



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

**СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Издательство МИСИ – МГСУ

М.Ю. Слесарев, А.А. Зяблов

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Учебно-методическое пособие



ISBN 978-5-7264-2359-3

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2020

Москва
2020

УДК 621:69
ББК 38.73
С47

Рецензенты:

доктор геолого-минералогических наук, профессор *А.А. Лаврусевич*,
заведующий кафедрой инженерных изысканий и геоэкологии НИУ МГСУ;
доктор биологических наук, профессор *А.Л. Суздалева*,
профессор кафедры инженерной экологии и охраны труда
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Слесарев, М.Ю.

С47 Экспериментальные исследования и моделирование в энергетическом строительстве [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / М.Ю. Слесарев, А.А. Зяблов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, кафедра строительства объектов тепловой и атомной энергетики. — Электрон. дан. и прогр. (4,1 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2020. — Режим доступа: <http://lib.mgsu.ru/> — Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-7264-2359-3 (сетевое)

ISBN 978-5-7264-2360-9 (локальное)

В учебно-методическом пособии изложены основы реализации методологии решения исследовательских задач, предложены инструменты и методы постановки и планирования эксперимента, моделирования опасных процессов и защиты от последствий на объектах тепловой и атомной энергетики, инструменты и методы статистической обработки результатов эксперимента, а также вопросы стандартизации и оценки безопасности строительства.

Для обучающихся по направлению подготовки 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений по ОПОП «Строительство сооружений тепловой и атомной энергетики».

Учебное электронное издание

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2020

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	5
Глава 1. МЕТОДИКИ И ОБЪЕКТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	7
1.1. Выбор и обоснование темы реферативного исследования	7
1.2. Перспективные направления экспериментирования и моделирования объектов энергетики ...	11
1.3. Методы проведения изысканий для строительства объекта энергетики.....	19
Контрольные вопросы	27
Глава 2. ПРИБОРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТА И МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	28
2.1. Оборудование для автоматизации и информатизации эксперимента и моделирования в энергетическом строительстве.....	28
2.2. Аппаратура для регистрации ионизирующего излучения и оценка результатов измерения	39
Контрольные вопросы	44
Глава 3. МОДЕЛИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА	46
3.1. Модели и принципы безопасности для объектов энергетики.....	46
3.2. Модели объектов энергетики для экспериментальных исследований при нарушении нормальной эксплуатации и в аварийных ситуациях	49
3.3. Примеры моделей для объектов энергетики на этапе инвестиционно-строительного проектирования	59
3.4. Примеры моделей для объектов энергетики на этапах строительства и эксплуатации.....	64
Контрольные вопросы	72
Глава 4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ	73
4.1. Статистическая обработка результатов исследования и моделирования	73
4.2. Юридическая обработка результатов эксперимента и моделирования	76
Контрольные вопросы	77
Контрольная работа 1. Статистическая обработка результатов исследования и моделирования	77
Контрольная работа 2. Юридическая обработка результатов эксперимента и моделирования (патентные исследования)	77
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	79
Библиографический список.....	80

ВВЕДЕНИЕ

Целью учебного пособия «Экспериментальные исследования и моделирование в энергетическом строительстве» является приобретение научных и инженерных знаний, умений и навыков по комплексу специфических вопросов, связанных с расчетно-экспериментальными исследованиями и моделированием в области материалов и конструкций объектов энергетического строительства на примере блоков *ат омных электростанций* (АЭС).

Задачи учебного пособия:

- изучение методов, способов, аппаратуры и программ проведения исследований в области материалов и конструкций АЭС;
- изучение принципов моделирования ситуаций в области проектирования защитных строительных конструкций;
- изучение механизмов отрицательного воздействия на население и окружающую среду при эксплуатации и выводе из эксплуатации АЭС.

Теоретические, расчетные и практические приложения практических занятий изучаются в процессе работы над лекционным курсом одноименной дисциплины, а также при выполнении самостоятельной работы с учебной и технической литературой, рекомендованной в библиографическом списке учебного пособия.

Подготовка новых поколений специалистов, способных решать гуманитарно-экологические задачи создания безопасной и комфортной среды жизнедеятельности, базируется на системе новых гуманитарно-экологических знаний как совокупности мировоззренческих представлений, методологических принципов и методов.

Современное строительство как средообразующая сфера человеческой деятельности должно базироваться на современных экологизированных и гуманизированных решениях проблем строительства объектов в условиях обеспечения требований безопасности строительных технологий и систем, а также комфортности среды жизнедеятельности. Достижение данной цели осуществляется за счет вновь создаваемой структуры и регулярной реновации комплекса учебно-методических материалов, поддерживающих систему гуманитарно-экологической составляющей инновационного образовательного процесса на основе прогрессивных методик обучения. «Концепция гуманитарно-экологической подготовки специалистов по гуманитарно-экологической безопасности строительных технологий и систем» главным отличием имеет процессный гуманитарно-экологический подход и системность в разработке типовой модели содержательной характеристики образовательной среды, которая обеспечивает инновационный формат представления в сочетании с возможностями перманентной актуализации, основанной на регулирующих эколого-гуманитарных решениях системного уровня. При формировании учебных планов специальностей высшего строительного образования и специализаций различных уровней внедрен новый подход к формированию содержательной компоненты учебного процесса по гуманитарно-экологическому циклу дисциплин. Инновационные технологии обучения интегрированы в гуманитарно-экологические и природоведческие дисциплины и устанавливают требования гуманитарно-экологической безопасности и комфортности среды жизнедеятельности. Основным компонентом гуманитарно-экологической образовательной среды высшей строительной школы является учебно-методическое обеспечение.

Главным базисом гуманитарно-экологической перестройки строительства должны послужить научные исследования, а их результаты — основой технических решений гуманитарно-экологических строительных проектов.

В среде специалистов сложилось устойчивое мнение, что основным звеном в строительстве является собственно архитектурно-строительный проект в прямом привычном смысле этого понятия и выполнение строительно-монтажных работ. Однако главную роль на всех этапах реализации инвестиционно-технологического строительного комплекса играет наличие высококвалифицированных инженерных кадров с надлежащим уровнем профессиональной гуманитарно-экологической подготовки для решения гуманитарно-экологических задач и учета специфики проекта. Главной особенностью современных строительных проектов в условиях развивающегося гуманитарно-экологического кризиса и повышающихся требований к качеству создаваемой среды жизни человека является обязательная необходимость научно-исследовательского сопровождения, что также требует специальной гуманитарно-экологической подготовки кадров высшей квалификации. Эти кадры должны обладать способностью и готовностью к повышению уровня своего образования на протяжении всей своей профессиональной карьеры.

Глава 1. МЕТОДИКИ И ОБЪЕКТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

1.1. Выбор и обоснование темы реферативного исследования

В главе 1 обучающийся осуществляет выбор и обоснование темы реферативного исследования о методах эксперимента и моделирования, а также оценки безопасности инноваций в экспериментальных исследованиях свойств строительных материалов и систем, грунтов оснований объектов строительства на основе стандартов информационных технологий. В данном разделе приведены объекты для выбора темы реферативного исследования (рис. 1).

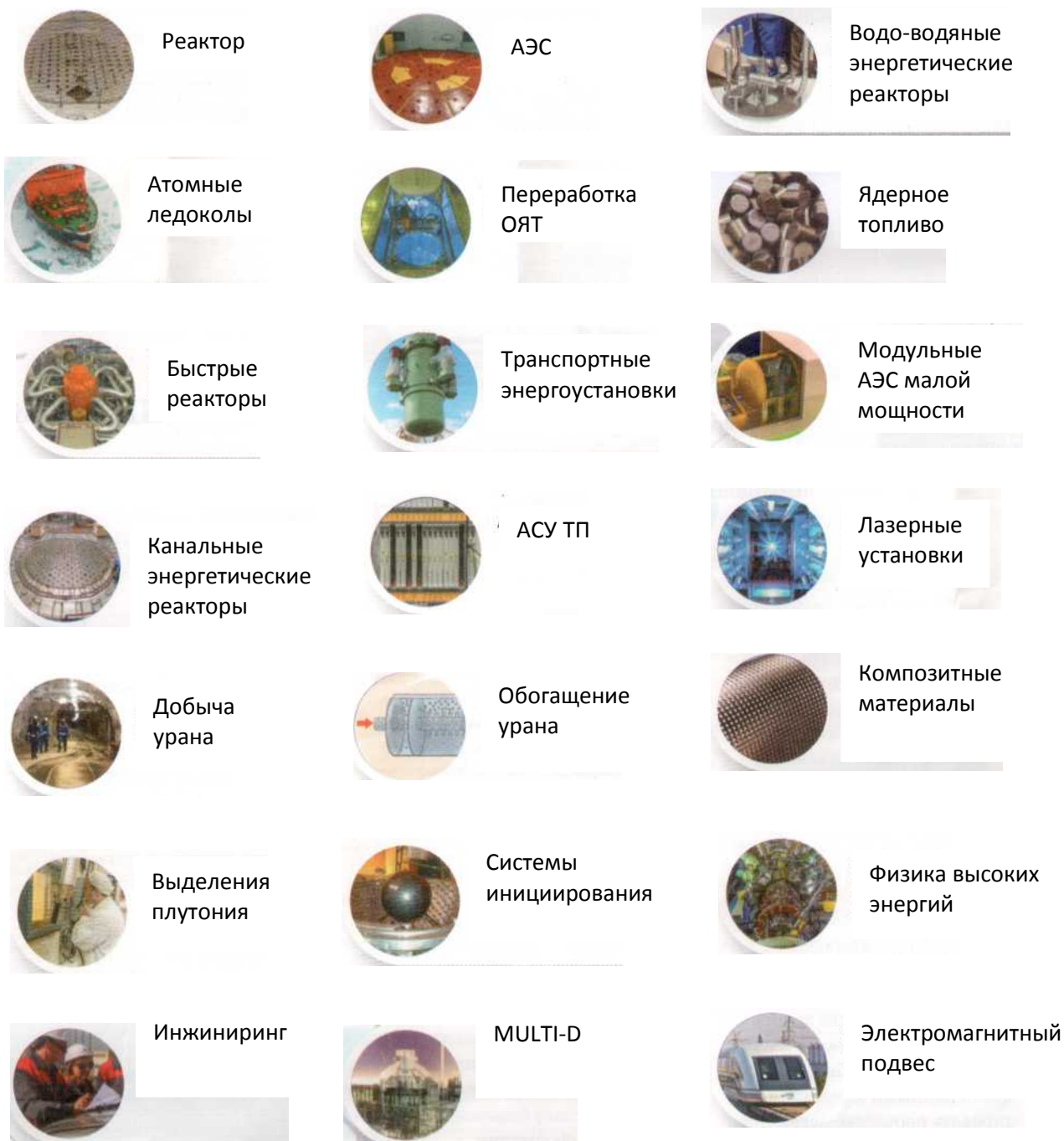


Рис. 1. Объекты для выбора темы реферативного исследования

Сегодня в теории и практике управления высок интерес к идеям самоорганизации систем и организационных структур. Каким образом в формальных организациях, проводящих экспериментальные исследования и изыскания для строительства, генерировать самоорганизующиеся структуры — это центральный вопрос. В [1] речь идет не о любых случаях самоорганизации, а только о тех, когда профессиональные (по должности) управленцы целенаправленно «генерируют» самоорганизующиеся формы как структурные единицы организации и обеспечивают их существование. Научно-техническая проблема создания технопарков, в которых создают самоорганизующиеся структуры для выполнения экспериментальных исследований и изыскательских работ в строительстве, — это проблема их автоматизации на основе использования современных достижений в области информационных технологий и обеспечивающих логистическое решение экспериментальных и изыскательских задач в области методов и средств измерения [2].

В последние десятилетия в России значительно возрос уровень требований к комплексности экспериментальных исследований и изысканий перед началом возведения строительных объектов [3]. Появились межгосударственные и национальные стандарты по менеджменту эксперимента и изысканий для строительства, используются рыночные атрибуты сертификации и страхования рисков при проведении изысканий для строительства, применяются современные методы экспериментальных исследований и испытаний, а также средств измерений [4]. Законодательство России пополнилось нормативно-правовыми документами в области защиты интеллектуальной собственности, инновационной и научной деятельности, метрологии и единства измерений [5].

К настоящему времени разработан и описан обширный набор инструментов коммуникации, структурирован процесс коммуникации, предложены схемы планирования и реализации коммуникационной политики [6]. Передовые разработки в области информационных технологий и коммуникаций, а также богатый опыт исследователей прочностных свойств грунтов и горных пород оснований, строительных материалов, конструкций и строительных систем требуют адаптации к практической организации процессов экспериментальных исследований и изысканий инноваций в строительстве [7].

Простое сведение всех вопросов к комплексности методов и средств измерений для производства изысканий может нанести экономический ущерб из-за потери возможных бифуркаций этого процесса, которые создают предпосылки положительных синергических эффектов в процессе экспериментальных исследований, например, исследования грунтов и скальных пород оснований крупных строительных объектов, которыми, как правило, являются объекты энергетики [8; 9].

Для подготовки реферата по теме главы 1 могут быть актуальны следующие проблемные вопросы экспериментаторов [10]:

- экспериментальные методы атомной физики. Онлайн-эксперименты;
- необходимый и достаточный объем экспериментальных исследований;
- моделирование источников излучения;
- моделирование радионуклидного состава;
- моделирование радиационно-физических и экологических характеристик;
- моделирование пассивных и активных методов защиты;
- модели расчета толщины локальных и теневого защитных экранов;
- модели расчета допустимого времени пребывания в зоне контролируемого доступа при обследовании и ремонте в боксах и помещениях радиационно-опасных объектов;
- модели реакции активации;
- модели элементного состава;

- модели расчета наведенной активности и объемов радиоактивных отходов;
- моделирование: объекты, параметры, методы и средства контроля радиационных характеристик среды обитания человека;
- моделирование и радиационный контроль в санитарно-защитной зоне;
- моделирование и расчет мощности дозы в жилых и производственных помещениях;
- моделирование и расчет безопасного расстояния;
- моделирование и расчет толщины защитных барьеров;
- оперативная оценка мощности дозы на местности;
- анализ радиационной обстановки на местности.

В сочетании указанных направлений в реферате производится научный поиск в направлении создания и развития метода логистической организации процесса изыскания метрологических инноваций в экспериментальных исследованиях для строительства уникальных зданий и сооружений тепловой и атомной энергетики [11].

Предложенный для использования метод логистической организации изысканий метрологических инноваций в экспериментальных исследованиях для строительства может явиться наиболее эффективным.

Цель написания реферата — решение научно-технической проблемы создания информационной технологии, обеспечивающей системный подход к логистической организации изыскания метрологических инноваций для масштабных задач строительного комплекса. Обучающийся составляет реферат на примере выбора методов моделирования и оценки инноваций в метрологию прочностных и других свойств строительных материалов и систем, а также грунтов оснований объектов строительства на основе стандартов информационных технологий [12].

Совершенствование обмена информацией в области изыскания метрологических инноваций в строительстве позволит использовать синергические факторы и создаст предпосылки устойчивого подъема строительного комплекса страны. Для достижения поставленной цели в реферативном исследовании решаются задачи функционального анализа и синтеза методологии логистической организации структуры управления процессом изыскания метрологических инноваций для строительства [13].

Объектом реферативного исследования являются интеллектуальные информационные системы, логистические информационные системы и другие автоматизированные системы обработки информации [14].

Предметом реферативного исследования являются *гибридные интеллектуальные информационные системы* (ГИИС), инновационные методы логистической организации изыскания нововведений для строительства, методы оценки моделей и средств измерения прочностных и других свойств строительных материалов и систем, а также грунтов оснований объектов строительства, в частности для решения проблемы их рационального выбора [15].

Основаниями реферативной работы являются:

- принцип логистической организации процесса изысканий метрологических инноваций для строительства;
- методология менеджмента инноваций в области метрологических изысканий для строительства;
- метод логистического параметрирования организационной структуры объекта строительства;
- методы логистического моделирования информационных систем процесса изысканий для строительства на функциональном и технологическом уровне;

- логистическая модель управления системой мониторинга инновационного процесса на функциональном уровне;
- методология экспертизы метрологических инноваций в процесс изыскания грунтов оснований строительных объектов;
- синергическая модель процесса изыскания метрологических инноваций в строительстве.

Практическая значимость результатов реферативного исследования заключается в том, что реферат, решая проблему логистической организации процессов изысканий для гидротехнических сооружений, вносит существенный вклад не только в сфере метрологии прочностных свойств грунтов, но и в методологию системного моделирования и управления инновационными процессами в любых других сферах [14].

Практическая значимость реферативной работы заключается в возможности использования предложенного инновационного метода логистического моделирования.

В состав методологии могут входить: методология менеджмента инноваций в области метрологических изысканий для строительства; метод логистического параметрирования организационной структуры объекта строительства; метод функционально-логистического моделирования информационных систем изыскательского процесса для строительства; функционально-логистическая модель управления системой мониторинга инновационного процесса на функциональном уровне; методология экспертизы и сертификации метрологических инноваций в процесс изысканий для строительства [15].

Методологические результаты, описанные в реферате, найдут применение при создании логистических систем мониторинга изысканий для строительства крупных объектов техно-сферы, их виртуальных интерактивных моделей для логистического анализа на глобальном, региональном, территориальном, местном (объектном) и персональном уровнях принятия решений [16]. Методологические результаты, полученные автором реферата, в первую очередь будут полезны ему при проведении экспертизы инновационных проектов планов, программ и конкретных проектов создания технических (строительных) объектов, а также для дипломного проекта [17].

Современные информационные технологии позволяют разработать систему мониторинга нововведений для строительства в целях обеспечения процесса изысканий для локального строительного объекта оперативной информацией [18].

Однако в строительной науке и практике не известны методологические подходы к системной организации изысканий вообще и в частности изыскания нововведений для строительства. Методологию решения этой проблемы студенты могут решать на примере рейтинговой оценки [19].

При оформлении реферата обучающийся должен использовать следующие стандарты структурирования, оформления и правомерного заимствования ссылочного материала других авторов:

1. ГОСТ 7.32–2017 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления». — Москва : Стандартинформ, 2017. — 32 с.

2. ГОСТ Р 7.0.5–2008 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления. Издание официальное». — Москва : Стандартинформ, 2008. — 20 с.

3. ГОСТ Р 7.0.11–2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». — Москва : Стандартинформ, 2017. — 18 с.

1.2. Перспективные направления экспериментирования и моделирования объектов энергетики

Представим себе перспективу развития техносферы в общем, для всего человечества в пространстве, образующем умную оболочку вокруг Земли — ноосферу, так называемую сферу разума, предсказанную в научных трудах академика В.И. Вернадского (1863–1945) [11; 12].

Не абстрагируясь от строительства объектов энергетики, будем рассматривать новый технологический уклад, который определяется приоритетным научным направлением — мехатроникой, под воздействием которого инновационная устойчивость и экологическая безопасность на планете достигнут необходимого равновесия.

Мехатроника [10–12; 43] — научное технико-технологическое направление перспективного технологического уклада в развитии техносферы, интегрирующее энергетику, механику и искусственный интеллект в совокупности с передовыми технологиями в производстве, накоплении, преобразовании и передаче информации, энергии и материалов, занимающиеся различными аспектами применения и разработки умных устройств, умных транспортных средств, умных домов, умных городов, умных энергетических объектов и, наконец, умной планеты с глобальным искусственным интеллектом.

Первым типичным *умным мехатронным устройством* в ряду автоматических устройств был промышленный робот [10–12; 44], так как с начала его создания и конструкция, и принцип его функционирования базировались на использовании ЭВМ. Без информационной системы и без автономной энергетической установки макет робота перестает быть роботом, превращаясь в многосвязный шарнирный механизм.

Классификация мехатронных устройств по принципу управления дает следующие группы:

- антропоморфные мехатронные устройства, например антропоморфные роботы, действия которых контролируются человеком. К таким устройствам можно отнести компьютерные системы управления атомной или тепловой электростанцией, автомобилем, самолетом и другими сложными энергетическими объектами;
- мехатронные устройства с циклическим управлением, например системы защиты ядерных реакторов, турникеты или автоматические двери с многократным выполнением однотипной операции, которая определяется некоторым установленным алгоритмом, находящимся в памяти;
- мехатронные устройства с модифицируемой программой управления, например роботы, алгоритм работы которых можно изменять в некоторых пределах и для работы можно выбрать довольно большое количество программ;
- мехатронные устройства, работающие по принципу воспроизведения программы, работу которых предварительно отлаживает оператор путем тренировок и обучения, например, показывая траекторию движения манипулятора, которую робот самостоятельно многократно повторяет в процессе работы.

Мехатронная технология основывается на практической возможности создания по единой технологии, в которой интегрируются в единую комплексную систему электронные приборы, оптические компоненты, энергетические и механические структуры мультикомплексированных устройств с искусственным интеллектом [10–12; 43; 45].

Электронная технология для мехатроники базируется на всей гамме технологических процессов изготовления электронных компонентов. Наиболее характерные из них кремниевые, оксидно-пленочные на основе алюминия, цинка, цинк-титан-свинец керамики, металлоорганики и других структурированных пленочных и волоконных материалов, т.е. материалов на основе легкоплоскостных антиферромагнетиков, редкоземельных соединений с гигантской