

УДК 338.24

**СОВРЕМЕННЫЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В
ПРИБОРОСТРОЕНИИ: ВЛИЯНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ,
ПРОИЗВОДСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЮ РАКЕТНОЙ ТЕХНИКИ**

Ядова Н.Е.*к.э.н., доцент,**доцент кафедры ИБМ-1 НУК ИБМ,**МГТУ им. Н.Э. Баумана,**Москва, Россия***Осико С.М.***студентка 4-го курса,**кафедра «Стартовые ракетные комплексы»,**МГТУ им. Н.Э. Баумана,**Москва, Россия***Аннотация**

В представленной статье рассмотрены вопросы внедрения цифровых технологий в приборостроении, проанализирована их значимость для производственных процессов приборостроительной отрасли в России, приведены проблемы и основные требования, предъявляемые к цифровому производству ракетной техники как частному случаю приборостроения. Также приведены конкретные примеры внедрения цифровых технологий на предприятиях по производству ракетной техники, определены перспективные направления цифровизации производства и рассмотрены вопросы обеспечения информационной безопасности. Как результат, предложены оптимальные пути решения проблем внедрения цифровых технологий в приборостроении и ракетостроении в частности.

Ключевые слова: цифровые технологии, цифровизация, приборостроение, ракетостроение, промышленные предприятия, информационная безопасность, технологический процесс, перспективы развития.

***MODERN DIGITAL TECHNOLOGIES IN INSTRUMENT MAKING:
INFLUENCE ON DESIGN ENGINEERING, PRODUCTION AND OPERATION
OF ROCKETRY***

Yadova N.E.

PhD, Professor,

Department «Economy and Business»,

Bauman Moscow State Technical University,

Moscow, Russia

Osiko S.M.

4th year student,

Department of Launch Missile Systems,

Bauman Moscow State Technical University,

Moscow, Russia

Abstract

The presented article discusses the issues of introducing digital technologies in instrumentation. It presents the problems and basic requirements for the digital production of rocket technology. The significance of digital technologies for the production processes of the instrument-making industry in Russia is analyzed. In addition, the author gives specific examples of introducing digital technologies at enterprises for the production of rocket technology and identifies promising directions of digitalization of production. The issues of ensuring information security

are considered, and optimal ways of solving the problems of introducing digital technologies in instrument making and rocketry, in particular, are proposed.

Key words: digital technologies, digitalization, instrumentation, rocketry, industrial enterprises, information security, technological process, development prospects.

Введение. Цифровые технологии – это продукты, созданные посредством цифровой вычислительной техники и соответствующего программного обеспечения (ПО), и не отделимые от них. Нередко цифровые технологии путают с информационными, но в действительности они являются лишь составной частью информационных технологий. Так, к информационным относят все технологии, связанные с обменом информацией, в том числе и посредством аналоговых устройств.

Например, для измерения тока в цепи мы можем использовать информационное аналоговое устройство – электроизмерительный прибор амперметр, имеющий стрелочный указатель (в связи с чем иногда вместо термина «аналоговый» также употребляют «стрелочный»). В нем используется аналоговый сигнал – непрерывная функция изменений измеряемой величины.

Или мы можем использовать информационное цифровое устройство – амперметр, например, в составе электроизмерительного прибора мультиметра. В данном случае используется уже цифровой сигнал, состоящий из импульсов, амплитуда которых может принимать только два разрешенных значения – высокий и низкий уровень. Высокий уровень напряжения соответствует логической единице, а низкий уровень – логическому нулю. Таким образом, аналоговые устройства обрабатывают непрерывные во времени (аналоговые) сигналы, передаваемая и хранимая на них информация не унифицирована; а цифровые – дискретные во времени (цифровые) сигналы, передаваемая и

храняемая на них информация представлена в виде универсального цифрового кода.

Следует отметить, что аналоговые устройства имеют меньшую точность, чем аналогичные цифровые. Причем погрешность может быть связана не только с относительной точностью шкалы, но и с другими особенностями: если при считывании показаний взгляд не перпендикулярен шкале, то видимое положение стрелки не будет соответствовать реальному. С другой стороны, аналоговые приборы более дешевые и простые в использовании.

Наряду с тем, хранение и последующее извлечение больших массивов информации в цифровых системах проще, чем в аналоговых. При этом данные передаются без повреждений вследствие помехоустойчивости. Часто цифровые устройства обладают меньшими габаритами, большей экономичностью и дольше служат. Так, микросхемы потребляют меньшее количество энергии и одновременно с тем имеют большее время безотказной работы, чем аналогичная механическая техника. Среди главных недостатков цифровых технологий – негативное воздействие на климат (к примеру, выбросы парниковых газов в производстве литий-ионных аккумуляторов).

Все вышеперечисленные преимущества и сравнительно малые недостатки привели к взрывному развитию цифровых технологий, начиная с 1980-х годов, ознаменовавшихся появлением первых персональных компьютеров. Это и стало причиной того, что в настоящее время все сложные измерительные задачи – например, задачи измерительно-информационных систем, обрабатывающих результаты измерения по сложной программе, – с меньшими затратами автоматически решаются именно цифровыми измерительными устройствами.

Цифровые технологии, каменный век и древний Китай. С незапамятных времен люди занимались созданием карт движения небесных тел, чертежей механизмов – словом, изучением и упорядочиванием

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ВЕКТОР ЭКОНОМИКИ»

окружающего мира. Так, одно из наиболее ранних упоминаний вычислительных устройств приходится на период 2700-2300 до н. э. Тогда в древнем Шумере было распространено такое устройство, как абак – доска с начерченными на ней линиями, аналог современных калькуляторов. В действительности же, чтобы увидеть начало, нам потребуется отправиться еще дальше – во времена, задолго до появления первых высокоразвитых цивилизаций, когда человек только-только делал свои первые шаги. Тогда выживание человечества на протяжении многих лет зависело от умения подмечать закономерности природы и поведения хищников. Вытеснение человека другими видами было бы предопределено, если бы не наша уникальная способность к долговременной памяти. Ее прямым результатом и является поиск системы и логики в окружающем нас мире.

Так и цифровизация возникла из желания человека описать то, что он видит, но иначе – посредством цифр, в одной из наиболее компактных форм. Таким образом, производя запись и хранение информации в форме бинарного кода, человек воссоздал цифровую картину окружающего мира в формате, подходящем для обработки компьютером. Следствием этого и стал прогресс технологий.

На данном этапе стоит остановиться и задуматься: действительно, цифры являются одним из наиболее емких способов хранения информации (по сей день самыми информационно емкими, впрочем, являются не цифры, а молекулы ДНК), но почему именно нули и единицы? И как это может быть связано, например, с философией древнего Китая? Общеизвестный факт, что создателем современной двоичной системы является Лейбниц. Она была полностью описана им в работе «Explication de l'Arithmétique Binaire» в XVII веке. А между тем, Лейбниц увлекался китайской культурой. Он знал об одном из наиболее ранних китайских философских текстов – «Книге Перемен», и заметил, что гексаграммы в ней приведены в соответствие двоичным числам от

0 до 111111. Лейбниц полагал, что это – свидетельство крупных китайских достижений в философской математике того времени. Позже французский математик Пьер-Симон Лаплас напишет: «Лейбниц видел в двоичной арифметике изображение создания, единица и ноль выражают все числа в системе счисления». Иными словами, он считал, что двоичная система служит доказательством, что все может быть получено из ничего, что 1 – это Бог, а 0 – это ничто.

В конечном счете, именно эту систему в XX веке начали применять для программных вычислений: в 1941 году был создан приближенный к нашему типу первый компьютер, в 1948-м – разработана первая программа для ЭВМ, а уже в 1981-м году выпущен первый массовый персональный компьютер.

Цифровые технологии в приборостроении. В течение нескольких последних десятилетий информационные технологии шагнули далеко вперед, и цифровые технологии, в частности, стремительно развиваются. В каждой области существуют свои особенности как самой информации, так и способов работы с ней. Так, цифровые технологии давно идут бок о бок с производством, оптимизируя его и автоматизируя. С их помощью разрабатываются новые материалы, открываются предсказанные химические элементы и соединения, производится прогнозирование и моделирование различных ситуаций, предотвращается нерациональное использование ресурсов, предупреждаются аварийные ситуации и так далее.

Деятельность человека так сильно стала зависеть от цифровых технологий, что они нуждаются в постоянном развитии, и приборостроение не в меньшей – а вероятно, даже в большей степени, – чем другие сферы, имеет потребность в использовании цифровых устройств. Причем область применения цифровых технологий в приборостроении необычайно широка.

Специалисты по развитию промышленности уже давно предвидели, что процессы разработки, подготовки, изготовления, эксплуатации и поддержки

производства могут и должны объективно рассчитываться и оптимизироваться. Ранее эта возможность сдерживалась малой мощностью и дефицитом возможностей компьютеров, но с внедрением современных цифровых технологий в различные сферы жизни, наконец, стала доступной.

Действенным средством оптимизации отрасли приборостроения в последнее десятилетие выступили новые информационные CALS-технологии. Это – сквозная поддержка сложной наукоемкой продукции на всех этапах ее жизненного цикла. Понятие «Жизненный Цикл Изделия» (ЖЦИ) включает в себя все стадии жизни изделия – от изучения рынка перед проектированием до утилизации изделия после использования.

Исторически методология информационной поддержки процессов жизненного цикла изделий CALS зародилась в США в середине 80-х годов. Эта аббревиатура изначально расшифровывалась как Компьютеризированная Поддержка Логистических Систем (Computer-Aided Acquisition and Logistics Support), однако после несколько раз меняла свою расшифровку. В отечественной литературе при употреблении термина CALS обычно подразумевается Поддержка Непрерывных Поставок и Жизненного Цикла (Computer-Aided Acquisition and Lifecycle Support). Русскоязычным аналогом CALS является равнозначный термин ИПИ (Информационная Поддержка процессов жизненного цикла Изделий). По оценкам экспертов, эффективность производства, реализованного на базе ИПИ-технологий, примерно на 30-40% выше эффективности традиционного производства [1].

Стоит отметить, что приборостроение, как отрасль, имеет характерную особенность: специалист в этой сфере должен обладать не только проектно-конструкторскими, но и технико-технологическими знаниями, умениями и навыками. В области проектирования и технологической подготовки производства изделий принципы ИПИ/CALS нашли свое отражение в создании

ряда программных систем, спектр которых на данный момент чрезвычайно велик. К ним относятся:

- 1) системы автоматизированного конструкторского и технологического проектирования (CAE/CAD/CAM);
- 2) программные средства управления данными об изделиях (PDM);
- 3) автоматизированные системы планирования и управления производством (MRP/ERP);
- 4) системы анализа, поддержки и ведения баз данных (LSA/LSAR);
- 5) программные средства управления потоками работ (WF);
- 6) программные средства моделирования и анализа бизнес-процессов (SADT).

Рассмотрим подробнее системы автоматизированного конструкторского и технологического проектирования. Обычно эти системы объединяются в так называемый САПР (системы автоматизированного проектирования) или CAD/CAM/CAE-системы, где представляется возможным и проектировать, и производить расчеты, и составлять документацию [8]. К ним относятся чертежные программы, иначе – CAD-системы (AutoCAD, Компас-3D, SolidWorks и др.), программы расчета и анализа данных, иначе – CAE-системы (ANSYS, MSC.Software и др.), а также программы технологической подготовки изделий к производству, иначе – CAM-системы (IMS Software, MasterCAM, SolidCAM и др.). К тому же существуют примеры объединения CAD/CAM/CAE-систем: Pro/ENGINEER, CATIA, NX, T-FLEX, ЛИРА-САПР.

Математическое обеспечение САПР отличается разнообразием используемых методов вычислительной математики, статистики, программирования и искусственного интеллекта и относится к числу наиболее сложных современных программных систем. Таким образом, обучение работе в САПР – необходимая часть подготовки инженеров разных специальностей, без освоения которой невозможно стать полноценным специалистом.

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ВЕКТОР ЭКОНОМИКИ»

Следует подчеркнуть: несмотря на то, что в настоящее время отдельные этапы проектирования – например такие, как анализ, расчет, оптимизация, – полностью выполняются компьютером, проектирование без участия человека в полном объеме невозможно. Следовательно, процесс проектирования является не автоматическим, а автоматизированным (подразумевающим некоторое участие человека).

На начальных этапах жизни приборов применяются следующие подсистемы (инструменты) САПР [9]:

- 1) построение математических моделей;
- 2) упрощение математических моделей;
- 3) моделирование;
- 4) анализ;
- 5) синтез.

Все перечисленные подсистемы строятся на основе специально созданного для этой цели пакета прикладных программ аналитических преобразований на ЭВМ.

Отметим, что на данный момент не существует универсальной программы, сочетающей в себе все необходимые инструменты, знание которой позволило бы ограничиться сугубо ее использованием. Слишком большой диапазон задач у инженера-приборостроителя. Поэтому разработка такого инструмента до сих пор является весьма актуальной задачей в цифровизации приборостроительной отрасли.

Ракетостроение как частный случай приборостроения.

Ракетостроение является одной из главных отраслей приборостроения и машиностроения в России. Наши предприятия – одни из крупнейших в мире производителей ракет стратегического и гражданского назначения. В данном пункте уделим особое внимание ракетной технике, относящейся к ВВСТ

(вооружение, военная и специальная техника) и РВСН (ракетные войска стратегического назначения).

Согласно статистике Минобороны РФ, с 2012 по 2020 год было проведено плановое перевооружение армии [6]. В том числе было произведено перевооружение группировки РВСН на ракетные комплексы «Авангард» стационарного и «Ярс» подвижного и стационарного базирования, в результате чего доля современных образцов выросла с 42% до 81%. Также выросло количество носителей стратегических неядерных высокоточных крылатых ракет большой дальности – в 13 раз за последние 8 лет, – а также и самих ракет. Это ракеты для наземных комплексов «Искандер-М», крылатые ракеты воздушного базирования Х-101 и крылатые ракеты морского базирования «Калибр». В скором времени на вооружение поступит гиперзвуковая ракета «Циркон», которая успешно прошла испытания в 2020 году. Таким образом, количество высокоточных ракет в войсках с 2012 по 2020 год выросло в 37 раз.

Во многом демонстрируемые темпы разработки новых разновидностей ВВСТ и их постановки на вооружение обусловлены цифровизацией различных этапов производства. Однако и на сегодняшний день она не является достаточной. Рассмотрим по порядку, каковы на данный момент цели и направления внедрения цифровых технологий в ракетостроении.

Целями цифровизации производства ракетной техники являются [3]:

- 1) повышение качества продукции предприятий путем внедрения технологий проектирования и производства (САПР);
- 2) сокращение сроков разработки новых образцов ВВСТ от эскизного проекта до начала выпуска серийной продукции;
- 3) повышение результативности за счет организации электронного взаимодействия в едином информационном пространстве (ИПИ-технологии);
- 4) повышение производительности труда за счет комплексной автоматизации;

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ВЕКТОР ЭКОНОМИКИ»

5) оптимизация использования имеющихся ресурсов предприятий, выявление и рациональное использование скрытых резервов.

Основные направления цифровизации предприятий по производству ракетной техники, очевидно, ведут к достижению поставленных целей и во многом совпадают с ними. Можно назвать [10]:

1) преобразование существующих предприятий в цифровые путем комплексной автоматизации и внедрения интегрированных информационных систем и передовых технологий;

3) широкое внедрение в практику технологий 3D-проектирования, математического моделирования и компьютерных технологий;

4) создание цифровой базы информации об образцах и компьютерных виртуальных моделей («цифровых двойников») существующих изделий;

5) обеспечение выполнения требований по защите сведений, составляющих государственную тайну, и информационной безопасности;

6) развитие системы подготовки специалистов в области применения информационных технологий;

7) машинное обучение и искусственный интеллект для решения задач при управлении предприятиями и производством.

В настоящее время предприятия по большей части решают вопрос о цифровизации и создании собственной цифровой системы самостоятельно. На уровне Российской Федерации не существует универсального цифрового пространства, которое объединило бы предприятия по производству ракетной – и не только – техники, ускорив тем самым процессы производства и сделав ЖЦИ прозрачным на каждом этапе как для заказчика, так и для предприятий-производителей.

На данном этапе мы можем провести аналогию с цифровыми и аналоговыми устройствами: тогда как цифровые устройства работают с информацией, представленной в цифровой форме, и ее можно без особых

усилий передать на компьютер, аналоговые устройства требуют предварительной обработки сигнала из аналоговой в цифровую, и только после преобразования информация может быть обработана компьютером. Так и цифровые системы отдельных предприятий: они являются уникальными разработками, а это усложняет организацию производственных связей между предприятиями и, следовательно, замедляет производство.

Основополагающие требования, предъявляемые к цифровому производству ракетной техники. К основным требованиям, предъявляемым к цифровому производству ракетной техники гражданского и стратегического назначения можно отнести [3]:

1) создание на промышленном предприятии единого информационного пространства, с помощью которого все автоматизированные системы управления, а также промышленное оборудование и производственный персонал смогут оперативно и своевременно обмениваться информацией;

2) компьютеризация всех рабочих мест и производственного оборудования;

3) использование современного программного обеспечения по подготовке производства (САПР), управления производством (MES) и управления ресурсами (ERP);

4) создание единого информационного пространства для обмена данными между организациями, работающими в рамках одной темы;

Отрасль стратегического ракетостроения имеет свои особенности, связанные, в первую очередь, с обеспечением информационной безопасности и секретностью. По этой причине применение иностранных цифровых технологий невозможно в полной мере и должно быть ограничено. Однако, несмотря на это, использование на предприятиях некоторых иностранных программ неизбежно, поскольку их отечественные аналоги еще не были разработаны. При этом на предприятиях должны функционировать

гарантированные средства защиты и создаваться специальные регламенты, регулирующие работу персонала. Как правило, это увеличивает затраты, но, по крайней мере, позволяет предприятиям находиться на передовом технологическом уровне.

Основные проблемы, препятствующие развитию цифровых технологий при разработке и производстве ракетной техники. Несмотря на то, что процесс цифровизации российских предприятий – амбициозный и необходимый для дальнейшего развития страны проект, его реализация тормозится рядом проблем. К ним относятся:

1) несоответствие (а порой и отсутствие) нормативно-правовой и производственной базы современным требованиям по внедрению цифровых технологий на предприятиях, практически полное отсутствие эффективно функционирующей цифровой инфраструктуры, вследствие чего возникает необходимость значительных временных, научных и денежных ресурсов [5];

2) недостаток и в том числе интенсивный отток из отрасли квалифицированных специалистов, имеющих необходимые навыки работы в области применения цифровых технологий;

3) отсутствие наработанных типовых моделей создания интегрированных информационных систем в защищенном исполнении и кооперации предприятий для выполнения работ, связанных с обработкой информации, содержащей сведения, составляющие государственную тайну;

4) бюрократические препятствия быстрой трансформации экономики, невозможность быстрого объединения предприятий, функционирующих в одной или смежных областях, в рамках единого информационного пространства;

5) консервативность предприятий, неготовность к изменениям и дигитализации, в частности.

Примеры внедрения цифровых технологий на предприятиях по производству ракетной техники. 25 декабря 2018 года в НПО Энергомаш состоялась научно-практическая конференция «Стратегия развития информационных технологий Госкорпорации «Роскосмос» на период до 2025 года и перспективу до 2030 года», на которой были сформулированы ключевые направления развития [4]:

- 1) интегрированная система управления (ERP);
- 2) цифровизация производства и ЖЦИ;
- 3) система математического моделирования;
- 4) Big Data (создание современной инфраструктуры хранения и представления информации, централизация сервиса хранения и получения данных);
- 5) сервисная парадигма;
- 6) анализ данных на основе искусственного интеллекта;
- 7) ситуационно-аналитический центр;
- 8) инфраструктура ИТ.

В результате к 2030 году предполагается создание отечественной цифровой экосистемы «Роскосмос 2.0». Также 12 марта 2021 года «Роскосмос» объявил об утверждении стандартов, регламентирующих работу с электронной технической документацией. В результате этого планируется полностью перевести проектирование в цифровой вид, а также обеспечить создание цифровых двойников изделий.

В частности, на НПО Энергомаш – один из лучших в мире разработчиков жидкостных ракетных двигателей – впервые планируется полное цифровое проектирование двигателя. Новый двигатель для ракеты-носителя «Союз-5» будет спроектирован без единого бумажного чертежа. Также на базе предприятия успешно внедряется проект «Технологии цифрового проектирования и производства». На текущий момент введены в

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ВЕКТОР ЭКОНОМИКИ»

промышленную эксплуатацию модули информационной системы управления жизненным циклом продукции (PLM), активно реализуется проект по внедрению информационной системы управления ресурсами предприятия (ERP). Производится комплексное укомплектование рабочих мест, осуществляется оцифровка конструкторской и технологической документации.

Также рассмотрим результаты внедрения цифровых технологий на примере предприятий, входящих в научно-производственную кооперацию АО «Корпорация "Московский институт теплотехники"» (МИТ). Основная продукция предприятий – это межконтинентальные баллистические ракеты стратегического и тактического назначения. В последние годы на предприятиях наблюдались такие позитивные изменения, как [3]:

1) повышение качества проектирования, изготовления и надежности разрабатываемых изделий на 10–30%;

2) снижение количества ошибок в производстве за счет их обнаружения и устранения на ранних этапах подготовки в системах автоматизированного производства, что приводит к сокращению производственных издержек до 25%;

3) сокращение сроков разработки новых изделий на 20–40%, сокращение времени на подготовку и запуск производства;

4) экономия материальных ресурсов до 10%, снижение объемов складских запасов до 20%.

Достижение вышеуказанных результатов стало возможным по той причине, что на большинстве предприятий АО «Корпорация МИТ» уже имелись начальные условия для внедрения цифровых технологий, а именно:

1) на всех предприятиях используются ERP-системы преимущественно отечественного производства;

2) внедрены или выполняются работы по внедрению систем управления инженерными данными с использованием САПР, базирующихся на общем ядре

и позволяющих обеспечить комплексное выполнение процессов создания изделий;

3) научные, конструкторские, технологические и производственные подразделения имеют современные автоматизированные рабочие места;

4) для решения задач прочности, газотермодинамики и теплопроводности используются методы математического моделирования; для целей инженерного анализа используются коммерческие программы и коды собственной разработки.

Выводы и варианты решения проблем цифровизации. Цифровые технологии оказывают значительное влияние на деятельность предприятий. В результате становится возможным повысить качество выпускаемой продукции и снизить затраты на производство, оптимизировать использование ресурсов и сам ЖЦИ, сокращая путь от момента возникновения идеи о создании изделия и до его производства [2]. Для решения проблем, препятствующих развитию цифровых технологий, предлагаются следующие меры:

1) Целенаправленная подготовка кадровой базы под нужды приборостроения и ракетно-космической промышленности в частности. Действующая система образования не готова быстро реагировать на потребности цифровизации. По этой причине учебные программы следует модернизировать, включив в них дисциплины по обучению работе в САПР, проведение интегрированных лабораторно-практических занятий на производстве, чтобы после окончания учебного заведения молодой специалист обладал знаниями и навыками по вопросам цифровых технологий.

2) Организация курсов, вебинаров, тренингов, открытых дискуссий, семинаров по цифровизации и ИТ-специальностям для работников производства на базе предприятий [7]. Только в случае постоянного освещения вопросов дегитализации, внедрения технологий на производстве и борьбы с

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ВЕКТОР ЭКОНОМИКИ»

неофобией/технофобией можно добиться формирования базы компетентных специалистов.

3) Тенденция импортозамещения. В настоящее время преобладающее количество применяемых программ и устройств имеют зарубежное происхождение, вследствие чего необходимо создание отечественных аналогов программ и ПО, не уступающих зарубежным.

4) Дальнейшая цифровизация государства как единого целого. Последние годы мы могли наблюдать, как наше государство меняет собственный подход к работе, на фоне мирового развития цифровой экономики Россия также взяла курс на обновление и цифровизацию процессов, установление «цифровых» КПЭ для госкомпаний. Требуется дальнейшее внедрение цифровых технологий в различные сферы жизни для развития экономики.

Библиографический список:

1. Акилова И.М., Бушманов А.В. «CALS-технологии» // Сборник учебно-методических материалов для направления подготовки для направления подготовки 09.03.01 "Информатика и вычислительная техника"». Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2017. – 59 с.

2. Голубев С.С., Щербаков А.Г. «Влияние информационных технологий на деятельность оборонных промышленных предприятий России» // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: экономика. - 2018. - № 3.– С. 55-68.

3. Голубев С.С., Щербаков А.Г. «Цифровые технологии при разработке и производстве вооружения, военной и специальной техники» // Экономические стратегии. – 2018. - том 20, №8 (158). – С. 42-49.

4. Госкорпорация «Роскосмос». Официальный сайт. URL: <https://www.roscosmos.ru/> (дата обращения: 27.10.2021)

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ВЕКТОР ЭКОНОМИКИ»

5. Карпов А.С. «Ракетно-космическая промышленность российской федерации: современное состояние и перспективы» // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2008. - том 4, №12 (33). – С. 43-48.
6. Министерство обороны Российской Федерации (Минобороны России). Официальный сайт. URL: <https://mil.ru/> (дата обращения: 27.10.2021)
7. Митяева Н.В., Заводило О.В. «Барьеры цифровой трансформации и пути их преодоления» // Вестник СГСЭУ. - 2019. - № 3 (77). – С. 20-24.
8. Системы автоматизированного проектирования электронных устройств и систем (E-CAD/EDA-системы): учебное пособие / Под ред. Ю.В. Петрова; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2015. – 64 с.
9. Сольнищев Р.И. «Информационные технологии в приборостроении» // Научное приборостроение. - 2001. - том 11, № 4. – С. 80–83.
10. Щербаков А.Г. Развитие организационно-экономического механизма функционирования высокотехнологичных предприятий при внедрении цифровых технологий (на примере предприятий оборонно-промышленного комплекса России): Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук. Москва, 2019. – 163 с.

Оригинальность 85%