



НАУЧНЫЙ  
ФОРУМ  
nauchforum.ru

ISSN: 2541-8394



№9(68)

**НАУЧНЫЙ ФОРУМ:  
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-  
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

МОСКВА, 2023



# НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Сборник статей по материалам LXVIII международной  
научно-практической конференции*

№ 9 (68)  
Декабрь 2023 г.

Издается с декабря 2016 года

Москва  
2023

УДК 51/53+62

ББК 22+3

Н34

Председатель редколлегии:

*Лебедева Надежда Анатольевна* – доктор философии в области культурологии, профессор философии Международной кадровой академии, член Евразийской Академии Телевидения и Радио.

Редакционная коллегия:

*Данилов Олег Сергеевич* – канд. техн. наук, научный сотрудник Дальневосточного федерального университета;

*Маршалов Олег Викторович* – канд. техн. наук, начальник учебного отдела филиала ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ), Россия, г. Златоуст.

**Н34 Научный форум: Технические и физико-математические науки:** сб. ст. по материалам LXVIII междунар. науч.-практ. конф. – № 9 (68). – М.: Изд. «МЦНО», 2023. – 46 с.

ISSN 2541-8394

Статьи, принятые к публикации, размещаются на сайте научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU.

ISSN 2541-8394

ББК 22+3

© «МЦНО», 2023

<b>Оглавление</b>	
<b>Технические науки</b>	<b>5</b>
<b>Раздел 1. Технические науки</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Информатика, вычислительная техника и управление</b>	<b>5</b>
ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ЗАНЯТИЯ ВПП С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ	5
Волкова Эвелина Алексеевна Карева Оксана Ивановна Соколов Олег Аркадьевич	
<b>1.2. Машиностроение и машиноведение</b>	<b>11</b>
О ПРИМЕНЕНИИ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ В КОНСТРУКЦИЯХ ГИДРОЦИЛИНДРОВ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ	11
Дудинцев Владимир Александрович	
<b>1.3. Радиотехника и связь</b>	<b>17</b>
СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ УМНОГО ДОМА В ИРАКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ PIS-МИКРОКОНТРОЛЛЕРА	17
Аль-Араджи Зайнаб Хуссам Моса Мерват Дауд Маджид	
<b>1.4. Технология материалов и изделий текстильной и легкой промышленности</b>	<b>28</b>
АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ВОЕННОЙ ФОРМЕННОЙ ОДЕЖДЫ	28
Тоқтарбаева Ақерке Төлеуқызы Жилисбаева Раушан Оразовна	

<b>1.5. Электроника</b>	<b>32</b>
МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ МОЩНОГО ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ С ПЕРЕДАЧЕЙ ЭНЕРГИИ ТОКОВОЙ ПЕТЛЕЙ В СРЕДЕ MATLAB SIMULINK	32
Серегин Дмитрий Андреевич Воронин Игорь Павлович Павлова Мария Сергеевна Мостовой Дмитрий Васильевич Громов Владислав Дмитриевич	
<b>1.6. Энергетика</b>	<b>41</b>
ИССЛЕДОВАНИЕ, РАСЧЕТ И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ БАЗОВЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ	41
Андрющенко Артем Александрович Красовский Алексей Алексеевич Волошин Олег Александрович	

## **ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

### **РАЗДЕЛ 1.**

## **ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

### **1.1. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

#### **ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ЗАНЯТИЯ ВПП С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

***Волкова Эвелина Алексеевна***

*студент,*

*Санкт-Петербургский университет гражданской  
авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова,  
РФ, г. Санкт-Петербург*

***Карева Оксана Ивановна***

*студент,*

*Санкт-Петербургский университет гражданской  
авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова,  
РФ, г. Санкт-Петербург*

***Соколов Олег Аркадьевич***

*научный руководитель, канд. техн. наук,*

*Санкт-Петербургский университет гражданской  
авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова,  
РФ, г. Санкт-Петербург*

## Что такое «несанкционированное занятие ВПП»?

Согласно документу "Аэронавигационное обслуживание. Организация воздушного движения" (PANS-ATM, Doc 4444), несанкционированный выезд на ВПП определяется следующим образом: "Любое событие на аэродроме, связанное с необоснованным наличием воздушного судна, транспортного средства или лица на защищенной площади поверхности, предназначенной для выполняющих посадку и взлет воздушных судов". Также существует иное определение несанкционированного занятия ВПП: несанкционированный выезд на ВПП (Runway incursion) – это событие на аэродроме, в результате которого в защищенной зоне, предназначенной для посадки и взлета воздушных судов, несанкционированно находится воздушное судно, транспортное средство или человек.

## Системы ВС, использующиеся для борьбы с НЗ ВПП

Систем в данной области существует немало. Для примера рассмотрим систему RAAS.

**RAAS** (*Runway Awareness and Advisory System*) – система информационного оповещения о ВПП, которая является дополнением EGPWS.

**EGPWS** (*Enhanced Ground Proximity Warning System*) – усовершенствованная (расширенная) система предупреждения о близости земли – тип TAWS и/или **TAWS** (*Terrain Awareness Warning System*) – система сведений о рельефе местности и предупреждения об опасности).

На сегодняшний день данная система устанавливается опционально по желанию заказчика и не является обязательной. Назначение RAAS – выдача звуковых (через речевой информатор) и визуальных (на навигационном дисплее) сообщений о положении воздушного судна относительно ВПП и другой информации связанной с использованием ВПП. Целью системы является минимизация случаев «**runway incursion**».

**Для корректной работы RAAS должны соблюдаться следующие условия:**

- аэродром находится в базе данных препятствий системы EGPWS
- воздушное судно находится или заходит на посадку на аэродром, ВПП которого находится в базе данных RAAS
- доступны координаты воздушного судна, определенные с точностью в пределах установленных ограничений (применяется GPS)

Система работает самостоятельно без каких-либо действий со стороны экипажа и может быть принудительно отключена. Следует отметить, что сообщения, выдаваемые **RAAS**, носят исключительно информативно-рекомендательный характер. Сообщения основаны на

алгоритмах взаимодействия системы с базой данных ВПП, система не имеет возможности принимать в расчет диспетчерские разрешения, намерения экипажа, данные о закрытии ВПП. Кроме того, наличие или отсутствие сообщений **RAAS** не следует трактовать как разрешение или запрет на использование ВПП.

### **Аэродромные системы, использующиеся для борьбы с НЗ ВПП**

**Огни статуса ВПП (RWSL – Runway Status Lights).** Это инновационная система, предназначенная для обеспечения прямого указания для пилотов и водителей аэродромного транспорта, что в данный момент небезопасно занимать или пересекать взлетно-посадочную полосу или начинать взлет. Система RWSL повышает уровень безопасности на ВПП без ущерба пропускной способности аэропортов.

Система RWSL – это полностью автоматическая система консультативной безопасности, спроектированная для уменьшения количества и степени последствий случаев несанкционированного занятия ВПП и предотвращения инцидентов на ВПП. Система была разработана с учетом максимальной совместимости с существующими процедурами, выполняемыми в аэропортах и включает в себя входные огни ВПП (RELS – Runway Entrance Lights) и огни разрешения взлета (THLs – Takeoff Hold Lights).

*Что делает система RWSL?* RWSL указывает пилотам и водителям транспортных средств остановиться, когда ВПП не являются безопасными для пересечения или использования.

Встроенные в покрытие ВПП и рулежных дорожек, специальные огни системы RWLS горят красным светом, когда на ВПП находится воздушное судно или аэродромный наземный транспорт, и занятие или пересечение ВПП, а также выполнение взлета не безопасно. Огни статуса ВПП указывают только на состояние ВПП, но не разрешают использование. Пилоты должны по-прежнему получать разрешение от диспетчера для любой операции на взлетно-посадочной полосе.

Входные огни ВПП (RELS) на рулежных дорожках показывают, что взлетно-посадочная полоса не является безопасной для занятия или пересечения. На ВПП огни ожидания взлета (THLs – Takeoff Hold Lights) информируют пилотов ВС, находящегося на исполнительном старте, что взлетно-посадочная полоса не является безопасной для выполнения взлета.

*Как это работает?* Система огней статуса ВПП использует отдельную систему наблюдения за поверхностью аэропорта, которая определяет, где находятся все самолеты и наземный транспорт, и предполагает, где они будут через некоторое время. Система огней полностью автоматизирована



и максимально доработана для обеспечения безопасности и эффективности.

Система также имеет важное значение для наземных транспортных средств – огни работают точно также, как для пилотов, помогая водителям аэродромного транспорта избежать занятия или пересечения ВПП, когда это небезопасно для производства полетов. Независимо от наличия в аэропорту системы RWSL, водители наземных транспортных средств все равно должны получить разрешения для любой операции на взлетно-посадочной полосе.

**«Follow the greens»/AXON LED (ADB SAFEGATE)** – это инновационный и повышающий эффективность метод управления движением воздушных судов на рулежных дорожках аэропорта, целью которого является ускорение процедуры руления самолетов на ВПП и наоборот, сделав этот процесс более эффективным.

На аэродромах, не оснащенных подобными техническими средствами, экипаж, чтобы соблюдать и двигаться по заданному маршруту руления следует указаниям диспетчеров руления, бумажным картам или за машиной сопровождения ВС («Follow-me car»). В иных – система освещения рулежной дорожки используется для управления ВС.

Автоматически включаются отдельные огни осевой линии РД перед самолетом, подсвечивая каждый необходимый сегмент, и также автоматически выключаются огни в зонах, где они не нужны. Это делает управление самолетом более безопасным, так как ошибки сводятся к минимуму. Вся система управляется компьютером.

Маршрут, по которому должны следовать пилоты, обозначается тремя зелеными огнями на осевой линии рулежной дорожки перед самолетом.

В зависимости от вариации системы пилоты останавливаются при отсутствии зеленых огней, т.е. перед так называемой «черной дырой» или при загорании дополнительных красных стоп-сигналов (стоп-линии) на пересечениях, так же существует наилучшая модификация – интеллектуальные источники света с чередующимися дисплеями, осевой огонь рулежной дорожки, который может чередовать красный и зеленый цвета, позволяя диспетчерам указывать воздушному судну, когда остановиться или продолжить движение. Пилот видит зеленый свет – он может двигаться, а когда свет переключается на красный, он действует как стоп-линия, и пилот знает, что он должен остановиться.

### **Преимущества для пилотов**

1) Концентрация на важном: руление в незнакомом аэропорту со сложной планировкой может быть сложной задачей. Приземлившись в

аэропорту, оснащенный системой «Follow-the-Greens», можно сосредоточиться на самом важном: безопасном рулении ВС.

2) Зеленый – можно двигаться, красный – стоп: «Follow-the-Greens» имеет конкретное значение: зеленые осевые огни загораются перед самолетом и гаснут позади него. Они безопасно и эффективно доставят ВС к месту назначения с учетом движения другого транспорта и индивидуальных ограничений данного самолета. Если необходимо остановиться, зеленые огни погаснут, и загорятся красные огни стоп-сигнала.

### **Преимущества для авиадиспетчеров**

1) Снижение умственной нагрузки как ключевой фактор: поддержание осведомленности о ситуации иногда может быть сложной задачей для диспетчеров в загруженных аэропортах. TowerPad® дает визуальное представление текущей ситуации в аэропорту. Он предлагает варианты руления для каждого самолета, учитывая визуальный контекст для всех, кто находится на управлении, улучшая ситуационную осведомленность и повышая безопасность.

2) Разрешения на руление: когда пилот выполнил запуск двигателей, он запрашивает руление, а диспетчер выбирает самолет на сенсорном экране перед собой, TowerPad® предлагает маршрут руления до предварительного старта.

**Работу аэродромных систем, разработанных в РФ и используемых для борьбы с НЗ ВПП, рассмотрим на примере КСА УВД «Альфа».**

Комплекс средств автоматизации управления воздушным движением «Альфа» является универсальной системой, обеспечивающей управление на всех стадиях полета, включая взлет, набор высоты, заход на посадку, а также контроль на протяжении всего маршрута. Комплекс средств автоматизации управления воздушным движением (КСА УВД) «Альфа» предназначен для автоматизации центров УВД со средней и высокой интенсивностью воздушного движения. Комплекс обеспечивает прием, обработку, отображение и интеграцию информации о воздушной обстановке, плановой, метеорологической и аэронавигационной информации на дисплеях высокого разрешения рабочих мест специалистов ОрВД.

В комплексе автоматизированы процессы анализа воздушной обстановки, процедуры УВД и пультовые операции. Источниками информации могут являться все типы радиолокационных станций и радиопеленгаторов, метеостанции и комплексы, спутниковые системы навигации и УВД (АЗН-В, АЗН-К), наземные телеграфные каналы и цифровые линии.

КСА УВД «Альфа» обеспечивает:

- сбор и обработку информации наблюдения от источников различных типов;
- мультисенсорную обработку информации наблюдения;
- получение и обработку плановой информации;
- объединение плановой информации и информации наблюдения;
- прием и распределение метео- и аэронавигационной информации;
- отображение на едином дисплее информации о текущей и прогнозируемой воздушной обстановке, плановых данных, метео- и аэронавигационной информации;
- рекомендации по обеспечению безопасности: краткосрочные и среднесрочные предупреждения о конфликтах, предупреждение о приближении к запретным зонам, предупреждение о минимальной безопасной высоте;
- контроль за выдерживанием планового маршрута, процедур вылета и прибытия;
- бесстриповую технологию процедурного контроля;
- безголосовое взаимодействие между смежными секторами и смежными центрами по протоколу обмена данными в реальном масштабе времени;
- безголосовое взаимодействие по линии передачи данных «диспетчер – пилот».

### Список литературы:

1. Электронный ресурс <https://www.skybrary.aero/articles/runway-awareness-and-advisory-system-raas>
2. Электронный ресурс [https://www.faa.gov/air\\_traffic/technology/rwsl/](https://www.faa.gov/air_traffic/technology/rwsl/)
3. Электронный ресурс <http://followthegreens.com/>
4. Электронный ресурс <https://adbsafegate.com/what-we-do/airfield/axon-led-inset-lights/>
5. Электронный ресурс <https://lemz.ru/>
6. Электронный ресурс <https://favt.gov.ru/>
7. Электронный ресурс <http://www.vniira.ru/ru/main>

## 1.2. МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

### О ПРИМЕНЕНИИ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ В КОНСТРУКЦИЯХ ГИДРОЦИЛИНДРОВ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Дудинцев Владимир Александрович*

*главный конструктор,  
АО «Научно-производственное  
предприятие «Сибтехноцентр»,  
РФ, г.Тюмень*

### ON THE USE OF POLYURETHANE SEALS IN THE DESIGNS OF HYDRAULIC CYLINDERS OF OILFIELD EQUIPMENT

*Vladimir Dudintsev*

*Chief designer,  
JSC «Research and Production  
Enterprise «Sibtechnocenter»,  
Russia, Tyumen*

**Аннотация.** В статье содержится краткая информация о свойствах полиуретана. Показана эффективность и экономичность использования полиуретановых уплотнений в конструкции гидроцилиндра.

**Abstract.** The article contains brief information about the properties of polyurethane. The effectiveness and efficiency of using polyurethane seals in the design of a hydraulic cylinder is shown.

**Ключевые слова:** полиуретан; резина; уплотнение; гидроцилиндр; преентор; износостойкость; экономический эффект.

**Keywords:** polyurethane; rubber; seal; hydraulic cylinder; preventer; wear resistance; economic effect.

Современные технологии нефтедобычи предъявляют повышенные требования к нефтепромысловому оборудованию и возникает потребность в применении износостойких уплотнительных элементов,

работающих в абразивных средах, при высоких давлениях и экстремальных температурах.

Классические уплотнительные материалы не всегда удовлетворяют требованиям отрасли, современная химическая промышленность предлагает полиуретан – конструкционный, пластичный материал, который существует в разных формах. Он может быть жестким или мягким и находит применение в строительной сфере, в автомобильной, авиационной, горнодобывающей промышленности, используется в электротехническом и электронном оборудовании, в медицине [1].

Благодаря своим особым эксплуатационным свойствам, полиуретан широко применяется в машиностроении, где необходимы такие свойства, как износостойкость, устойчивость к истиранию, к химическому воздействию и воздействию масел.

Полиуретан имеет ряд преимуществ в сравнении с резиной: эластичность (относительное удлинение при разрыве в 2 раза больше), низкая истираемость (условная износостойкость в 3 раза выше), высокая прочность (превышает прочность резины в 2,5 раза), высокое сопротивление раздиру и многократным деформациям, возможность работы при высоком давлении, кислотостойкость и стойкость ко многим растворителям, расширенный диапазон твердости (от 40 до 95 единиц Шор А), стойкость к микроорганизмам и плесени, упругость при низких температурах. Прочность связи полиуретан-металл значительно выше, чем в аналогичных резинометаллических соединениях. Полиуретан имеет широкую цветовую гамму и практически не подвержен старению, не меняет своих характеристик в течение всего срока службы. Полиуретан можно подвергать механической обработке (сверление, точение, фрезерование), как на универсальных станках, так и на станках с ЧПУ. К недостаткам этого полимера относят медленную релаксацию и трудности с переработкой отходов [2, 3].

Полиуретан используют при производстве опорных элементов, уплотнительных колец, гидравлических манжет, покрытий валов, колёс, роликов и других деталей.



**Рисунок 1. Изделия из полиуретана**

Физико-механические свойства наиболее известных марок полиуретана и резины представлены в таблице 1.

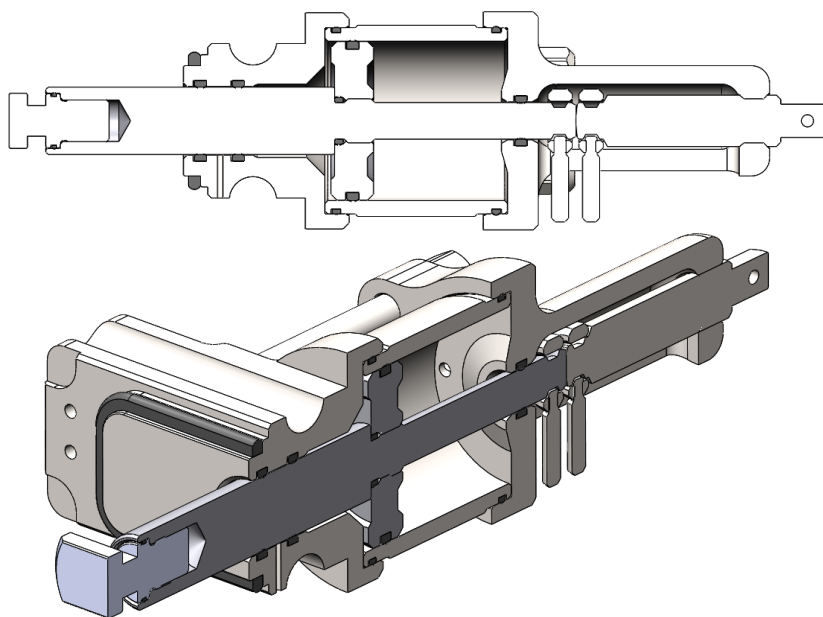
**Таблица 1.**

**Физико-механические свойства уплотнительных материалов [4]**

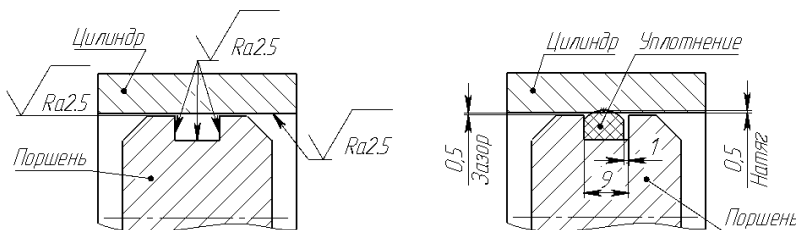
Материал	Твёрдость по Шор А	Прочность при разрыве, МПа	Относительное удлинение, %	Сопротивление раздиру, МПа	Температурный диапазон эксплуатации, °С
СКУ-7Л	76-86	60	450	6	-5 ... +100
СКУ-ПФЛ	92-95	50	350	10	-40 ... +80
Адипрен 167	92-95	35	400	11	-40 ... +80
Резина В-14	70-80	11	160	6	-50 ... +100

Значимым элементом гидравлического нефтепромыслового оборудования является гидроцилиндр. Далее приводится пример использования полиуретановых уплотнений в конструкции гидроцилиндра прерентора.

Прерентор – рабочий элемент комплекта противовыбросового оборудования, устанавливаемый на устье скважины. Прерентор предназначен для перекрытия и герметизации кольцевого зазора между спущенной в скважину обсадной колонной и бурильными трубами или для перекрытия устья скважины при отсутствии в ней бурильных труб.



**Рисунок 2. Гидроцилиндр прерентора в разрезе**



**Рисунок 3. Схема установки уплотнения гидроцилиндра**

Повышенная износостойкость полиуретановых уплотнений позволяет разработчику снижать требования к чистоте поверхности и точности изготовления сопрягаемых деталей, увеличивать зазор без потери герметичности. Снижение требований к сопрягаемым поверхностям избавляет изготовителя от применения таких трудоёмких технологических операций как: шлифование и полирование, а также облегчает контроль специалистам ОТК.

Данная форма поперечного сечения уплотнения имеет преимущество перед формами сечений стандартных манжет и колец, так как во время работы уплотнения исключается его перекручивание.

Рассматриваемое уплотнение, в отличие от воротниковых манжет, является уплотнением двустороннего действия, что позволяет использовать одно уплотнение вместо двух воротниковых манжет и не требует ориентации уплотнения в сторону действующего давления. В результате, появляется возможность снижать толщину поршня и уменьшать габарит изделия.

При модернизации ранее произведённых изделий, сохраняется взаимозаменяемость, так как полиуретановые уплотнения данного сечения пригодны для установки в стандартные уплотнительные канавки гостовских колец и манжет. Теряет свою актуальность применение защитных колец, что сокращает номенклатуру деталей, используемых в сборке и ведёт к экономии времени и средств.

При детальном рассмотрении, полиуретановые уплотнения дороже резиновых, однако экономический эффект от применения полиуретана достигается за счёт низкой истираемости, увеличения длительности межремонтных периодов, экономии при механической обработке сопрягаемых деталей (исключаются шлифование и полирование, расширяются поля допусков), удешевления технологической оснастки (литьевая форма и токарная обработка вместо пресс-формы).

Применение полиуретана в нефтепромысловом оборудовании имеет широкие перспективы. На сегодняшний день ряд высокотехнологичных компаний успешно применяют полиуретан при разработке нефтепромыслового оборудования. Одна из них АО «НПП «Сибтехноцентр» – ведущий российский производитель нефтяного противовибросового оборудования, использует полиуретановые эластомеры при изготовлении своей продукции [5].

### Список литературы:

1. Преимущества полиуретана [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://polimer-ug.com/voprosyi-otvetyi/preimushestva/> (дата обращения: 06.12.2023).



2. Промышленные материалы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aston-balt.ru/cat/prom/poliuretan/1.htm> (дата обращения: 06.12.2023).
3. Полиуретан и основные сферы его использования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.1000statei.ru/articles/page\\_63.html](https://www.1000statei.ru/articles/page_63.html) (дата обращения: 06.12.2023).
4. Описание и марки полимеров – Полиуретан [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.polymerbranch.com/catalogp/view/14/651.html> (дата обращения: 06.12.2023).
5. Интернет-сайт компании АО «НПП «Сибтехноцентр» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sibtechnocenter.ru> (дата обращения: 06.12.2023).

### **1.3. РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ**

#### **СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ УМНОГО ДОМА В ИРАКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ PIC-МИКРОКОНТРОЛЛЕРА**

***Аль-Араджи Зайнаб Хуссам Моса***

*доцент*

*Багдадский университет,  
Женский научный колледж,  
Ирак, г. Багдад*

***Мерват Дауд Маджди***

*доцент*

*Багдадский университет,  
Женский научный колледж,  
Ирак, г. Багдад*

#### **SMART HOME AUTOMATION SYSTEM IN IRAQ USING PIC MICROCONTROLLER**

***Zainab Hussam Al-Araji***

*Assistant professor,*

*University of Baghdad,  
College of Science for Women,  
Iraq, Baghdad*

***Mirvat Dawood Majed***

*Assistant professor,*

*University of Baghdad,  
College of Science for Women,  
Iraq, Baghdad*

**Аннотация.** Высокие счета за электроэнергию в домах вызвали серьезные исследования для решения этой проблемы. Системы домашней автоматизации предлагают все необходимое, чтобы положить конец этим неудобствам, так как чаще всего они включают в себя ряд интеллектуальных устройств (микроконтроллеры и датчики). В представленной

работе описана разработка микроконтроллерной системы автоматизации солнечного умного дома с использованием автоматических датчиков освещения и теплового комфорта (температура, влажность) и функций безопасности (утечка газа, обнаружение дыма). Эта система основана на микроконтроллерах PIC и применяется посредством реализации полного алгоритма. Программа написана на Micro C, и для реализации схемы управления и симуляции в испытательном программном обеспечении использовалось программное обеспечение Proteus, которое свободно доступно в Интернете. Управление температурой и загрязнением воздуха было реализовано с помощью PIC16F877A, а управление освещением – с помощью PIC18F4550. Также был предоставлен прототип оборудования для экспериментов с разработанной стратегией управления. Результаты этой работы позволили сделать некоторые выводы и подтвердили преимущества такого рода систем автоматизации.

**Abstract.** We have chosen the PIC18F452 chip for designing and modeling their home automation systems.

Built also built on PIC18F452, our sensor measures the glass doors of the house and transfers a warning, and then the signal to the local population. Call the police if someone tries to destroy it. This defense was implemented.

He can also recognize the identity of the lessor.

Enter the house without removing the security and without activating the alarm. Access control also prescribes-enti-dependence. Follow the bedroom doors, and there is a chance of hacking. The system constantly checks the condition of their house, which the hostess does not want. As a way to avoid hacking and theft, the installation of a security system has gained popularity. Embedded Linux can now ensure stability, observing people's homes, thanks to significant improvements in microcontrollers.

We have developed an observation system using the PIC18F452 computer, which can monitor the windows of the homeowner. The idea is to design a home alarm home system, which uses a number of doors with a linear circuit breaker.

**Ключевые слова:** Умный дом, Автоматическое управление, Умное освещение, Микроконтроллеры, Домашние датчики, Низкая стоимость.

**Keywords:** Arrays, Embedded Systems, Light Emitting Diodes, Microcontrollers, Monitoring Hardware.

## Введение

В Ираке жилой сектор является одним из крупнейших потребителей энергии, поскольку на него приходится около 43% национального

потребления освещения [1], а также он способствует увеличению глобального потепления. В 2018 году правительство Ирак приняло обновление своего Плана развития возобновляемых источников энергии и энергоэффективности до 2030 года [2]. Умные города или умные дома нацелены на интеллектуальное управление энергопотреблением, что является единственным способом оптимизации энергопотребления [3].

В нынешнем энергетическом контексте защита окружающей среды проходит через энергетический переход, который рекомендует прогрессивное использование возобновляемых источников энергии вместо ископаемых ресурсов. С другой стороны, помимо улучшения теплоизоляции дома и эффективных бытовых приборов, снижение энергопотребления также означает внедрение домашней автоматизации. В основном это связано с бытовой техникой и различными электронными устройствами, используемыми в повседневных домах [4].

В ходе обзора литературы были изучены различные методы и технологии управления освещением [5]. Интегрированные средства управления освещением могут значительно улучшить эксплуатационные характеристики здания, энергоэффективность, а также повысить комфорт и удовлетворенность жильцов застроенной средой [6]. В то время как несколько исследований пришли к выводу, что простые средства управления освещением, такие как датчики присутствия, эффективны для снижения количества электроэнергии, потребляемой для освещения в зданиях, передовые стратегии управления освещением могут обеспечить еще большую экономию энергии и предлагают множество преимуществ по сравнению с простым управлением. Согласно система или устройство управления освещением рассматривается как устройство, которое, получая информацию, решает, что делать с этой информацией, и изменяет работу системы освещения. Система управления освещением не является охранным устройством и не должна рассматриваться как таковая. Он обеспечивает удобный доступ и интеллектуальные функции, которые отличают его от всех других освещенных помещений, которые приближают его к устройству безопасности.

Хотя управление внутренней энергетикой считается развитой темой, оно, как правило, основано на дорогостоящих компонентах, таких как ПЗС-камера. Поэтому предлагаемые решения трудно применять в развивающихся странах. Целью данной работы является разработка недорогой системы, ориентированной на автоматизацию и внутреннее освещение, которая также включает критерии качества воздуха, безопасности и комфорта

### Пример из практики

Жилой объект исследования представляет собой дом площадью 57 м<sup>2</sup>, установленный в (широта: 36° 38' 33'' северной широты; долгота: 36°).

38' 33'' северной широты. Этот дом предназначен для питания в основном от фотогальванического электричества. Дом оснащен фотогальванической системой, состоящей из фотоэлектрического генератора на основе поликристаллического кремния (m-Si) мощностью 3,2 кВт, расположенного на крыше и обращенного на юг с углом наклона 20° к горизонтали, свинцово-кислотного источника мощностью 12 кВт·ч, аккумуляторная батарея и подключенный к сети инвертор мощностью 4 кВт. Целью данной работы является автоматизация искусственного освещения и обеспечение безопасности дома путем интеграции различных датчиков для управления и управления ими через микроконтроллеры. Сначала была разработана и испытана в лаборатории электронная схема для разработки алгоритма управления и проверки его эффективности. Во-вторых, разработанное устройство применялось на рассматриваемом доме.

### Общий обзор системы

Домашняя автоматизация, связанная с освещением и комфортом (температура, влажность, безопасность), представлена на рис. 1. Система состоит из трех ступеней: – Блок управления отоплением: первая ступень – это блок управления отоплением, который позволяет обогревать или кондиционировать дом на основе внутренней и наружной температуры – Блок управления вентиляцией: второй этап касается качества окружающего воздуха в доме, которое оценивается по двум параметрам, а именно влажности и загрязненности воздуха, разрешать или запрещать вентиляцию дома. дом – Блок управления освещением: Последний этап предназначен для управления освещением, которое, в зависимости от условий наружного и внутреннего освещения и наличия или отсутствия жителей, разрешает или запрещает освещение в доме.



Рисунок 1. Состав системы домашней автоматизации

## Проектирование оборудования и программного обеспечения

### А. Требуемые электронные компоненты

Согласно предложенному алгоритму автоматического управления домом, для реализации системы автоматического управления необходимы следующие модули:

- PIC18F4550 для управления освещением
- PIC16F877A для контроля температуры и контроля уровня загрязнения воздуха.
- Шаговый двигатель для моторизации жалюзи и двигатель постоянного тока с питанием через L293D (четырёхкратный сильноточный драйвер половинной высоты) предназначен для обеспечения двунаправленных приводных токов до 600 мА при напряжении от 4,5 В до 36 В). L293D использовались для вращения в обоих направлениях.
- Датчик освещенности LDR для измерения дневного света. LDR или свет зависимые резисторы – это светочувствительные устройства, сопротивление которых уменьшается, когда на них падает свет, и увеличивается в темноте.
- Для внутреннего освещения используются светодиодные светильники, известные своим низким энергопотреблением.

- "Пассивные инфракрасные" датчики PIR для обнаружения людей. Они небольшие, недорогие, маломощные и простые в использовании. Этот датчик может обнаруживать низкое излучение инфракрасного излучения. Как детектор движения, мы фактически разделили его на две половины.

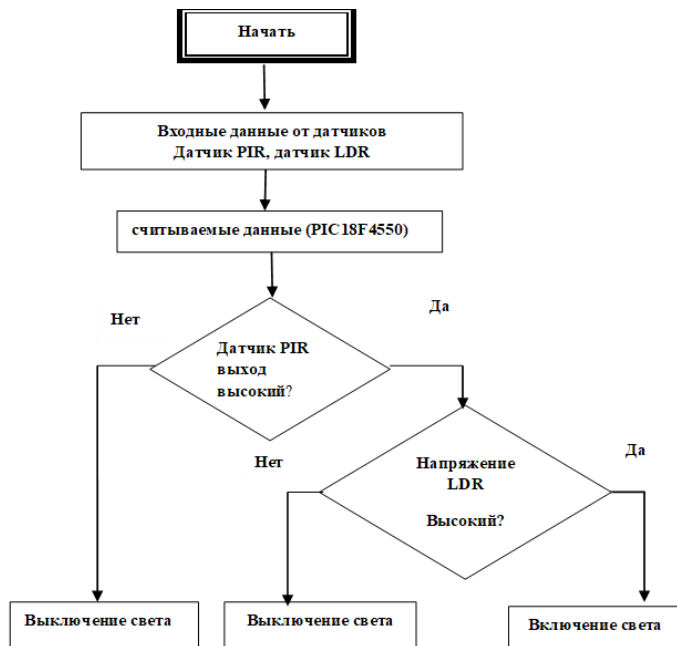
Причина этого в том, что мы стремимся обнаружить движение, а не средние уровни ИК-излучения [8]. Таким образом, при создании автоматического ночного освещения датчики LDR и PIR должны работать вместе. LDR будет функционировать как датчик освещенности, в то время как датчик PIR будет обнаруживать человеческие тела. В течение дня сопротивление LDR довольно низкое, что приводит к меньшему падению напряжения на нем. При отсутствии яркого света падение напряжения на LDR велико, так как сопротивление велико. Датчик PIR использует инфракрасное излучение, исходящее от человеческого тела, для обнаружения присутствия и выдает выходное напряжение 3,3 В. Когда уровень напряжения обоих датчиков LDR и PIR высок, микроконтроллер PIC18F4550 автоматически включает ночник. Таким образом, автоматический ночник не остается включенным. В течение всей ночи и экономит значительное количество энергии. Он включается автоматически только тогда, когда нам это нужно ночью, и остается выключенным, когда рядом нет человека.

Мы показываем алгоритм освещения с использованием датчиков LDR и PIR на рис. 2.

- Датчик широкого спектра газов MQ-2 использовался для контроля уровня загрязнения воздуха внутри помещений. Датчик газа MQ-2 обладает высокой чувствительностью к сжиженному газу, пропану и водороду, а также может использоваться для метана и других горючих паров. Он недорог и подходит для различных применений.

Чувствительным материалом датчика газа MQ-2 является SnO<sub>2</sub>. Когда целевой горючий газ существует, проводимость датчика выше вместе с ростом концентрации газа.

- Зуммер используется для оповещения жителей соседних домов в случае утечки газа или пожара (дыма). Кроме того, для отвода загрязняющих газов используется вытяжной вентилятор.



**Рисунок 2. Принцип работы системы управления освещенностью с использованием датчиков LDR и PIR**

- Датчик LM35 используется для измерения температуры в помещении. Диапазон рабочих температур от  $-55^{\circ}\text{C}$  до  $150^{\circ}\text{C}$ .

Выходное напряжение изменяется с шагом 10 мВ в ответ на повышение температуры на каждый градус Цельсия.

- DHT11 – недорогой цифровой датчик температуры и влажности. Он предоставляет значения относительной влажности в процентах (от 20 до 90% относительной влажности) и значения температуры в градусах Цельсия (от 0 до  $50^{\circ}\text{C}$ ).

### **Б. Дизайн программного обеспечения**

Алгоритм предлагаемой системы автоматизации был реализован в микроконтроллерах PIC, при этом тестирование всей схемы проводилось по следующим этапам:

1. Написание программы на языке Micro C
2. Моделирование с помощью программы Proteus, на которой контроль как температуры, так и загрязнения воздуха реализован с



помощью PIC16F877A (рис. 4), а управление освещением выполнено с помощью PIC18F455. (рис. 5)

3. После успешного тестирования программных симуляций были проведены практические испытания на плате EasyPIC V.8 [9], которая позволяет загружать программу на микроконтроллер и выполнять различные тесты с кнопками и светодиодами, используемыми в качестве входов и выходов, соответственно.



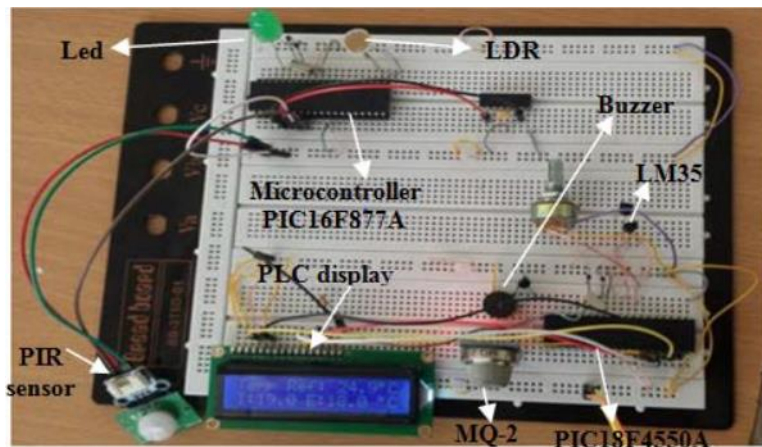
Рисунок 3. Блок-схема контроля температуры/загрязнения воздуха



Рисунок 4. Блок-схема управления освещением

### Реализация схемы управления

Эта система управления состоит из двух программ, работающих независимо друг от друга, и обе программы были протестированы с помощью программного обеспечения Proteus. Схема управления, представленная на рис. 6, была изготовлена на тестовой плате и исправно работала; впоследствии его можно реализовать на печатной плате.



**Рисунок 5. Электронная схема предлагаемого автоматического управления на PIC18F4550 и PIC16F877A**

### Анализ цен

Аппаратная стоимость представленной схемы намного дешевле существующих «коммерческих» схем. Общая стоимость оборудования для системы, описанной в этом исследовании, указана в ТАБЛИЦЕ I. Эта стоимость значительно ниже по сравнению с обычной системой управления освещением, которая включает в себя датчик света/движения/присутствия (стоимость: 250 dollar's), и более сложной системой управления освещением. системы с датчиками изображения и другими высококачественными компонентами (стоимость > 1500 dollar's).

**Таблица 1**

**Стоимость системы автоматизации без приводов [10]**

Наименование Товара	Цена. За Единицу (dollar.)	Количество	Итого
PIC18F4550	8	1	8
PIC16F877A	8	1	8
PIR sensor HC-SR-501	3	1	3
LDR датчик	3	1	3
LM35 датчик	3	1	3
L293D	4	1	4

Наименование Товара	Цена. За Единицу (dollar.)	Количество	Итого
MQ-2 датчик	4	1	4
Buzzer	4	1	4
DHT11	4	1	4
ЖК-дисплей 1602 LCD	5	1	5
другие	4		4
<b>Итого</b>			<b>50 dollars</b>

Затраты, указанные в таблице 1, представляют собой удельные затраты на отдельные компоненты. Ожидается, что в случае производства такой системы в больших объемах стоимость значительно снизится. С другой стороны, основной функционал предлагаемой системы служит основным целям автоматизации.

### Заключение

Проектирование и внедрение системы автоматического управления на основе микроконтроллера в умном доме было достигнуто с использованием недорогих компонентов, которые могут широко использоваться в развивающихся странах.

Разработанная схема сделает дом комфортнее и безопаснее для жителей и будет потреблять меньше энергии. Эту конструкцию можно легко адаптировать к любому дому, где требуется использование датчиков. Система автоматического управления домом на основе микроконтроллера, разработанная в этом исследовании, может использоваться в нескольких случаях, таких как: местные органы власти, общественные автостоянки, жилые автостоянки, больницы и т. Чтобы эффективно реализовать такую систему, необходимо понимать основы характеристик датчиков, работу микроконтроллера и принципы языка ассемблера. Датчики служат преобразователями для обнаружения людей, в то время как язык программирования имеет основополагающее значение для разработки программного обеспечения, основанного на системных требованиях. Спецификации и план работы системы. Обратите внимание, что ограничение этой конструкции зависит от надежности датчика. Используя эту конструкцию, удалось снизить общую стоимость блока управления и энергопотребление инфраструктуры, которая управляется этой системой. Для дальнейшей исследовательской работы следует рассмотреть следующие предложения:

1. Следует рассмотреть более совершенные датчики, предлагающие расширенную функциональность. Например, подходящий датчик,

такой как инфракрасный, следует использовать вместе с датчиками LDR, которые работают только при наличии света.

Инфракрасные датчики подходят для всех ситуаций, так как они зависят не от света, а от тепла, исходящего от людей, входящих в помещения.

2. Используйте другие микроконтроллеры, такие как Arduino (или аналогичные), которые могут управлять всеми приводами и датчиками, встроенными в дом. Данные, отправленные датчиками, могут быть получены и обработаны платой Arduino, которая затем передаст их на компонент Ethernet и, таким образом, позволит визуализировать их в локальной сети или в Интернете.

3. Внедрить систему и датчики в реальный дом и изучить их поведение в долгосрочной перспективе, чтобы протестировать все параметры и оценить потенциал энергосбережения.

### Список литературы:

1. Clements M.B.J. Energy subsidy reform: lessons and implications / M.B.J. Clements [и др.]. – International Monetary Fund, 2013.
2. Wei M. Putting renewables and energy efficiency to work: How many jobs can the clean energy industry generate in the US? / M. Wei, S. Patadia, D.M. Kammen // Energy policy. – 2010. – Т. 38. – № 2. – С. 919-931.
3. Горяинов В.С. Модернизация портативного спектрометра РСС / В.С. Горяинов, А.А. Бузников, Е.В. Костилов // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. – 2020. – № 2. – С. 5-16.
4. Гришневa Е.А. Гришневa Елена Александровна. «Повышение энергоэффективности строительства объектов недвижимости с использованием концепции „Умный дом“» / Е.А. Гришневa // Academia. Архитектура и строительство., – 2010. – Т. no. 3. – С. 439-444.
5. Кораченцов А.А. Проектирование автоматического управления освещением в жилом помещении с использованием системы " Умный дом" / А.А. Кораченцов, Л.И. Краснопахтова // Цифровизация экономики: направления, методы, инструменты. – 2019. – С. 160-164.
6. САЛЬНИКОВА А.А. Управление инновационными проектами по развитию интеллектуальных энергосетей / А.А. САЛЬНИКОВА. – 2020.
7. Яшкова Т.Н. Направление 270800 Строительство программа Проектирование, реконструкция и эксплуатация энергоэффективных зданий / Т.Н. Яшкова.
8. Pyroelectric (“Passive”) InfraRed Motion Sensor Datasheet : <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/pir-passive-infraredproximity-motion-sensor.pdf>
9. <https://www.mikroe.com/easypic>
10. Online components reseller from Alibaba\_Group

## 1.4. ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

### АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ВОЕННОЙ ФОРМЕННОЙ ОДЕЖДЫ

***Тоқтарбаева Ақерке Төлеуқызы***

*докторант,*

*Алматынський технологический университет,*

*Республика Казахстан, г. Алматы*

***Жилисбаева Раушан Оразовна***

*д-р техн. наук, профессор*

*Алматынський технологический университет,*

*Республика Казахстан, г. Алматы*

### ANALYSIS OF REQUIREMENTS FOR THE DESIGN OF MILITARY UNIFORMS

***Akerke Toktarbayeva***

*Doctoral student,*

*Almaty technological university,*

*Republic of Kazakhstan, Almaty*

***Raushan Zhilisbayeva***

*Doctor of Technical Sciences, Professor*

*Almaty technological university,*

*Republic of Kazakhstan, Almaty*

**Аннотация.** В статье разработаны основные требования к проектированию одежды для служащих, в зависимости от физико-механических и эксплуатационных свойств материалов, а также от конструктивно-технологических решений. Научная новизна состоит в разработке и систематизации перечня основных требований к проектированию одежды для служащих.

**Abstract.** The article develops the basic requirements for the design of clothing for employees, depending on the physical, mechanical and operational properties of materials, as well as on structural and technological

solutions. The scientific novelty consists in the development and systematization of a list of basic requirements for the design of clothing for employees.

**Ключевые слова:** требования; форменная одежда; проектирование; нетканые материалы; механические свойства; физические свойства.

**Keywords:** requirements; uniforms; design; nonwovens; mechanical properties; physical properties.

Форменная одежда служит для того, чтобы подчеркнуть особенности сотрудников той или иной организации, отличающиеся от сотрудников других организаций. Единая форменная одежда способствует развитию у служащих чувства коллективизма и сплоченности в коллективе, повышению сплоченности и высокой ответственности сотрудников, престижа профессии.

Поэтому при проектировании формы необходимо правильно обосновать выбор конструктивных решений с учетом применяемых текстильных материалов, а именно количество и конфигурацию линий, выбор технологии обработки узлов.

На этапе предпроектной ситуации необходимо учитывать физико-механические свойства применяемых тканей с учетом эксплуатационных свойств и характерных движений служащего при выполнении боевых операций.

Известно, что форменная одежда покрывает большую часть тела на 80%, защищает от вредных воздействий внешней среды и различных загрязнений, обеспечивает комфортное состояние организма, при этом выполняет эстетическую функцию.

В соответствии с требованиями изделие должно отвечать гигиеническим и эксплуатационным свойствам и удобно использовать отдельные элементы. Форменная одежда должна быть износостойкой, выдерживать воздействие света и воды, растягиваться за счет применяемых основных, подкладочных, утеплительных материалов и качественно сохранять свою форму и размер в процессе ношения.

Для производства нетканых материалов (утеплительных материалов) используются натуральные, искусственные, синтетические, минеральные волокна. В синтетических нетканых материалах используются полиамидные, полиэфирные, полипропиленовые волокна, а в натуральных нетканых материалах используются хлопчатобумажные и шерстяные волокна [1].

В таблице 1 приведены требования к изделию в соответствии с нормативными документами.

Таблица 1.

## Требования к изделию

Показатели качества	Характеристика показателей качества
1	2
Эксплуатационные	Изделие должно быть удобно при снятии и надевании и использовать отдельные элементы. Крючок должен быть удобен для использования и расположения. Ткань для форменной одежды должна быть износостойкой, выдерживать воздействие света и воды, трение, растягиваться за счет применяемых основных, подкладочных, утеплительных материалов и качественно сохранять свою форму и размеры в процессе ношения.
Функциональные	Предусматривает соответствие одежды своему назначению и условиям эксплуатации.
Эстетические	Структура и свойства материала должны быть согласованы. Выбранный материал должен обеспечивать надежность конструкции в эксплуатации. Все детали, линии, фурнитура, цвет должны соответствовать изделию, деталям.
Эргономические	Проектируемая модель должна соответствовать размерам и форме тела. Конструкция изделия должна строиться на основе размерной типологии и обеспечивать максимальную свободу движений при ограничении движения одежды по отношению к телу.
Продолжение таблицы 1	
	Изделие должно соответствовать гигиеническим нормам и рекомендациям, обеспечивать благоприятные условия микроклимата в пространстве под одеждой.
Гигиенические	Гигиенические требования к одежде основываются на защите человеческого тела от неблагоприятного воздействия факторов окружающей среды, а также на обеспечении нормальной жизнедеятельности организма, создавая благоприятный микроклимат в пространстве под одеждой. Соответствие одежды гигиеническим требованиям определяется по ее свойствам, среди которых наиболее важными являются: теплопроводность, воздухопроницаемость, гигроскопичность, устойчивость к загрязнениям, водопроницаемость и др.
Тактико-технические	удобство ношения, защита военнослужащего от различных повреждающих факторов, неблагоприятных воздействий, легкость, скрытность, износостойкость.

Прямое или косвенное воздействие одежды на организм человека достигается за счет ее механических, физических и химических свойств.

Механические свойства одежды делятся на общие и конструктивно-механические. Общие включают вес отдельных предметов и комплектов, толщину, слои, плотность и пористость материала и упаковки одежды. Конструктивно-механические свойства определяют соответствие конструкции одежды антропометрическим данным человека и возможностям его передвижения, а также условиям эксплуатации одежды. Эти качества характеризуют удобство одежды в процессе выполнения учебной деятельности войск [2].

Физические свойства одежды включают теплоизоляцию (воздухопроницаемость, вентиляция, паропроницаемость, водопоглощение, влагопроницаемость, теплопроводность, поглощение излучения), пылеулавливание и электризацию.

Эффективная деятельность системы «человек – одежда – окружающая среда» может осуществляться только в том случае, если одежда соответствует антропометрическим данным человека, возможностям его передвижения и изменению соответствующих параметров окружающей среды.

Одежда должна защищать кожное покрытие от возможных механических травмирующих факторов, кровососущих паразитов, ядовитых насекомых, обжигающих растений, чрезмерной солнечной радиации, а также загрязнения пылью, грязью и другими веществами [3].

### **Список литературы:**

1. Жилисбаева Р.О., Молдагажиева З.Д., Токтарбаева А.Т. Определение устойчивости пакета тканей к поверхностному смачиванию // «Технология текстильной промышленности» журналы №6(378) – Иваново: ИГТА – 2018ж., с.63-66.
2. Токтарбаева А.Т., Молдагажиева З.Д. Өскери қызметкерлердің формалық киімінің тозуына әсер ететін эргономикалық көрсеткіштер мен факторларды зерттеу // Алматы технологиялық университетінің Хабаршысы. – 2018 №1, 46-49 б.
3. Требования к военной форме [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://forma-odezhda.ru/encyclopedia/vsesезonnyj-komplekt-bazovogo-obmundirovaniya-vkbo-1/>.



## 1.5. ЭЛЕКТРОНИКА

### МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ МОЩНОГО ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ С ПЕРЕДАЧЕЙ ЭНЕРГИИ ТОКОВОЙ ПЕТЛЕЙ В СРЕДЕ MATLAB SIMULINK

**Серегин Дмитрий Андреевич**

канд. техн. наук,  
Национальный исследовательский  
университет «МЭИ»,  
РФ, г. Москва

**Воронин Игорь Павлович**

д-р техн. наук, доц.,  
Национальный исследовательский  
университет «МЭИ»,  
РФ, г. Москва

**Павлова Мария Сергеевна**

магистрант,  
Национальный исследовательский  
университет «МЭИ»,  
РФ, г. Москва

**Мостовой Дмитрий Васильевич**

аспирант,  
Национальный исследовательский  
университет «МЭИ»,  
РФ, г. Москва

**Громов Владислав Дмитриевич**

магистрант,  
Национальный исследовательский  
университет «МЭИ»,  
РФ, г. Москва

## MODELLING AND ANALYSIS OF HIGH-POWER HIGH-VOLTAGE POWER SUPPLY WITH ENERGY TRANSFER BY CURRENT LOOP IN MATLAB SIMULINK ENVIRONMENT

***Dmitry Seregin***

*Candidate of Engineering Sciences,  
National Research University "MPEI",  
Russia, Moscow*

***Igor Voronin***

*Doctor of Engineering Sciences,  
Assistant professor, National Research  
University "MPEI",  
Russia, Moscow*

***Maria Pavlova***

*Master student,  
National Research University "MPEI",  
Russia, Moscow*

***Dmitry Mostovoy***

*Postgraduate student,  
National Research University "MPEI",  
Russia, Moscow*

***Vladislav Gromov***

*Master student,  
National Research University "MPEI",  
Russia, Moscow*

**Аннотация.** Высоковольтный источник питания (статический преобразователь электроэнергии) с высокой точностью стабилизации выходного напряжения, выполненный на основе токовой петли и многоконтурной структуры, необходим для функционирования широкого спектра перспективного промышленного оборудования. В статье представлена модель высоковольтного источника питания, с помощью которой подтверждается возможность передачи энергии посредством токовой петли.

**Abstract.** A high-voltage high accuracy power supply, made on the basis of a current loop and a multicell structure, is necessary for the operation of a wide range of advanced industrial equipment. The paper presents a model of a high-voltage power supply that substantiates the possibility of energy transfer by means of a current loop.

**Ключевые слова:** высоковольтный источник питания; многоячейковый преобразователь; токовая петля; имитационное моделирование.

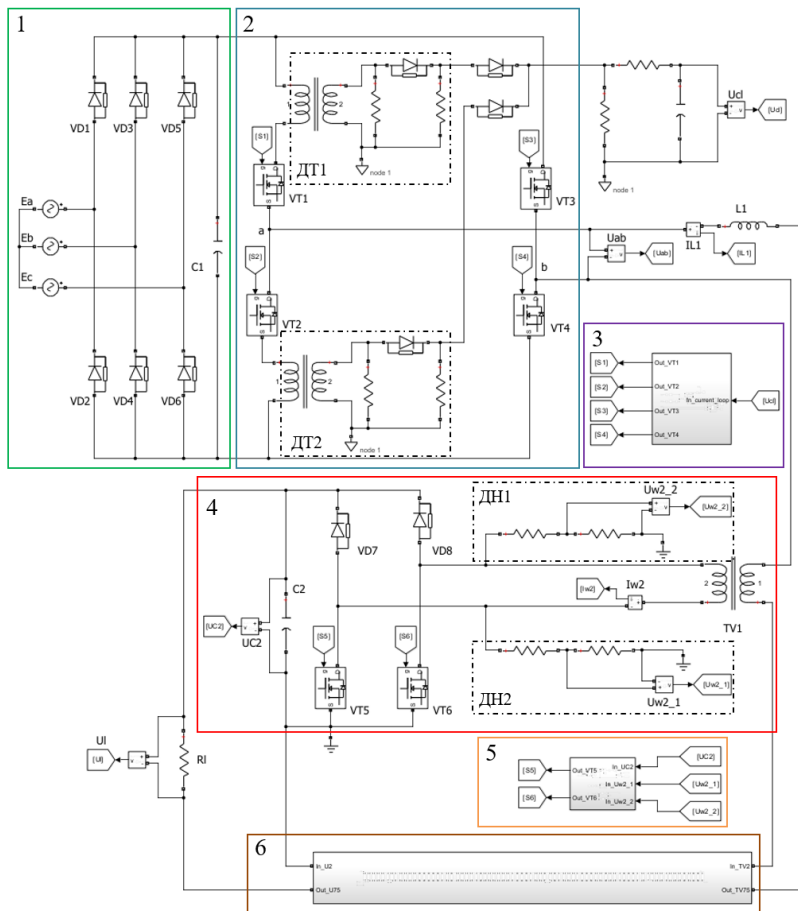
**Keywords:** high-voltage power supply; multicell converter; current loop; simulation modelling.

**Введение.** Быстродействующие статические преобразователи электроэнергии выполняются на основе транзисторных силовых ключей [1; 2; 4]. При построении высоковольтных источников питания широко применяется многоячейковая структура, так как коммутируемое транзисторами напряжение оказывается существенно меньше требуемого для соответствующей нагрузки. Можно выделить два основных подхода к построению многоячейковой целостности: структура с единым многообмоточным трансформатором и структура с ячейками, выполненными как отдельные преобразователи.

Основной сложностью при создании таких устройств является необходимость обеспечения изоляции между входными и выходными частями устройства или ячеек.

Для решения данной задачи в основу разрабатываемого подхода был заложен принцип передачи энергии с помощью токовой петли. В этом случае отрезок кабеля с высоковольтной изоляцией представляет собой приспособление с первичными обмотками всех трансформаторов тока источника. В отрезке кабеля расположен инвертор, который является входной частью источника и задает переменный ток. Ток преобразуется специальными трансформаторами, выпрямляется, и энергия передается на выходы ячеек. Таким образом, простое применение кабеля с соответствующей изоляцией уже обеспечивает разобщенность между ячейками, что существенно упрощает конструкцию и изготовление источника.

## Моделирование высоковольтного источника питания с уровнем выходного напряжения 60 кВ и мощность 20 кВт



**Рисунок 1. Модель высоковольтного источника питания с уровнем выходного напряжения 60 кВ и мощность 20 кВт**

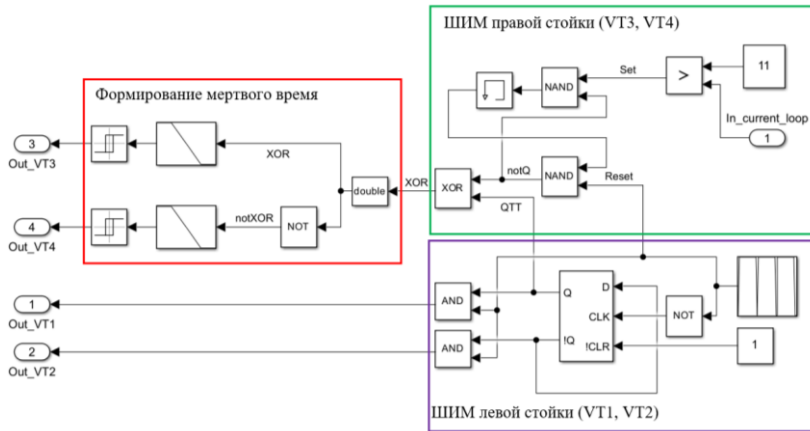
Одним из основных этапов разработки источника питания с передачей энергии токовой петлей является создание и исследование имитационной модели устройства [5; 6]. Модель высоковольтного источника питания (рисунок 1) включает в себя следующие блоки:

1. Блок питания преобразователя;

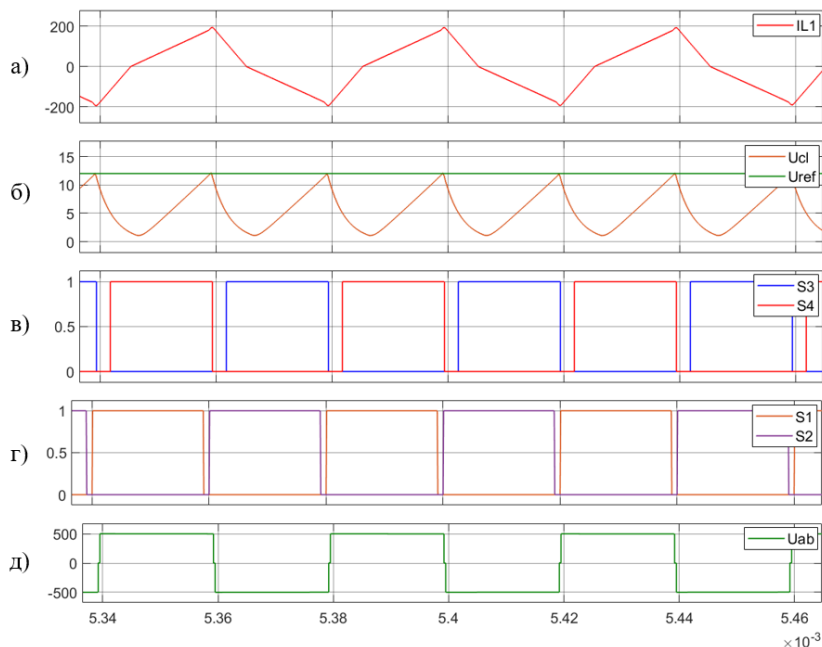
2. Блок мостового инвертора;
3. Блок системы управления инвертора;
4. Блок управляемого выпрямителя;
5. Блок системы управления выпрямителя;
6. Блок группы управляемых выпрямителей.

Питание преобразователя осуществляется от трехфазной сети переменного тока класса напряжения 0,4 кВ с последующим выпрямлением напряжения посредством схемы трехфазного мостового выпрямителя и ёмкостного фильтра (рисунок 1 блок 1) [3].

Для реализации входного блока преобразователя выбрана схема мостового инвертора напряжения со стабилизацией выходного тока (рисунок 1 блок 2). Внутренняя структура модели системы управления инвертора (рисунок 1 блок 3) показана на рисунке 2.



**Рисунок 2. Внутренняя структура модели системы управления инвертора напряжения**

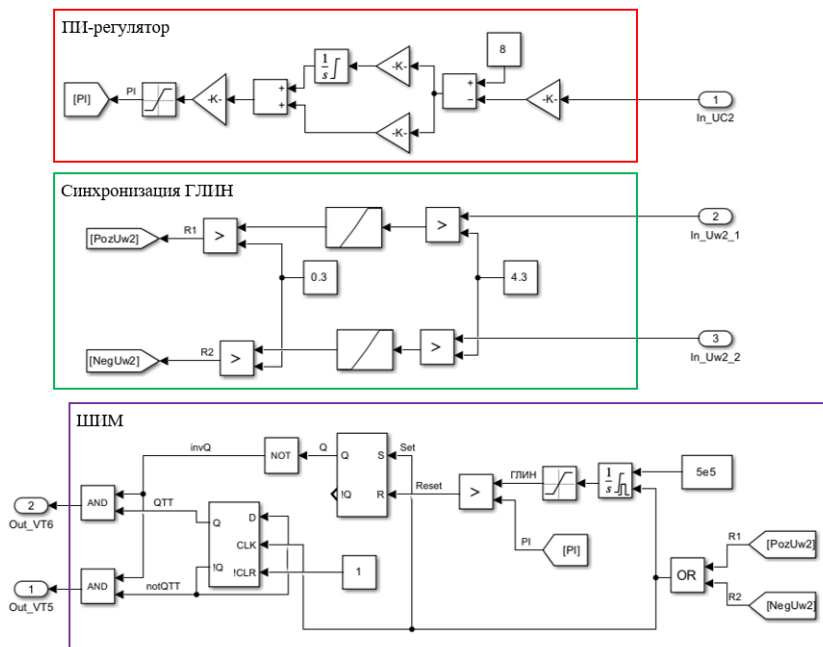


**Рисунок 3. Диаграммы работы инвертора напряжения: а) ток в токовой петле; б) напряжение на выходе датчиков тока петли и напряжение уставки; в) сигналы управления ключами VT3, VT4; г) сигналы управления ключами VT1, VT2; д) напряжение на выходе инвертора**

Основной задачей инвертора является формирование тока в токовой петле. Для питания управляемых выпрямителей выбрана треугольная форма тока с частотой 25 кГц и амплитудой порядка 200 А (рисунок 3а). Выбор частоты и формы тока обусловлен достижением приемлемого баланса между габаритами преобразователя (силовых трансформаторов тока и фильтров) и потерями на переходные процессы. Система управления инвертора стабилизирует ток в петле по принципу фазового управления: транзисторы VT1 и VT2 проводят на всей половине периода (рисунок 3г), а основное регулирование осуществляется за счет соответствующего управления транзисторами VT3 и VT4. Система управления получает на вход сигнал с трансформаторных датчиков тока ДТ1 и ДТ2 (рисунок 1), который далее сравнивается с сигналом уставки (рисунок 3б). Таким образом, формируются сигналы управления транзисторов VT3 и VT4 (рисунок 3в). В случае, когда амплитуда тока не может

достичь своего номинального значения на половине периода коммутации, транзисторы VT3 и VT4 управляются от мультивибратора, отвечающего за коммутацию ключей VT1 и VT2 (то есть инвертор проводит ток на всей половине периода). Данные сигналы управления формируют такое напряжение на выходе инвертора (рисунок 3д), чтобы при приложении его к дросселю L1 в токовой петле сформировался треугольный ток с требуемой частотой и амплитудой.

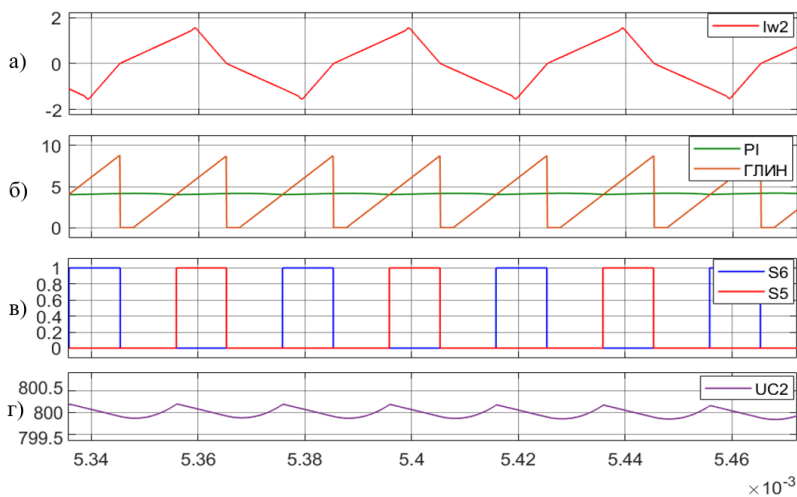
Выходной блок преобразователя – управляемый выпрямитель (рисунок 1 блок 4) выполнен на основе однофазной мостовой схемы, при этом два нижних диода-моста заменены на MOSFET транзисторы, а их встречно-параллельные диоды работают как диоды выпрямителя. Внутренняя структура системы управления выпрямителя представлена на рисунке 4.



**Рисунок 4. Внутренняя структура модели системы управления управляемого выпрямителя**

Система управления выпрямителя работает по следующему принципу:

- 1) ГЛИН синхронизируется с входным током (рисунок 5а) с помощью резистивных датчиков входного напряжения ДН1 и ДН2 (рисунок 1);
- 2) ПИ-регулятор осуществляет регулирование с обратной связью по выходному напряжению выпрямителя;
- 3) Блок ШИМ сравнивает ГЛИН с сигналом управляющего воздействия ПИ-регулятора (рисунок 5б). Входящий в его состав RS-триггер формирует импульсы управления ключами VT5, VT6 (рисунок 5в).
- 4) За счет подобного управления выходное напряжение выпрямителя стабилизируется на уровне 800 В с высокой точностью (рисунок 5г).



**Рисунок 5. Диаграммы работы выпрямителя: а) входной ток; б) ГЛИН и ПИ-регулятор; в) сигналы управления ключами VT6, VT5; г) напряжение на выходе выпрямителя**

Блок группы управляемых выпрямителей (рисунок 1 блок б) содержит в себе 74 управляемых выпрямителя, соединенных последовательно, что позволяет получить на выходе преобразователя требуемые уровни выходного напряжения – 60 кВ и мощности – 20 кВт.

**Вывод.** Данная модель позволила подтвердить работоспособность идеи передачи энергии с помощью токовой петли. Важно отметить, что на выходе преобразователя достигается высокая точность стабилизации выходного напряжения (не хуже  $\pm 0.15\%$ ) за счёт соответствующего управления выпрямителями.

Исследование было выполнено в рамках проекта «Разработка и исследование подхода к построению мощных источников питания с



уровнем выходного напряжения более 50 кВ» при поддержке гранта для реализации научно-исследовательских программ «Приоритет 2030: Технологии будущего» на 2022 – 2024 гг. от НИУ «МЭИ».

### Список литературы:

1. Колмогоров В.В. Источник высоковольтного питания диагностического атомарного инжектора ТОКАМАКА ALCATOR-CMOD. – Приборы и техника эксперимента. – 2009. – № 6. – С. 74–81.
2. Ланцов В., Владимиров Е. Мощные высоковольтные источники питания // Силовая электроника. – 2011. – Т. 5. – № 33. С. 58–67.
3. Попков О.З. Основы преобразовательной техники: учеб. пособие для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – 200 с.
4. Розанов Ю.К., Воронин П.А., Рывкин С.Е., Чаплыгин Е.Е. Справочник по силовой электронике. – М.: Издательский дом МЭИ, 2014. – 472 с.
5. Athaide D., Qin J., Zou Y. MATLAB/Simulink-Based Electromagnetic Transient-Transient Stability Hybrid Simulation for Electric Power Systems with Converter Interfaced Generation // IEEE Texas Power and Energy Conference (TPEC) – 2019.
6. Rai K.K., Jahagirdhar D.R., Giridhar A.V., Paul A.K., Rai A. Mathematical modelling and analysis of high voltage high pulse power supply performance on various loads // ICPEE 2021–2021 1st International Conference on Power Electronics and Energy. – Vol. 1. – 2021. – P. 9358787.

## 1.6. ЭНЕРГЕТИКА

### ИССЛЕДОВАНИЕ, РАСЧЕТ И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ БАЗОВЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

**Андрющенко Артем Александрович**

магистрант,  
Донской государственный  
технический университет,  
РФ, г. Шахты

**Красовский Алексей Алексеевич**

магистрант,  
Донской государственный  
технический университет,  
РФ, г. Шахты

**Волошин Олег Александрович**

магистрант,  
Донской государственный  
технический университет,  
РФ, г. Шахты

### RESEARCH, CALCULATION AND SOLUTION OF BASIC OPTIMIZATION PROBLEMS ELECTRICAL DEVICES

**Artem Andryushchenko**

Master's student,  
Don State Technical University,  
Russia, Shakhty

**Alexey Krasovsky**

Master's student,  
Don State Technical University,  
Russia, Shakhty

**Oleg Voloshin**

Master's student,  
Don State Technical University,  
Russia, Shakhty

**Аннотация.** В работе представлено исследование, в котором рассматриваются процессы, связанные с работой асинхронного двигателя. Показано, что вихревые токи в роторе асинхронного двигателя индуцируются гармоническими токами с течением времени на статоре, кроме того вращением ротора двигателя. Рассматриваемая в работе задача является двумерной. Она рассматривается в существующих примерах в рамках международного семинара от общества Compumag.

**Abstract.** The paper presents a study that examines the processes associated with the operation of an asynchronous motor. It is shown that eddy currents in the rotor of an asynchronous motor are induced by harmonic currents over time on the stator, in addition to the rotation of the motor rotor. The problem considered in this work is two-dimensional. It is discussed in existing examples as part of an international seminar from the Compumag society.

**Ключевые слова:** асинхронный двигатель; функция Грина; вихревые и гармонические токи.

**Keywords:** asynchronous motor; Green's function; eddy and harmonic currents.

В работе рассматривается исследовательская задача, связанная с функционированием асинхронного двигателя, в рамках которой вихревые токи в роторе индуцируются гармоническими во времени токами на статоре и вращением ротора. Хотя рассматриваемая проблема двумерна, она представляет собой ряд интересных задач, которые до сих пор не рассматривались в существующих примерах в рамках международного семинара от общества Compumag. Среди них – это существование индуцированного электрического поля и высокие скорости вращения. В коде конечных элементов при трехмерном моделировании этот термин закодирован в алгоритме. При высоких скоростях вращения традиционные подходы, включающие методы намотки назад, не совсем работают [1]. Коды граничных элементов могут модифицировать функцию Грина, чтобы включить вихревые токи, индуцированные чистым перемещением. Что касается вращения, то пока не существует известного метода включения эффектов вращения в функцию Грина. Необходимо проанализировать две проблемы, встречающиеся при работе

асинхронного двигателя. Первая, представляет собой исследование трехфазного двигателя с открытой обмоткой. Каждая фаза обмотки статора охватывает 45 градусов.

Плотность тока поддерживается постоянной на уровне  $310 \text{ А/см}^2$ . Цель исследования состоит в том, чтобы спрогнозировать крутящий момент, рассеиваемую мощность и напряжение на клеммах статора, индуцируемое для скоростей ротора в диапазоне от 0 до  $1200 \text{ рад/с}$ , что примерно в три раза быстрее, чем скорость поля статора, равная  $377 \text{ рад/с}$ . Трехфазная обмотка возбуждается частотой  $60 \text{ Гц}$ .

Здесь ротор и статор имеют относительную проницаемость равную 30. Сталь статора – ламинированная и имеет проводимость равную нулю; сталь ротора имеет проводимость равную  $1,6 \cdot 10^6 \text{ См/м}$ . Алюминиевый ротор имеет проводимость равную  $3,72 \cdot 10^7 \text{ См/м}$ . В дополнение к крутящему моменту, напряжению и мощности необходимо определить радиальное  $V$  и азимутальное  $H$  поля вдоль оси  $x$  между радиусами  $r3$  и  $r4$  модели [2].

Вторая проблема связана с однофазным асинхронным двигателем, обмотка которого возбуждается частотой  $60 \text{ Гц}$ . Цель исследования состоит в том, чтобы определить зависимость крутящего момента для скорости ротора в диапазоне от 0 до  $358 \text{ рад/с}$ , то есть  $0,95 \%$  от пиковой скорости поля.

Исследователи, которые пытались работать с однофазными асинхронными двигателями, знают о трудностях получения точного прогнозирования крутящего момента. Этот крутящий момент качественно возникает в результате вычитания эффекта двух встречно вращающихся электромагнитных волн. Рассматривалась задача моделирования трёхфазного асинхронного двигателя, описанную, как проблема в ТЕАМ.

Выполнялось моделирование асинхронного двигателя в двухмерном случае с использованием физического интерфейса «Магнитные вращающиеся механизмы» в среде моделирования и решателя во временной области.

Изучалась динамика пуска двигателя путем объединения электромагнитного расчёта с динамикой ротора, учитывая при этом инерционные эффекты. Далее, сравним результаты моделирования в среде моделирования с верификационными данными из ТЕАМ. На первом этапе выполнялось проектирование асинхронного двигателя посредством моделирования.

В нашем случае трёхфазный асинхронный двигатель состоял из двух главных частей: неподвижной – называемой статором и вращающейся – ротором.

Статор состоял из набора пластин электротехнической стали и трёхфазных обмоток, а ротор – из алюминия и стали. Трёхфазные обмотки в статоре смещены друг относительно друга на 120 градусов. Каждая фаза обмотки охватывает 45 градусов полного оборота. Обмотки разделяются воздушным зазором. Внешний диаметр статора составлял 5,7 см. По условиям задачи задавалась плотность тока равная  $310 \text{ А/см}^2$ , что эквивалентно действующему значению тока равному 2045 А на каждую обмотку. Двигатель работал на частоте 60 Гц. Магнитная проницаемость стали статора и ротора одинакова и равна 30. Электрическая проводимость стали статора равна нулю, ротора –  $1,6 \cdot 10^6 \text{ См/м}$ . Электрическая проводимость алюминиевой части ротора равна  $3,72 \cdot 10^7 \text{ См/м}$ . Выполнялась настройка основных параметров моделирования динамики асинхронного двигателя в среде моделирования.

При построении геометрических параметров асинхронного двигателя в среде моделирования создавалось два объединения: одно, для элементов статора, а второе для элементов ротора. Заключительным этапом создания геометрического макета модели является ее построение сборки.

Таким образом, между статором и ротором автоматически генерировались тождественные пары. Для моделирования электромагнитных полей в трёхфазном асинхронном двигателе использовался физический интерфейс «Магнитные вращающиеся механизмы». Так как все магнитные и электрические свойства материалов линейны, по умолчанию в программной среде добавлялся узел «Закон Ампера». Для моделирования трёхфазных обмоток использовалось условие «Однородная многовитковая катушка», число витков в обмотке которой равнялось 2045.

### Список литературы:

1. Saifulin, R.F. Supercapacitor as a Buffer Electrical Source for Induction Motor / R.F. Saifulin // Journal of Siberian Federal University. Engineering and Technologies. – 2022. – Vol. 15, No. 8. – P. 940-947.
2. Field weakening control for induction motors based on copper and iron losses minimization / O. Tolochko, D. Kaluhin, S. Palis, S. Oshurk // Applied Aspects of Information Technology. – 2020. – Vol. 3, No. 2. – P. 44-57.

*ДЛЯ ЗАМЕТОК*

**НАУЧНЫЙ ФОРУМ:  
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

*Сборник статей по материалам LXXVIII международной  
научно-практической конференции*

№ 9 (68)  
Декабрь 2023 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 07.12.23. Формат бумаги 60x84/16.  
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 2,875. Тираж 550 экз.

Издательство «МЦНО»  
123098, г. Москва, ул. Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74  
E-mail: tech@nauchforum.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного  
оригинал-макета в типографии «Allprint»  
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 1



**НАУЧНЫЙ  
ФОРУМ**  
[nauchforum.ru](http://nauchforum.ru)