образование отклонений и остаточных напряжений в деталях из магниевых сплавов, минимизация влияния остаточных напряжений на коробление деталей, оптимизация технологических процессов, входящих в цикл производства деталей из магниевых сплавов, процессов контроля и минимизация риска получения отклонений на всем производственном цикле изделия, разработка системы обеспечения качества изделий из магниевых сплавов.

Работа проводилась на кафедре самолёто- и вертолётостроения филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» (ДФУ) в г. Арсеньеве в рамках «Плана совместных работ между ДФУ и ПАО ААК «ПРОГРЕСС» по развитию филиала ДФУ в г. Арсеньеве».

Творческие группы студентов очно-заочной и заочной формы обучения специальности «Самолёто- и вертолётостроение» и направления «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», – и преподавателей кафедры в течение трёх лет в постоянном режиме проводили работу по изучению отклонений, возникающих на всех стадиях производственного процесса изготовления деталей из магниевых сплавов. По итогам 2016 г. выделяем творческую группу в составе: Курочкина Дениса Николаевича, Зинченко Валентина Александровича, Таран Дмитрия Андреевича, Максимова Евгения Александровича, Стребкова Михаила Алексеевича, доцента Бронникову Елену Семёновну. При выполнении работы широко использовались научные труды Всероссийского

института авиационного материаловедения (ВИАМ), а также опыт работы предприятий, выпускающих продукцию из магниевых сплавов.

В ходе выполнения работы по проекту получены следующие результаты:

1. Разработана система повышения качества изделий из магниевых сплавов, в которой заложены принципы интеграции адаптивных технологий, сопровождающих весь производственный процесс, которая представлена в виде схемы на рис.1. Система включает в себя основные производственные модули: модуль заготовительного литейного производства, модуль механической обработки, модуль сборочного участка, модуль потребителя и гарантийных обязательств, модуль виртуального производства, модуль интеграции адаптивной технологии.

Также указаны потоки информации и связи модулей с единым информационным пространством (ЕИП) и PDM-системой управления данными об изделии. Модуль интеграции адаптивных технологий включает в себя блоки: анализ жизненного цикла изделия, оценки и анализа эффективности системы, прогнозирования и синтеза технологий, научно-исследовательских работ и результатов интеллектуальной деятельности, блок испытаний, блок логистики. В каждый производственный модуль заложен принцип адаптации, зависящий от результатов деятельности и от показателя индикаторов, а также от факторов, влияющих на производство. В каждом модуле предусмотрен блок сбора статистических данных по индикаторам. Сами индикаторы определяются на основе первичного анализа статистических данных, влияющих на результат действия возникающих производственных флуктуаций. Информация из указанных блоков направляется в единое информационное пространство (ЕИП.) Одновременно доступ к ЕИП имеют все модули, что позволяет оперативно решать вопросы по адаптации технологий в зависимости от возникающих вопросов. В каждом модуле предусмотрены процессы компьютерного моделирования и компьютерного инженерного анализа (в зависимости от модуля), которые начинают функционировать при запуске новых изделий в производство, а также в ответ на возникающие производственные флуктуации.

Повышения качества изделий из магниевых сплавов

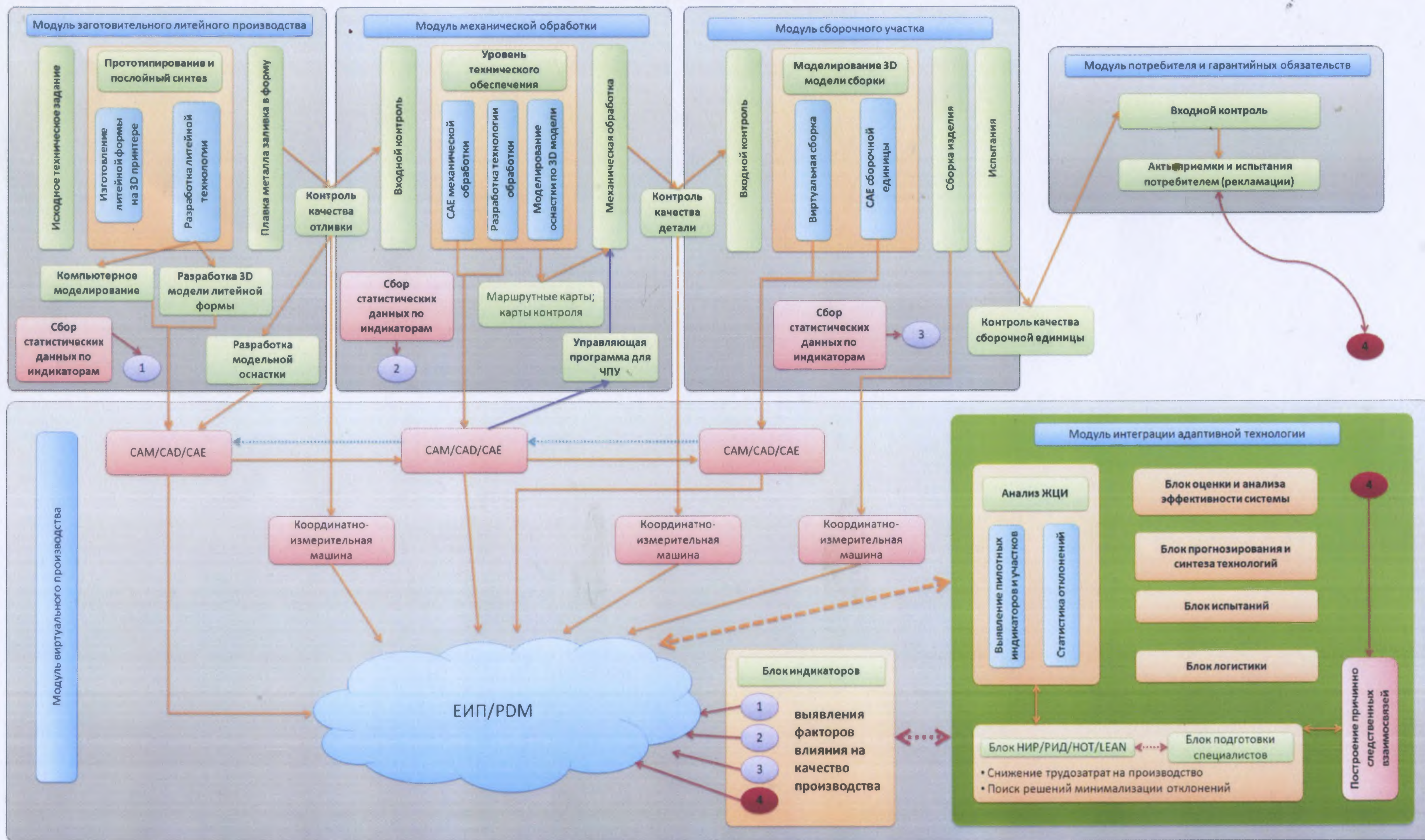


Рис. 1. Схема системы повышения качества изделий из магниевых сплавов

2. Определены: возможные причины возникающих производственных отклонений при производстве изделий из магниевых сплавов; основные виды отклонений и проведена их частичная систематизация; модули технологических процессов, в которых наиболее часто возникают отклонения

3. Проведены отдельные исследования по тематике проекта:

4. Рассматривая научно-исследовательскую работу, как один из факторов, способствующих повышению качества выпускаемой продукции, разработаны предложения для блока научно-исследовательской работы, модуля интеграции адаптивной технологии по необходимым научным исследованиям. Данный блок позволит выявить граничные значения индикаторов на основе первичного анализа статистических данных, влияющих на результат действия возникающих флуктуаций.

4.1. По модулю заготовительного литейного производства

- Исследование и анализ технологических процессов плавки и подготовки сплава к заливке, анализ процессов модифицирования, рафинирования, электрорафинирования и фильтрации сплавов
- Анализ существующих технологий физико-механических методов воздействия на расплав в процессе кристаллизации, разработка опытных установок и технологий для обработки расплава и внедрение их в производство. Изучение влияния данных процессов на процессы кристаллизации, структурообразование и свойства магниевых сплавов.
- Исследование и анализ технологического процесса формовки, процессов приготовления формовочных смесей. Контроль состава формовочных смесей, факторы, влияющие на состав смесей и их свойства
- Исследование процессов взаимодействия составляющих формовочной смеси с расплавом в процессе кристаллизации отливок в литейной форме, что особенно важно, учитывая особенности магниевых сплавов в пожарном отношении
- Исследование процессов заливки, изучение влияния способа заливки на структуру и свойства сплава
- Исследование процессов: дробемётной обработки и возможного поверхностного наклёпа литых заготовок, процессов обрубки литников и зачистки заготовок; процесса регенерации формовочной смеси; процессов термообработки литых заготовок, выявление дефектов термообработки и анализ причин их возникновения, влияние термообработки на коррозионную стойкость отливок; процессов оксидирования на всех этапах технологического процесса изготовления корпусных деталей.
- Исследование процессов: подварки дефектов литых заготовок, структуры и свойств сварного шва, структуры и свойств сплава в зоне термического влияния, влияние термообработки после подварки на

структуру и свойства изделий; коррозионной стойкости отливок в зоне сварки.

- Разработка базы данных отклонений, и возможных способов их устранения на каждом этапе производственного процесса. Систематизация и анализ литейных отклонений отливок за отдельные периоды производства отливок. Разработка «Атласа дефектов»

4.2. Модуль механической размерной обработки корпусных деталей.

- Исследования влияния температурного режима обработки на процессы коробления отливок; влияния режимов резания на возникающие внутренние напряжения в отливках корпусных деталей; процессов обработки «холодом» корпусных отливок, изменения в микроструктуре сплава, изучение процессов стабилизации геометрических размеров отливки.
- Исследование процессов: пропитки, режимов сушки, глубины проникновения бакелитирующего состава в поверхностный слой отливки.
- Изучение и проведение исследований с различными пропиточными составами. Исследование технологического процесса покрытия отливок корпусных деталей лаками; в изменении структуры сплавов и герметичности отливок после сушки лака.
- Постановка планируемых инженерных экспериментов в производственных условиях по каждому исследуемому технологическому процессу

Кроме того: для повышения качества и надёжности магниевых изделий рекомендуем:

1. Проведение исследований и анализа взаимосвязи способа литья с технологией подварки дефектов на отдельных деталях и образованием микрорыхлот
2. Разработать систему корректировки параметров геометрии механической обработки изделий из магниевых сплавов с учетом температурных режимов окружающей среды в механических цехах
3. Проведение анализа деформации форм отдельных механически обработанных изделий и изменения деформации форм со временем.
4. Проведение работы по сбору статистических данных отклонений механической обработки и взаимосвязей этих отклонений от ряда факторов, выявленных при исследовании всего процесса изготовления изделий
5. Предложен метод неразрушающего контроля мониторинга деформаций изделий без отрыва от процесса их изготовления, с последующим выявлением мест детального исследования.
6. Разработан возможный вариант обработки отдельных крупногабаритных корпусных деталей с развитой поверхностью с использованием термообработки

7. Предложен новый метод управления процессом кристаллизации магниевых сплавов

8. Предлагаем создание технологических накопителей с контролируемыми параметрами (температура, влажность) для изделий из магниевых сплавов с целью стабилизации структуры сплавов и геометрических размеров перед началом их дальнейшей обработки в цехах и на производственных участках

9. Начата работа по разработке «виртуального производства» в учебном процессе филиала, с применением технологий компьютерного моделирования, компьютерного инженерного анализа и подготовки управляющих программ для изготовления прототипов спроектированных конструкций методами аддитивной технологии.

В ходе проведения исследований установлено, что основными причинами возникающих производственных отклонений могут являться:

- Особенности кристаллического строения магниевых литейных сплавов, которые влияют на технологию их обработки, с недостаточно изученной физикой процессов обработки и возможными процессами низкотемпературного старения сплавов, сопровождающими изделие в процессе обработки и транспортировки, вызывающими изменения структуры, и как следствие, изменение геометрии изделия

- Сложность и нетехнологичность конструкции самих литых заготовок

- Отсутствие достаточного количества информации причин коробления и поводок крупногабаритных корпусных магниевых деталей из-за нарушения баланса внутренних напряжений в ходе технологических процессов получения литых заготовок, дальнейшей их механической обработки и других техпроцессов

- Температурные колебания, сопровождающие изделия из магниевых сплавов от литых заготовок до готовых изделий, а также при транспортировке и хранении изделий

- Изменяющаяся влажность в цехах

- Трудности обнаружения дефектов из-за сложной конструкции отливок

По итогам 2016 г. творческой группой в рамках модуля интеграции адаптивной технологии в блоке научно-исследовательских работ (НИР) проведены отдельные исследования. Все результаты работ апробированы и опубликованы в материалах V-ой научно-практической конференции «Молодёжь XXI век»: Молодёжь XXI век: V –ая научно-практич. конф., г. Арсеньев 15 апреля 2016 г.: сборник трудов/ под общ. ред. Ю.П. Денисенко, О.Ш. Бердиева, Ю.Ф. Огнева. – Владивосток: Изд-во «Дальиздат», 2016. – 160 с.). Ниже представлен перечень данных работ, выполненных студентами филиала.

1. М.В. Стребков. Повышение технического уровня редукторов общемашиностроительного назначения.

2. С.С. Глупак. Особенности изготовления модельной оснастки и формовки для изготовления корпусных деталей редукторов общемашиностроительного назначения
3. Е.А. Максимов. Технологическое обеспечение надёжности магниевых отливок при подварке дефектов.
4. В.А.Зинченко. Анализ процессов размерной высокоскоростной механической обработки деталей из магниевых сплавов
5. Д.Н. Курочкин. Коробление изделий из магниевых сплавов: проблемы и возможные пути решения.
6. Д.А.Таран, Р.В. Лучко. Компьютерное моделирование корпусных деталей общемашиностроительных редукторов.

На основании проделанной работы можно сделать следующий вывод:

В условиях любого производства деталей из магниевых сплавов на предприятиях, для исключения факторов, влияющих на возникновение отклонений, необходимо внедрение системы повышения качества изделий. Предлагаемая в работе система позволит выработать новый подход к организации производства на предприятиях и максимально эффективно осваивать и выполнять новые заказы потребителя, охватывая полный цикл производства деталей из магниевых сплавов. Апробацию и внедрение системы повышения качества изделий предлагается проводить на отдельных (пилотных) участках цехов, по результатам которого возможна экстраполяция алгоритмов, составляющих данную систему на другие производственные объекты предприятий.

Перечень работ, опубликованных ранее по тематике: «Изучение и анализ технологических процессов литья магниевых сплавов», с участием студентов, преподавателей филиала и использованных при подготовке проекта: «Проект системы обеспечения качества изделий из магниевых сплавов»:

1. **Огнев, Ю.Ф. Анализ дефектов заготовок и деталей машиностроительного производства: учебное пособие** // Ю.Ф. Огнев, Е.С. Бронникова, И.П. Ягодин; Дальневосточный государственный технический университет. – Владивосток: ДВГТУ, 2008. – 272 с.
2. **И.П. Ена. Влияние качества исходного металла на качество литых заготовок**// Ена И.П., Штрак Д.О., Мозговой В.М., Бронникова Е.С. // Материалы студенческих научно-практических конференций филиала ДВФУ в г. Арсеньеве. Арсеньев, 25 апреля 2013 г./ под общ. ред. Ю.Ф. Огнева; – Владивосток: Издательский дом Дальневост. федерал. ун-та, 2013.
3. **Е.А. Виниченко. Литьё под низким давлением, как метод повышения качества литых заготовок** // Виниченко Е.А., Штрак Д.О., Мозговой В.М., Бронникова Е.С.// Материалы студенческих научно-практических конференций филиала ДВФУ в г. Арсеньеве. Арсеньев, 25 апреля 2013 г./ под

общ. ред. Ю.Ф. Огнева; – Владивосток: Издательский дом Дальневост. федерал. ун-та, 2013.

4. **Е.Н.Пушкарёв. Систематизация литейных дефектов**// Пушкарёв Е.Н., Филатова И.А., Батина Н.А., Огнев Ю.Ф., Бронникова Е.С., Мозговой В.М.//Материалы студенческих научно-практических конференций филиала ДВФУ в г. Арсеньеве. Арсеньев, 25 апреля 2013 г./ под общ. ред. Ю.Ф. Огнева; – Владивосток: Издательский дом Дальневост. федерал. ун-та, 2013.

5.**Блинков В.Ю. Особенности изготовления модельных комплектов для литейных форм из холодно-твердеющих смесей**// Бронникова Е.С., Мозговой В.М.//Материалы студенческих научно-практических конференций филиала ДВФУ в г. Арсеньеве. Арсеньев, 25 апреля 2013 г./ под общ. ред. Ю.Ф. Огнева; – Владивосток: Издательский дом Дальневост. федерал. ун-та, 2013.

6. **Ю.А. Бадина. Новые методы контроля по обнаружению скрытых дефектов литейных заготовок**// Бадина Ю.А., Герман А.А., Бронникова Е.С., Мозговой В.М.// Материалы студенческих научно-практических конференций филиала ДВФУ в г. Арсеньеве. Арсеньев, 25 апреля 2013 г./,под общ. ред. Ю.Ф. Огнева; – Владивосток: Издательский дом Дальневост. федерал. ун-та, 2013.

7. **Е.Р. Шлыкова. Проблемы экологии при внедрении литейного комплекса и пути их решения**// Шлыкова Е.Р., Бронникова Е.С., Мозговой В.М., Шабович В.М.// Материалы студенческих научно-практических конференций филиала ДВФУ в г. Арсеньеве. Арсеньев, 25 апреля 2013 г./ под общ. ред. Ю.Ф. Огнева; – Владивосток: Издательский дом Дальневост. федерал. ун-та, 2013.

8.**Ю.Ф. Огнев. Модернизация и совершенствование технологических процессов получения литых заготовок авиационных деталей**// Огнев Ю.Ф., Денисенко Ю.П., Мозговой В.М., Бронникова Е.С.// 12-я Международная конференции «Авиация и космонавтика – 2013». 12-15 ноября 2013 года. Москва. Тезисы докладов. – СПб.: мастерская печати, 2013 – 647 с. С 233.

9.**Ognev Y.F, Denisenko Y.P, Mozgovoy V.M, Bronnikova E.S, Ponkratova O.M., Techological process perfection of receipt casting worpieces**, Advanced Materials and processing Technology- 2013: Materials by International XIVth Russian-Chinese Symposium Proceedings. – Khabarovsk: Publisher Pacific National University, 2013.- 200 p.

10.**Ognev Y.F, Denisenko Y.P, Mozgovoy V.M, Bronnikova E.S., New control methods of concealed defects aviation parts.** Advanced Materials and processing Technology- 2013: Materials by International XIVth Russian-Chinese Symposium Proceedings. – Khabarovsk: Publisher Pacific National University, 2013.- 204 p.

11.**М.Г. Кочетова. Анализ дефектов литых заготовок из магниевых сплавов**// Кочетова М.Г., Огнев Ю.Ф., Бронникова Е.С., Машукова Е.Г.// Молодёжь XXI века: III и IV научно-практич. конф., г. Арсеньев, 17 апреля

2015 г.: сборник трудов/под общ. ред. Ю.П. Денисенко, О.Ш. Бердиева, Ю.Ф. Огнева. — Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2015. — 418 с.

12.А.Г. Дейкун. Коррозионная стойкость магниевых сплавов и их защита от коррозии// А.Г. Дейкун, Рудник А.Г., Огнев Ю. Ф., Бронникова Е.С.// Молодёжь XXI века: III и IV научно-практич. конф., г. Арсеньев, 17 апреля 2015 г.: сборник трудов/под общ. ред. Ю.П. Денисенко, О.Ш. Бердиева, Ю.Ф. Огнева. — Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2015. — 418 с.

13.Е.А. Максимов. Обеспечение качества и надёжности литых заготовок при выполнении сварочных работ по подварке дефектов.// Максимов Е.А., Огнев Ю.Ф., Бронникова Е.С., Машукова Е.Г.// Молодёжь XXI века: III и IV научно-практич. конф., г. Арсеньев, 17 апреля 2015 г.: сборник трудов/под общ. ред. Ю.П. Денисенко, О.Ш. Бердиева, Ю.Ф. Огнева. — Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2015. — 418 с.

14.Д. А. Лучко. Исследование технологического процесса изготовления литейных форм из ХТС.// Лучко Д. А., Огнев Ю.Ф., Бронникова Е.С.// Молодёжь XXI века: III и IV научно-практич. конф., г. Арсеньев, 17 апреля 2015 г.: сборник трудов/под общ. ред. Ю.П. Денисенко, О.Ш. Бердиева, Ю.Ф. Огнева. — Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2015. — 418 с.

Все результаты работ апробированы на совместных научно-практических конференциях филиала и ПАО ААК «ПРОГРЕСС» и других конференциях.

Директор, д.т.н., профессор



Ю.Ф. Огнев
Ю.Ф. Огнев