|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

КОНКУРСНОЕ ЗАДАНИЕ КОМПЕТЕНЦИИ

«РАЗРАБОТЧИК МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ РЕАБИЛИТАЦИИ (ЭКЗОСКЕЛЕТЫ)»

**Финал чемпионата высоких технологий 2024**

2024 г.

Конкурсное задание разработано экспертным сообществом и утверждено Менеджером компетенции, в котором установлены нижеследующие правила и необходимые требования владения профессиональными навыками для участия в соревнованиях по профессиональному мастерству.

**Конкурсное задание включает в себя следующие разделы:**

[1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ 3](#_Toc142037183)

[1.1. Общие сведения о требованиях компетенции 3](#_Toc142037184)

[1.2. Перечень профессиональных задач специалиста по компетенции «Разработчик мехатронных систем реабилитации (экзоскелеты)» 3](#_Toc142037185)

[1.3. Требования к схеме оценки 5](#_Toc142037186)

[1.4. Спецификация оценки компетенции 5](#_Toc142037187)

[1.5. Конкурсное задание 6](#_Toc142037188)

[1.5.1. Разработка/выбор конкурсного задания 6](#_Toc142037189)

[1.5.2. Структура модулей конкурсного задания (инвариант/вариатив) 7](#_Toc142037190)

[2. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРАВИЛА КОМПЕТЕНЦИИ 8](#_Toc142037191)

[2.1. Личный инструмент конкурсанта 8](#_Toc142037192)

[2.2.Материалы, оборудование и инструменты, запрещенные на площадке 8](#_Toc142037193)

[3. ПРИЛОЖЕНИЯ 8](#_Toc142037194)

**ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СОКРАЩЕНИЯ**

1. Пользователь - Человек с ограничениями жизнедеятельности, использующий мехатронную систему реабилитации (экзоскелет).
2. Мехатронная система реабилитации (экзоскелет) - Носимое устройство, объединяющее в себе приводы, источник питания, датчики, систему управления и применяемое для восполнения и/или восстановления нарушенных двигательных функций конечностей человека.
3. Ортопедические аппараты конечностей с внешним источником энергии: роботизированные ортезы, роботизированные индивидуальные ортопедические аппараты (далее — аппарат) — Техническое средство реабилитации, включающее гильзы, механические и электронные узлы, элементы крепления, используемое для изменения структурных и функциональных характеристик нервно-мышечной и скелетных систем и обеспечивающее, в зависимости от медицинских показаний, ортопедическую коррекцию, разгрузку, фиксацию, а также активизацию двигательных функций за счет внешнего источника энергии.
4. Гильза - Элемент аппарата на верхние или нижние конечности с внешним источником энергии в виде фигурной пространственной разъемной оболочки различной жесткости, охватывающий сегменты конечности. соответствующий им по форме и устанавливаемый на конкретный сегмент для обеспечения соединения с несущими элементами аппарата с внешним источником энергии, распределения нагрузки, фиксации аппарата на конечности, изготавливаемый по откорректированной по медицинским показаниям индивидуальной форме сегментов конечности.
5. Аппарат с биоэлектрическим управлением (бионический) - Аппарат с внешним источником энергии, в котором для управления исполнительными механизмами используются биоэлектрические потенциалы мышц.
6. Аппарат с внешним источником энергии – Аппарат, приводимый в действие за счет внешних источников энергии
7. Электронный узел аппарата - Сборочная единица аппарата нижней конечности с внешним источником энергии, предназначенная для управления движения исполнительного(ых) механизма(ое).
8. Элемент крепления - Деталь конструкции аппарата на конечность с внешним источником энергии, обеспечивающая его фиксацию на сегментах конечности и туловища пользователя.
9. Исполнительный механизм аппарата - Устройство электро-мехаиическое/пневматическое/гидравлическое, передающее двигательный импульс на объект управления — аппарат по командной информации, поступающей с электронного узла.
10. ОС – Обратная связь.
11. ЭМГ – Электромиографический.
12. ПОИ – Протезно-ортопедическое изделие.
13. FDM-принтер – 3D принтер, работающий по технологии fused deposition modeling (моделирование методом послойного наплавления).
14. САПР – Система автоматизированного проектирования.

1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТРЕБОВАНИЯХ КОМПЕТЕНЦИИ

Требования компетенции (ТК) «Разработчик мехатронных систем реабилитации (экзоскелеты)» определяют знания, умения, навыки и трудовые функции, которые лежат в основе наиболее актуальных требований работодателей отрасли.

Целью соревнований по компетенции является демонстрация лучших практик и высокого уровня выполнения работы по соответствующей рабочей специальности или профессии.

Требования компетенции являются руководством для подготовки конкурентоспособных, высококвалифицированных специалистов / рабочих и участия их в конкурсах профессионального мастерства.

В соревнованиях по компетенции проверка знаний, умений, навыков и трудовых функций осуществляется посредством оценки выполнения практической работы.

Требования компетенции разделены на четкие разделы с номерами и заголовками, каждому разделу назначен процент относительной важности, сумма которых составляет 100.

1.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАДАЧ СПЕЦИАЛИСТА ПО КОМПЕТЕНЦИИ «Разработчик мехатронных систем реабилитации (экзоскелеты)»

*Перечень видов профессиональной деятельности, умений и знаний, и профессиональных трудовых функций специалиста (из ФГОС/ПС/ЕТКС.) и базируется на требованиях современного рынка труда к данному специалисту*

*Таблица №1*

**Перечень профессиональных задач специалиста**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Раздел** | **Важность в %** |
| 1 | Проектирование модели несложного изделия, изготавливаемого методами аддитивных технологий | 25 |
| -Специалист должен знать:  Особенности аддитивных технологий по сравнению с традиционными методами формообразования несложных изделий машиностроения  Конструкторские системы автоматизированного проектирования: классы, наименования, возможности и порядок работы в них  Правила эксплуатации оборудования аддитивных производств  Оборудование аддитивного производства, имеющееся в организации, его возможности и особенности конструкции  Физические явления, происходящие в ходе изготовления изделий аддитивными методами  Применяемые в имеющемся в организации оборудовании аддитивного производства исходные материалы и источники энергии  Достоинства и недостатки различных методов аддитивных производств  Этапы проектирования несложных изделий, изготовляемых аддитивными методами  Методика применения систем автоматизированного проектирования при разработке конструкции несложных изделий, изготовляемых аддитивными методами  Зависимость эксплуатационных свойств изделия от толщины наносимого слоя и траектории движения лазерного или электронного луча  Применяемые в аддитивных производствах виды технологической оснастки: поддержки, фиксаторы, их область применения, назначение и конструкция  Виды и возможности средств контроля процессов аддитивных технологий  Требования охраны труда, пожарной, промышленной, экологической и электробезопасности в аддитивном производстве  Особенности оформления технологической документации на процессы аддитивных технологий |  |
| -Специалист должен уметь:  Анализировать документацию на проектирование несложного изделия аддитивного производства  Просматривать конструкторскую документацию и устанавливать необходимые размеры несложных изделий, изготавливаемых методами аддитивных технологий, с использованием конструкторских систем автоматизированного проектирования  Применять конструкторские системы автоматизированного проектирования для моделирования конструктивных решений и структурно-компоновочных вариантов несложных изделий, изготавливаемых методами аддитивных технологий  Создавать чертежи несложных изделий, изготавливаемых методами аддитивных технологий, с использованием конструкторских систем автоматизированного проектирования  Выполнять компоновочные расчеты несложных изделий, изготавливаемых методами аддитивных технологий, с использованием конструкторских систем автоматизированного проектирования  Выполнять геометрическое построение несложных изделий, изготавливаемых методами аддитивных технологий, с использованием конструкторских систем автоматизированного проектирования  Просматривать конструкторскую документацию и устанавливать необходимые размеры технологической оснастки с использованием конструкторских систем автоматизированного проектирования  Применять конструкторские системы автоматизированного проектирования для моделирования конструктивных решений и структурно-компоновочных вариантов технологической оснастки  Создавать чертежи технологической оснастки с использованием конструкторских систем автоматизированного проектирования  Выполнять компоновочные расчеты технологической оснастки с использованием конструкторских систем автоматизированного проектирования  Выполнять геометрическое построение технологической оснастки с использованием конструкторских систем автоматизированного проектирования  Выбирать металлические, керамические и полимерные материалы для изготовления несложных изделий методами аддитивных производств  Выбирать способ формообразования несложного изделия методами аддитивных технологий с использованием имеющегося в организации оборудования  Определять потребный источник энергии для изготовления несложного изделия: в виде непосредственного нагрева, лазерного, электронного или оптического луча  Определять потребное для изготовления несложного изделия исходное состояние материала: в виде листа, проволоки, порошка, воска, пленки или суспензии  Разрабатывать необходимую технологическую оснастку при помощи средств автоматизированного проектирования  Выбирать параметры режима аддитивной технологии изготовления несложного изделия: мощность источника энергии, расход материала, толщину слоя, скорость охлаждения  Использовать системы автоматизированной технологической подготовки производства для поиска типовых технологических процессов и аналогичных технологических процессов изготовления несложных изделий аддитивного производства  Использовать системы автоматизированной технологической подготовки производства для редактирования типовых и аналогичных технологических процессов и технологических процессов изготовления несложных изделий аддитивного производства  Использовать системы автоматизированной технологической подготовки производства для определения технологических возможностей средств технологического оснащения, используемых при изготовлении несложных изделий аддитивного производства  Использовать системы автоматизированной технологической подготовки производства для определения технологических возможностей контрольно-измерительных приборов и инструментов, используемых при изготовлении несложных изделий аддитивного производства  Использовать системы автоматизированной технологической подготовки производства для нормирования технологических операций изготовления несложных изделий аддитивного производства  Использовать системы автоматизированной технологической подготовки производства для выбора технологических режимов технологических операций изготовления несложных изделий аддитивного производства  Использовать системы автоматизированной технологической подготовки производства для расчета норм расхода технологических газов и энергии при изготовлении несложных изделий аддитивного производства  Использовать системы автоматизированной технологической подготовки производства для оформления технологической документации на технологические процессы изготовления несложных изделий аддитивного производства  Использовать системы автоматизированного расчета и компьютерного моделирования для описания физических явлений, происходящих в технологических процессах изготовления несложных изделий аддитивного производства  Определять траекторию движения лазерного или электронного луча  Разрабатывать с помощью вычислительной техники и прикладных программ техническую документацию на технологические процессы изготовления несложных изделий аддитивными методами |  |
| 2 | Постановка на производство методами аддитивных технологий несложных изделий | 10 |
| -Специалист должен знать:  Порядок преобразования файлов системы автоматизированного управления в файлы, обрабатываемые машиной аддитивного производства, при помощи вычислительной техники и программного обеспечения  Методика загрузки и корректировки файлов, распознаваемых автоматизированной системой управления технологического оборудования аддитивного производства, при помощи встроенных вычислительных средств  Порядок настройки технологического оборудования аддитивного производства для изготовления несложных изделий  Технологии удаления поддерживающего материала, улучшения текстуры материала, повышения точности, улучшения эстетического вида изделия аддитивного производства  Назначение и технология основных операций последующей обработки после аддитивных производств  Требования, предъявляемые к изделию аддитивного производства, подвергнутого последующей типовой обработке  Требования технологической дисциплины при изготовлении несложных изделий аддитивного производства  Требования охраны труда, пожарной, промышленной, экологической и электробезопасности в аддитивном производстве |  |
| -Специалист должен уметь:  Преобразовывать файлы, сгенерированные системой автоматизированного проектирования при разработке конструкции несложного изделия, в файлы, применяемые системой управления машиной аддитивного производства, с использованием вычислительной техники и прикладных программных средств  Загружать файл используемого формата на несложное изделие в автоматизированную систему управления машиной аддитивного производства  Производить в файле используемого формата при помощи вычислительных средств технологического оборудования аддитивного производства исправление размеров, позиционирование и ориентацию для изготовления несложного изделия  Настраивать при помощи системы автоматизированного управления технологическое оборудование аддитивного производства с учетом конструкции, материала и технологии изготовления несложного изделия  Оформлять при помощи вычислительной техники и прикладных программ технологическую документацию на процессы изготовления несложного изделия аддитивного производства  Оформлять при помощи вычислительных средств и прикладных программ технологические карты последующей обработки несложного изделия аддитивного производства  Анализировать результаты изготовления несложных изделий аддитивного производства  Уточнять технологические параметры изготовления несложного изделия аддитивного производства |  |
| 3 | Ввод в эксплуатацию биотехнических и медицинских аппаратов и систем | 15 |
| -Специалист должен знать:  Конструктивные особенности биотехнических и медицинских аппаратов и систем  Содержание эксплуатационной документации биотехнических и медицинских аппаратов и систем  Способы и особенности монтажа биотехнических и медицинских аппаратов и систем  Требования охраны труда при вводе в эксплуатацию биотехнических и медицинских аппаратов и систем |  |
| -Специалист должен уметь:  Выполнять распаковку и расконсервацию биотехнических и медицинских аппаратов и систем  Проверять комплектность и целостность биотехнических и медицинских аппаратов и систем  Выполнять установку биотехнических и медицинских аппаратов и систем на месте эксплуатации |  |
| 4 | Написание программного кода с использованием языков программирования, определения и манипулирования данными в базах данных | 40 |
| -Специалист должен знать:  Синтаксис выбранного языка программирования, особенности программирования на этом языке, стандартные библиотеки языка программирования  Методологии разработки компьютерного программного обеспечения  Методологии и технологии проектирования и использования баз данных  Технологии программирования  Особенности выбранной среды программирования и системы управления базами данных  Компоненты программно-технических архитектур, существ |  |
| -Специалист должен уметь:  Применять выбранные языки программирования для написания программного кода  Использовать выбранную среду программирования и средства системы управления базами данных  Использовать возможности имеющейся технической и/или программной архитектуры для написания программного кода  Осуществлять коммуникации с заинтересованными сторонами |  |

1.3. ТРЕБОВАНИЯ К СХЕМЕ ОЦЕНКИ

Сумма баллов, присуждаемых по каждому аспекту, должна попадать в диапазон баллов, определенных для каждого раздела компетенции, обозначенных в требованиях и указанных в таблице №2.

*Таблица №2*

**Матрица пересчета требований компетенции в критерии оценки**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Критерий/Модуль** | | | | | | | | **Итого баллов за раздел ТРЕБОВАНИЙ КОМПЕТЕНЦИИ** |
| **Разделы ТРЕБОВАНИЙ КОМПЕТЕНЦИИ** |  | **A** | **Б** | **В** | **Г** | **Д** | **Е** |  |
| **1** | 15 | 20 |  |  |  |  | 35 |
| **2** |  |  | 10 |  |  |  | 10 |
| **3** |  |  |  | 15 |  |  | 15 |
| **4** |  |  |  |  | 15 | 25 | 40 |
| **Итого баллов за критерий/модуль** | | 15 | 20 | 10 | 15 | 15 | 25 | **100** |

1.4. СПЕЦИФИКАЦИЯ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИИ

Оценка Конкурсного задания будет основываться на критериях, указанных в таблице №3:

*Таблица №3*

**Оценка конкурсного задания**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Критерий** | | **Методика проверки навыков в критерии** |
| **А** | **Измерения конечности пользователя (вариатив)** | Оценивается успешность сканирования и формирования 3D модели конечности, отсутствие неустранимых дефектов модели, соблюдение размеров и пропорций.  Оценивается качество обработки 3D модели конечности, степень устранения всех ее дефектов, готовность модели к дальнейшему использованию. |
| **Б** | **Проектирование гильзы экзоскелета (вариатив)** | Оценивается правильность размеров и форм выборок в геометрии модели под конечность пользователя, анатомическая и техническая корректность расположения площадок под установку модулей приводных систем, креплений к конечности, разметка отверстий под установку винтов крепления, выборок под установку гаек крепления, отсутствие ошибок в геометрии модели.  Оценивается качество подготовки модели к изготовлению на FDM-принтере: достаточность количества поддержек, отсутствие избыточного количества поддержек, оптимальность размещения поддержек, правильность размещения и ориентации модели в области печати. |
| **В** | **Модуль В. Изготовление гильзы экзоскелета (вариатив)** | Оценивается качество изготовленной гильзы конечности пользователя, обработки ее поверхности, удаления поддержек 3Д печати, отсутствие повреждений. |
| **Г** | **Сборка экзоскелета (инвариант)** | Оценивается правильность размещения и закрепления модулей приводных систем на соответствующих площадках, отсутствие ошибок в электрическом подключении модулей приводных систем, электропитания, кнопки, модуля вибросигнала, ЭМГ-датчиков, датчиков обратной связи. |
| **Д** | **Программирование экзоскелета для режима реабилитации и механотерапии (инвариант)** | Оценивается полнота реализации возможностей управления разработанного программного обеспечения системы управления экзоскелета при работе в режиме реабилитации и механотерапии: выполнение сгибания и разгибания сегментов конечности с различными параметрами и реализация обратной связи по углам сгибания. |
| **Е** | **Программирование экзоскелета для повседневного использования в управляемом режиме (инвариант)** | Оценивается полнота реализации возможностей управления разработанного программного обеспечения системы управления экзоскелета при работе в режиме повседневного использования: реализация управления от электромиографических датчиков, переключение параметров работы с помощью многофункциональной кнопки, использование вибрационного модуля. |

1.5. КОНКУРСНОЕ ЗАДАНИЕ

Общая продолжительность Конкурсного задания: 18 ч.

Количество конкурсных дней: 3 дня

Вне зависимости от количества модулей, КЗ должно включать оценку по каждому из разделов требований компетенции.

Оценка знаний участника должна проводиться через практическое выполнение Конкурсного задания. В дополнение могут учитываться требования работодателей для проверки теоретических знаний / оценки квалификации.

1.5.1. Разработка/выбор конкурсного задания

Конкурсное задание состоит из 6 модулей, включает обязательную к выполнению часть (инвариант) – 3 модуля, и вариативную часть – 3 модуля. Общее количество баллов конкурсного задания составляет 100.

1.5.2. Структура модулей конкурсного задания (инвариант/вариатив)

**Модуль А. Измерения конечности пользователя (вариатив)**

*Время на выполнение модуля*: 2 часа

**Задания:** С использованием 3D-сканера выполнить трехмерное сканирование конечности пользователя. В программе трёхмерного моделирования произвести обработку с целью восстановления геометрии, удаления дефектов полученной трехмерной модели.

**Требования к сканированию модели конечности пользователя:**

* Процесс сканирования запущен и завершен, получено облако точек.
* Из облака точек сформирована каркасная 3D-модель.
* 3D модель сохранена в формате 3D сканера.
* 3D модель экспортирована в формат STL.

**Требования к готовой 3D модели конечности пользователя**:

* Каркасная 3D представляет собой модель конечности, отсканированную проходом сканера на 360 градусов.
* Не отсканированные области на 3D модели отсутствуют.
* Отсутствуют поверхностные и не соединенные с каркасной моделью артефакты.
* Отклонение размеров по каждой из 3 осей не более 10% от исходной модели.

**В конце модуля необходимо сдать:**

В папке *«Участник №…(номер участника по итогам жеребьевки)»* файл модели конечности пользователя в формате 3D сканера с названием, обозначающим выполняемый модуль и номер участника, например**: *Модуль\_А\_Участник\_№1.***

В папке *«Участник №…(номер участника по итогам жеребьевки)»* ***STL***файл модели конечности пользователя с названием обозначающим выполняемый модуль и номер участника, например**: *Модуль\_А\_Участник\_№1.***

**Модуль Б. Проектирование гильзы экзоскелета (вариатив)**

*Время на выполнение модуля*: 4 часа

**Задания:** В программе трехмерного моделирования, с использованием обработанной трехмерной модели гильзы конечности пользователя, с использованием прилагаемых трехмерных моделей крепежных элементов, модулей приводных систем экзоскелета, произвести разработку модели гильзы экзоскелета. Модель гильзы должна обеспечивать возможность установки и закрепления на конечности пользователя, возможность закрепления и анатомически правильного расположения модулей приводных систем экзоскелета.

В программном обеспечении FDM-принтера (слайсере) выполнить подготовку к печати смоделированной гильзы конечности.

**Требования к моделированию гильзы конечности:**

* Количество Faces (плоских 3-угольников) в каркасе экспортированной в формат STL модели должно быть не более 200 тысяч.
* В среде трехмерного моделирования экспортированная модель не дублируется более двух раз.

**Требования к модели гильзы конечности:**

* Модель конечности пользователя экспортирована в среду трехмерного моделирования.
* Модель конечности пользователя экспортирована в среду трехмерного моделирования в правильном масштабе.
* Стенка, сформированная выборкой модели конечности, имеет толщину от 1,5 до 6 мм.
* Выборка под модель конечности выполнена правильно и соответствует конечности пользователя.
* Посадочные площадки соответствуют форме крепления модулей приводных систем экзоскелета.
* На посадочных площадках намечены места расположения отверстий под винты для крепления модулей приводных систем экзоскелета.
* На посадочных площадках сделаны выборки для закладки гаек для крепления модулей приводных систем экзоскелета.
* На посадочных площадках намечены места расположения отверстий для прокладки электрических кабелей системы управления экзоскелета.
* Расположение посадочных площадок обеспечивает анатомически правильное расположение модулей приводных систем экзоскелета.
* Расположение посадочных площадок обеспечивает технически правильное (исходя из конструкции экзоскелета) расположение модулей приводных систем экзоскелета.
* В модели гильзы предусмотрены решения для ее закрепления на конечности пользователя.
* Выборки, смоделированные конструктивные элементы не должны иметь пресекающихся полостей и видимых дефектов.

**Требования к моделям в слайсере:**

* Модель загружена в слайсер.
* Модель имеет правильный масштаб.
* Модель ориентирована на столе (не висит в воздухе).
* Для модели установлены поддержки.
* Модели имеют достаточное количество поддержек.
* Модели не должны иметь избыточные поддержки.
* Поддержки размещены оптимальным образом.
* Модели могут быть распечатаны полностью.
* Модели на рабочем столе принтера сориентированы оптимально (с учетом качества печати, времени печати и расхода материала).

**В конце модуля необходимо сдать:**

В папке *«Участник №…(номер участника по итогам жеребьевки)»* файл модели гильзы конечности с расширением **.STL** с названием обозначающий выполняемый модуль и номер участника, например**: *Модуль\_Б\_Участник\_№1.stl,*** а так же подготовленный gcode для печати в формате **.\*\*\*\*** (формат файлов слайсера), например: ***Модуль\_Б\_Участник\_№1.\*\*\*\****

**Модуль В. Изготовление гильзы экзоскелета (вариатив)**

*Время на выполнение модуля*: 2 часа

**Задания:** С использованием ручного инструмента изготовить гильзу экзоскелета: выполнить механическую обработку поверхности, распечатанной на FDM-принтере культеприемной гильзы, ее подготовку (рассверливание отверстий и т.д.) для сборки экзоскелета.

**Требования к изготовленной гильзе экзоскелета:**

* Все поддержки 3D печати удалены без остатка.
* Выполнена шлифовка поверхностей гильзы.
* Подготовлены отверстия под установку крепежных винтов, прокладку электрических кабелей.
* Подготовлены выборки под закладку крепежных гаек.
* Подготовлены площадки под установку модулей приводных систем.
* Подготовлены элементы для крепления гильзы к конечности пользователя.
* Гильза не имеет видимых повреждений и дефектов поверхности (разрывы, оплавления, отрывы наружного слоя материала).

**Модуль Г. Сборка экзоскелета (инвариант)**

*Время на выполнение модуля:* 4 часа

**Задания:** На гильзе экзоскелета разместить модули приводных систем, крепеж к конечности пользователя. Произвести подключение приводных систем и датчиков обратной связи модулей приводных систем экзоскелета, электромиографических электродов, кнопки, модуля вибросигнала и аккумуляторной батареи к плате системы управления экзоскелета.

**Требования к сборке модели протеза:**

* Модули приводных систем размещены в соответствующих площадках и закреплены винтами с гайками.
* Крепеж к конечности пользователя установлен.
* Электрическое подключение электроприводов модулей приводных систем выполнено согласно инструкции.
* Электрическое подключение датчиков обратной связи модулей приводных систем выполнено согласно инструкции.
* Электрическое подключение кнопки выполнено согласно инструкции.
* Электрическое подключение электромиографических электродов выполнено согласно инструкции.
* Электрическое подключение модуля вибросигнала выполнено согласно инструкции.
* Электрическое подключение аккумуляторной батареи выполнено согласно инструкции.
* Кабельные линии модулей приводных систем проложены скрытно с использованием отверстий для прокладки кабельных линий.

**Модуль Д. Программирование экзоскелета для режима реабилитации и механотерапии (инвариант)**

*Время на выполнение модуля* 3 часа

**Задание:** В среде программирования выполнить разработку программного обеспечения системы управления экзоскелета на основе прилагаемого базового программного обеспечения для его работы в режиме реабилитации и механотерапии. Включить систему управления экзоскелета и подключить плату системы управления к персональному компьютеру.

В среде программирования выполнить загрузку программного обеспечения экзоскелета для проверки работоспособности его основных функций в режиме реабилитации и механотерапии.

Произвести тестирование и отладку функций экзоскелета в режиме реабилитации и механотерапии.

**Требования к разработке ПО системы управления экзоскелета в режиме реабилитации и механотерапии:**

Реализовано:

* Выполнение сгибания сегментов конечности
* Выполнение разгибания сегментов конечности
* Выполнения сгибания и разгибания сегментов конечности с заданной скоростью от 60 до 100% от максимальной.
* Выдержка паузы между сгибанием и разгибанием сегментов конечности.
* Выдержка паузы между разгибанием и сгибанием сегментов конечности.
* Цикличность сгибания и разгибания сегментов конечности.
* Запуск и остановка процедуры сгибания и разгибания сегментов конечности с использованием кнопки.
* Реализация обратной связи по углу сгибания сегментов конечности.
* Реализация обратной связи по углу разгибания сегментов конечности.
* Реализация общего временного ограничения длительности сгибания сегментов конечности.
* Реализация общего временного ограничения длительности разгибания сегментов конечности.

**В конце модуля необходимо сдать:**

В папке *«Участник №…(номер участника по итогам жеребьевки)»* папку с файлом программного обеспечения с расширением **.INO** с названием обозначающий выполняемый модуль и номер участника, например: ***Модуль\_Д\_Участник\_№1.INO***

**Модуль Е. Программирование экзоскелета для повседневного использования в управляемом режиме (инвариант)**

*Время на выполнение модуля* 3 часа

**Задания:** В среде программирования выполнить доработку программного обеспечения системы управления экзоскелета для его работы для повседневного использования в управляемом режиме. Включить систему управления экзоскелета и подключить плату системы управления к персональному компьютеру.

В среде программирования выполнить загрузку программного обеспечения экзоскелета для проверки работоспособности его основных функций для повседневного использования в управляемом режиме.

Произвести тестирование и отладку функций экзоскелета для повседневного использования в управляемом режиме.

**Требования к разработке ПО системы управления экзоскелета для повседневного использования в управляемом режим:**

Реализовано:

* Переключение между режимом реабилитации и механотерапии и режимом для повседневного использования и обратно с помощью удержания управляющей кнопки более 6 секунд.
* Выполнение сгибания и разгибания сегмента конечности по сигналу с одного ЭМГ-датчика.
* Выполнение сгибания и разгибания сегмента конечности по сигналу с двух ЭМГ-датчиков.
* Выполнение сгибания разогнутого сегмента конечности с помощью удержания управляющей кнопки более 0,5 секунд;
* Выполнение разгибания согнутого сегмента конечности с помощью удержания управляющей кнопки более 0,5 секунд;
* Последовательное переключение двух шаблонов сгибания и разгибания сегментов конечности с помощью удержания кнопки более 2 секунд.
* Последовательное переключение двух скоростей (60% и 100% от максимальной скорости) сгибания и разгибания сегментов конечности с помощью удержания кнопки более 4 секунд.
* Реализация обратной связи по выбранному с помощью кнопки шаблону сгибания и разгибания сегментов конечности с помощью вибрационного модуля (1 сигнал – 1 шаблон, 2 сигнала – 2 шаблон).
* Реализация обратной связи по выбранному с помощью кнопки скоростному режиму сгибания и разгибания сегментов конечности с помощью вибрационного модуля (1 сигнал – 1 режим, 2 сигнала – 2 режим).
* Реализация обратной связи по достижению временной уставки (когда можно отпустить кнопку для реализации заданной функции) режима переключения шаблона сгибания и разгибания сегментов конечности с помощью вибрационного модуля (короткий вибросигнал длительностью 0,5 секунды).
* Реализация обратной связи по достижению временной уставки (когда можно отпустить кнопку для реализации заданной функции) режима переключения скорости сгибания и разгибания сегментов конечности с помощью вибрационного модуля (средний вибросигнал длительностью 1,0 секунда).
* Реализация обратной связи по достижению временной уставки (когда можно отпустить кнопку для реализации заданной функции) переключения режима работы экзоскелета (длинный вибросигнал длительностью 1,5 секунды).
* Реализация обратной связи по углу сгибания сегментов конечности.
* Реализация обратной связи по углу разгибания сегментов конечности.
* Реализация общего временного ограничения длительности сгибания сегментов конечности.
* Реализация общего временного ограничения длительности разгибания сегментов конечности.

**В конце модуля необходимо сдать:**

В папке *«Участник №…(номер участника по итогам жеребьевки)»* папку с файлом программного обеспечения с расширением **.INO** с названием обозначающий выполняемый модуль и номер участника, например**: *Модуль\_Е\_Участник\_№1.INO***

**По завершении выполнения задания**, участник должен представить готовый экзоскелет для оценки и проверки его функционала. Рабочий функционал участник демонстрирует группе оценки самостоятельно. Демонстрация записывается одним из экспертов оценивающей группы или техническим администратором площадки. Время на демонстрацию – не более 10 минут.

**Время на демонстрацию входит в конкурсное**. По окончании конкурсного времени запись демонстрации прекращается. Оценивается только та часть демонстрации, которая была записана.

**Если о готовности продемонстрировать результат заявит участник до окончания записи предыдущей демонстрации**, то его демонстрацию записывает свободная оценивающая группа. В случае невозможности такой записи (в оценивающей группе эксперт-наставник этого конкурсанта или нет свободной оценивающей группы), конкурсное время для этого участника останавливается, участник покидает рабочее место до прибытия оценивающей группы. Далее конкурсное время данного участника продолжается.  
По истечении конкурсного времени ВСЕ участники обязаны НЕМЕДЛЕННО покинуть рабочее место.

2. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРАВИЛА КОМПЕТЕНЦИИ

При выполнении модулей Д и Е конкурсного задания участнику запрещается допускать блокировку приводов модулей приводных систем экзоскелета (включение в позиции предельного угла сгибания или разгибания сегмента конечности без движения) на время, превышающее 10 секунд.

2.1. Личный инструмент конкурсанта

Нулевой

2.2.Материалы, оборудование и инструменты, запрещенные на площадке

Отсутствуют (см. п. 2.1).

3. Приложения

Приложение №1 Инструкция по заполнению матрицы конкурсного задания.

Приложение №2 Матрица конкурсного задания.

Приложение №3 Инструкция по охране труда.

Приложение №4 Характеристики макета конечности условного пользователя экзоскелета

Приложение №5 Характеристики платы системы управления экзоскелета

Приложение №6 Документация на библиотеку платы системы управления экзоскелета