

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт социально-гуманитарных технологий

Направление подготовки: электроника и наноэлектроника

Кафедра промышленной и медицинской электроники

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

| Тема работы  |
|--|
| Исследование интерфейса мозг-компьютер на основе электроэнцефалографии<br>УДК <u>004.383.8.032.26.001.2.:616.831-073.97-71</u> |

Студент

| Группа | ФИО        | Подпись | Дата |
|--------|------------|---------|------|
| 151A30 | Ван Юйхань |         |      |

Руководитель

| Должность              | ФИО                           | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент каф. ПМЭ<br>ИНК | Фокин Александр<br>Васильевич |                           |         |      |

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность                              | ФИО                           | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|--|-------------------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент, кандидат<br>экономических наук | Попова Светлана<br>Николаевна |                           |         |      |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность                            | ФИО                       | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент, кандидат<br>технических наук | Волков Юрий<br>Викторович |                           |         |      |

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

| Зав. кафедрой | ФИО          | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|---------------|--------------|---------------------------|---------|------|
| ПМЭ           | Ф.А. Губарев | к. ф.-м.н.,<br>доцент     |         |      |

Томск – 2017 г.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт социально-гуманитарных технологий  
Направление подготовки: электроника и наноэлектроника  
Кафедра промышленной и медицинской электроники

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      \_\_\_\_\_  
(Дата)      Ф.А. Губарев  
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

|                     |
|---------------------|
| бакалаврской работы |
|---------------------|

Студенту:

| Группа | ФИО        |
|--------|------------|
| 151A30 | Ван Юйхань |

Тема работы:

|  |  |
|--|--|
| Исследование интерфейса мозг-компьютер на основе электроэнцефалографии |  |
| Утверждена приказом директора Института кибернетики (дата, номер)      |  |

|   |  |
|---|--|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: (дата) |  |
|---|--|

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

|  |   |
|--|---|
| <b>Исходные данные к работе</b><br><i>(наименование объекта исследования; документы конференции и отчеты НИИР; программное обеспечение).</i> | Разработать интерфейса мозг-компьютер на основе электроэнцефалографии |
|--|---|

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования; разработка алгоритмов и программ; описание методов исследования обработки результатов; анализ полученных результатов; дополнительные разделы, подлежащие разработке; заключение по работе).</i></p> | <p>1. Обзор литературы, выбрать схему</p> <p>2. Разработать структурную и принципиальную схему</p> <p>3. Экспериментальные исследования</p> |
|--|---|

|  |  |
|--|--|
| <p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p> |  |
|--|--|

|   |  |
|---|--|
| <p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p> |  |
|---|--|

| Раздел   | Консультант                |
|--|----------------------------|
| 1. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Попова Светлана Николаевна |
| 2. Социальная ответственность                                      | Волков Юрий Викторович     |
| 3. Английский язык   |                            |

|  |
|--|
| <p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p> |
| <p> </p>   |

|  |          |
|--|----------|
| <p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p> | <p> </p> |
|--|----------|

**Задание выдал руководитель:**

| Должность           | ФИО                        | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------|----------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент каф. ПМЭ ИНК | Фокин Александр Васильевич |                        |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО        | Подпись | Дата |
|--------|------------|---------|------|
| 151A30 | Ван Юйхань |         |      |

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

**Студенту:**

|               |            |
|---------------|------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b> |
| 151A30        | Ван Юйхань |

|                            |             |                                  |   |
|----------------------------|-------------|----------------------------------|---|
| <b>Институт</b>            | <b>ИСГТ</b> | <b>Кафедра</b>                   | <b>ПМЭ</b>                              |
| <b>Уровень образования</b> | Бакалавриат | <b>Направление/специальность</b> | 11.03.04 Электроника и на ноелектроника |

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

|   |   |
|---|---|
| <i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i> | <i>Определение стоимости ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых информационных и человеческих</i> |
| <i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>   | <i>Знакомство и отбор норм и нормативов расходования ресурсов</i>   |
| <i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>                                  | <i>Знакомство с системой налогообложения, со ставками налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>                                       |

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

|   |   |
|---|---|
| <i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i> | <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НИИ</i>                         |
| <i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>  | <i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет.</i> |
| <i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>        | <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической составляющей</i>                |

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

|  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оценка конкурентоспособности технических решений</li> <li>2. Матрица SWOT</li> <li>3. График проведения и бюджет НИ</li> <li>4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</li> </ol> |
|--|

|   |  |
|---|--|
| <b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b> |  |
|---|--|

**Задание выдал консультант:**

|                  |                            |                               |                |             |
|------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| <b>Должность</b> | <b>ФИО</b>                 | <b>Ученая степень, звание</b> | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> |
| Доцент           | Попова Светлана Николаевна | Кандидат экономических наук   |                |             |

**Задание принял к исполнению студент:**

|               |            |                |             |
|---------------|------------|----------------|-------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b> | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> |
| 151A30        | Ван Юйхань |                |             |

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

|               |            |
|---------------|------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b> |
| 151А30        | Ван Юйхань |

|                            |                                   |                                  |  |
|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| <b>Институт</b>            | Социально-гуманитарных технологий | <b>Кафедра</b>                   | Промышленной и медицинской электроники |
| <b>Уровень образования</b> | Бакалавриат                       | <b>Направление/специальность</b> | 11.03.04 электроника и наоэлектроника  |

| <b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность» :</b>  |  |
|--|--|
| <p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>  | <p>Контроль диаметра протяжённых цилиндрических изделий в квазипараллельном пучке.<br/>Рабочая зона: лабораторная аудитория<br/>Материал: источник излучения, приемник излучения, микроконтроллера</p>   |
| <b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>  |  |
| <p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности.</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности.</p>   | <p>Техногенная безопасность:</p> <p>1.1 Анализ выявленных вредных факторов и методы защиты:</p> <p>1.1.1 Производственный шум;<br/>1.1.2 Воздействие электромагнитного поля;<br/>1.1.3 Недостаточное освещение;<br/>1.1.4 Ионизирующее излучение</p> <p>1.2 Анализ выявленных опасных факторов и методы защиты:</p> <p>1.2.1 Электробезопасность</p> |
| <p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul> | <p>2. Предусмотрена защита селитебных и природных зон от негативного воздействия на атмосферу, гидросферу, литосферу</p>   |

|  |   |
|--|---|
| <p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul> | <p>3. Для обеспечения безопасности людей в ЧС приведены:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС</li> </ul> |
| <p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>   | <p>4. Особенности законодательного регулирования проектных решений и организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>   |

|  |  |
|--|--|
| <p><b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b></p> |  |
|--|--|

**Задание выдал консультант:**

| Должность | ФИО                    | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент    | Волков Юрий Викторович | К.Т.Н.                 |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО        | Подпись | Дата |
|--------|------------|---------|------|
| 151А30 | Ван Юйхань |         |      |

## Реферат

Выпускная квалификационная работа: 92 страниц, 18 таблиц, 22 рисунка,  
18 формулы

Объектами исследования являются мобильность нарушенная, система,  
чтобы помочь людям двигаться.

Ключевые слова: интерфейс мозг-компьютер, общаться, ЭЭГ, электрод,  
компьютер,мозг.

Целью работы является разработка интерфейса мозг-компьютер на основе  
электроэнцефалографии.

В работе разрабатывается интерфейсы мозг-компьютер для сбора и  
обработки мозговых волн для анализа человеческих намерений и  
достижения человеческих потребностей с помощью компьютерных или  
других электронных устройств или для того, чтобы помочь им общаться с  
внешним миром.



|  |    |
|--|----|
| Введение.....                                      | 12 |
| 1. Глава. Обзор литературы .....                   | 14 |
| 1.1. Измерения ЭЭГ сигналов мозга .....            | 14 |
| 1.2. ИМК (BCI) ,ЭЭГ и МРТ .....                    | 20 |
| 1.2.1. ИМК(Интерфейс мозг-компьютер) .....         | 20 |
| 1.2.2. ЭЭГ(Электроэнцефалография).....             | 22 |
| 1.2.3. МРТ(Магнитно-резонансная томография).....   | 23 |
| 1.3. Обзор рынка .....                             | 25 |
| 1.3.1. Emotiv.....                                 | 25 |
| 1.3.2. NeuroSky.....                               | 26 |
| 1.3.3. Наушники Kokoop.....                        | 27 |
| 2.Глава. Структурная схема .....                   | 29 |
| 2.1. Электроды.....                                | 29 |
| 2.2. Усилитель.....                                | 31 |
| 2.3. Фильтры.....                                  | 32 |
| 2.4. АЦП .....                                     | 33 |
| 3. Глава. Электрическая принципиальная схема.....  | 35 |
| 3.1. Измерительный усилитель .....                 | 35 |
| 3.2. 50 Гц Режекторный фильтр <sup>[3]</sup> ..... | 36 |
| 3.3. 7 Гц Фильтр верхних частот .....              | 37 |
| 3.4. 31 Гц Фильтр низких частот .....              | 38 |
| 3.5. 1 Гц ФВЧ и коэффициент усиления 83-455 .....  | 39 |

|  |    |
|--|----|
| 3.6. Принципиарная схема.....  | 41 |
| 4. Глава. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....                                   | 42 |
| 4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования .....  | 42 |
| 4.1.2. Анализ конкурентных технических решений .....   | 44 |
| 4.1.3. SWOT-анализ.....  | 45 |
| 4.2. Планирование научно-исследовательских работ .....   | 46 |
| 4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования .....  | 46 |
| 4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ .....   | 47 |
| 4.2.3. Разработка графика проведения научного исследования .....   | 48 |
| 4.2.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....  | 53 |
| 4.2.4.1. Расчет материальных затрат НТИ.....   | 54 |
| 4.2.4.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ .....                   | 56 |
| 4.2.4.3. Основная заработная плата исполнителей темы .....   | 57 |
| 4.2.4.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....   | 59 |
| 4.2.4.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....   | 60 |
| 4.2.4.6. Накладные расходы .....   | 61 |
| 4.2.4.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....                                      | 63 |
| 4.3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности |    |

|   |    |
|---|----|
| исследования .....  | 64 |
| 5. Глава. Общие положения .....   | 69 |
| 5.1. Производственная безопасность .....                                  | 69 |
| 5.1.1 Анализ выявленных вредных факторов и методы защиты .                | 69 |
| 5.1.1.1 Производственный шум .....  | 70 |
| 5.1.1.2 Воздействие электромагнитного поля .....                          | 71 |
| 5.1.1.3 Недостаточное освещение.....                                      | 72 |
| 5.1.1.4 Ионизирующее излучение.....                                       | 73 |
| 5.1.2 Анализ выявленных опасных факторов и методы защиты .                | 73 |
| 5.1.2.1 Электробезопасность.....  | 73 |
| 5.2. Экологическая безопасность .....                                     | 76 |
| 5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....                          | 78 |
| 5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности<br>..... | 83 |
| Заключение .....  | 87 |
| Список используемых источников.....                                       | 88 |
| Приложение.....   | 91 |

## Введение

Технология интерфейса мозг-компьютер – это техника, включающая неврологию, обнаружение сигнала, обработку сигналов, распознавание образов и так далее.

Уже в 1857 году, молодой Британский ученый физиолог (R.Caton), записали первые данные по электрической активности мозга собак, кроликов и обезьян, и издал работу "Исследования электрических явлений серого вещества мозга", но работа не привлекла большого внимания. Пятнадцать лет спустя, Бейкер (A.Beck) опубликовал еще одну работу, посвященную электрической активности мозга. В середине 1924 года немецкий психиатр Бергер (H.Berger) нашел что электрическая активность угря и людей имеют одну и ту же природу и действительно начал записывать мозговые волны человеческого мозга. <sup>[1]</sup>

Все простые вещи в жизни человека, такие, как ходьба, еда, мышление – сопровождаются электрическими волновыми сигналами мозга, контролирующего движения мышц. Это включает в себя ряд действий: получение информации, обработка информации, команда, и т.п. Этот процесс требует всего 150 миллисекунд, это показывает, что мозг обрабатывает информацию очень быстро.

В последние годы, существует растущий интерес к работе мозга, и все больше и больше исследований. Во многих смежных областях, таких, как медицинские и мобильные устройства, образование, развлечения появляются продукты, связанные с работой мозга.

Интерфейс мозг-компьютер представляет собой прямой канал связи и контроля между мозгом человека и компьютером или другим электронным устройством, благодаря которому люди могут выражать идеи или манипулировать устройствами непосредственно через мозг без

необходимости в языке или действии

Это может эффективно повысить способность пациентов с тяжелой инвалидностью общаться с внешним миром или контролировать внешнюю среду, чтобы улучшить качество жизни пациентов.

Но электрический волновой сигнал мозга очень слабый и легко подвергается помехам. Таким образом, выявление и анализ сигнала является очень сложной задачей.

Моя цель состоит в том, чтобы разработать интерфейс мозг-компьютер на основе ЭЭГ (электроэнцефалографии).

# 1. Глава. Обзор литературы

## 1.1. Измерения ЭЭГ сигналов мозга

В школе, мы узнали, что нейрон имеет оболочку-мембрану. Благодаря обмену веществ между внутренней средой нейрона поддерживается разность потенциалов, причём внутренняя среда относительно внешней заряжена отрицательно. Эта разность потенциалов называется потенциалом покоя и имеет величину 60-70 мВ. [2]

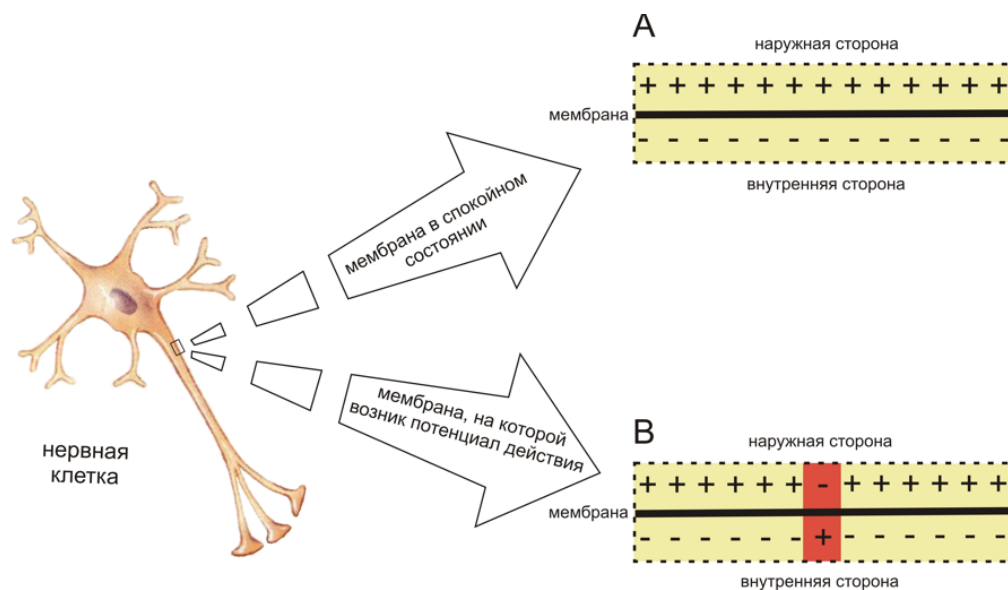


Рис.1 Устройство нейрона

Электроэнцефалография (ЭЭГ) является методом электрофизиологического мониторинга для регистрации электрической активности головного мозга. Он обычно неинвазивный, с электродами, расположенными вдоль кожи головы, хотя в конкретных применениях иногда используются инвазивные электроды. ЭЭГ измеряет флуктуации напряжения, возникающие в результате ионного тока в нейронах головного мозга. [3] В клинических контекстах ЭЭГ относится к записи спонтанной электрической активности головного мозга в течение определенного периода времени [3], как записано с нескольких электродов, размещенных на

волосистой части головы. Обычно в диагностических приложениях основное внимание уделяется спектральному содержанию ЭЭГ, то есть типу нейронных колебаний (обычно называемых «мозговыми волнами»), которые могут наблюдаться в сигналах ЭЭГ.

ЭЭГ чаще всего используется для диагностики эпилепсии, которая вызывает отклонения в показаниях ЭЭГ<sup>[3]</sup>. Он также используется для диагностики расстройств сна, комы, энцефалопатий и смерти мозга. ЭЭГ была методом первой линии диагностики опухолей, инсульта и других нарушений фокального мозга<sup>[3]</sup>, но это использование уменьшилось с появлением анатомических методов визуализации с высоким разрешением, таких как магнитно-резонансная томография (МРТ) и компьютерной томографии (КТ). Несмотря на ограниченное пространственное разрешение, ЭЭГ продолжает оставаться ценным инструментом для исследований и диагностики, особенно когда требуется временное разрешение миллисекундного диапазона (не возможно с помощью КТ или МРТ).

Когда мозг работает, происходит генерация ЭЭГ сигнала. Это спонтанный процесс. В этом процессе можно выделить по меньшей мере 4 важных диапазона длин волн:

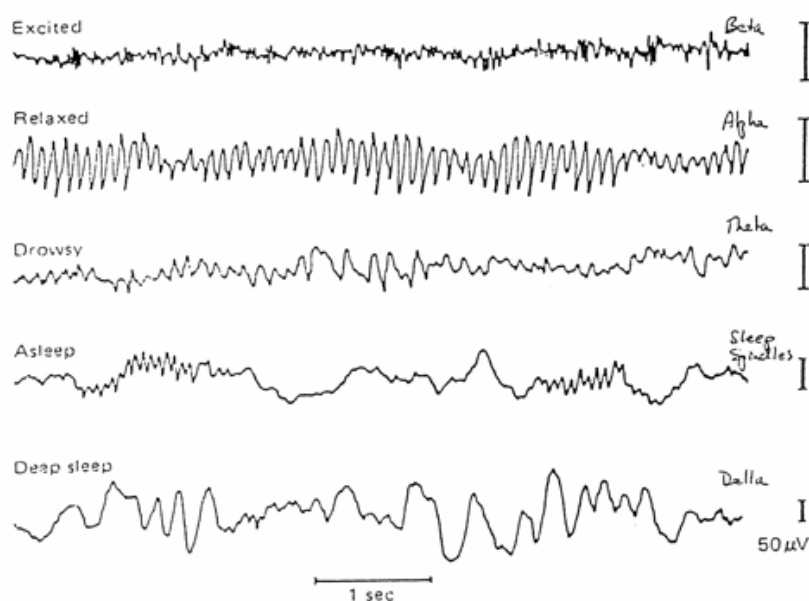


Рис 2. Сигналы ЭЭГ

Таблица 1. Важный диапазона длин волн

| Группа   | Частота (Гц)  | Место появления  | Обычное появление  | Патологически  |
|--|---------------|--|--|--|
| <p><b>Дельта-ритм</b><br/>(<math>\delta</math>-ритм)</p> | <p>&lt; 4</p> | <p>фронтально у взрослых, сзади у детей, высокая амплитуда волна</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Взрослый медленный сон</li> <li>• У младенцев</li> <li>• Был обнаружен в ходе некоторых задач непрерывного внимания</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Подкорковые поражения</li> <li>• Диффузные поражения</li> <li>• Метаболическая энцефалопатия гидроцефалия</li> <li>• Глубокие срединные поражения</li> </ul>              |
| <p><b>Тета-ритм</b><br/>(<math>\theta</math>-ритм)</p>   | <p>4–7</p>    | <p>Найдено в местах, не связанных с задачей под рукой</p>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• выше у маленьких детей</li> <li>• сонливость у взрослых и подростков</li> <li>• на холостом ходу</li> <li>• Связано с подавлением вызванных ответов (было обнаружено, что он всплескивает в ситуациях, когда человек активно пытается подавить ответ или</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Очаговые подкорковые поражения</li> <li>• Метаболическая энцефалопатия</li> <li>• Глубокие расстройства средней линии</li> <li>• Некоторые случаи гидроцефалии</li> </ul> |



|                                     |      |  | действие). ..   |  |
|-------------------------------------|------|--|---|--|
| <b>Альфа-ритм</b> ( $\alpha$ -ритм) | 8–15 | задние области головы, с обеих сторон, более высокой амплитуды на доминантной стороне. Центральные участки (с3-с4) в покое | <ul style="list-style-type: none"> <li>• расслаблены / отражающее</li> <li>• Закр</li> <li>• Такж</li> </ul> е связано с контролем ингибирования, по-видимому, с целью замедления активности в разных местах мозга. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• кома</li> </ul>                                   |
| <b>Бета-ритм</b> ( $\beta$ -ритм)   | 16–3 | С обеих сторон, симметричное распределение, наиболее очевидно на первый взгляд; Волны с малой амплитудой                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Диапазон диапазона: активное спокойствие интенсивный стресс мягкий</li> <li>• Активное мышление, фокус, высокая тревога, беспокойство</li> </ul>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• бензодиазепины</li> <li>• Синдром Дупа</li> </ul> |

ЭЭГ снимается согласно стандартному протоколу, который учитывает проведение записей в состоянии бодрствования или сна (грудные дети), с проведением специальных тестов. Рутинными тестами при ЭЭГ являются:

1. Фотостимуляция (воздействие вспышками яркого света на закрытые глаза).
2. Открывание и закрывание глаз.
3. Гипервентиляция (редкое и глубокое дыхание в течение 3 – 5 минут). Эти тесты проводят всем

взрослым и детям при снятии ЭЭГ, независимо от возраста и патологии. Кроме того, при снятии ЭЭГ могут использоваться дополнительные тесты, например: сжатие пальцев в кулак; проба с лишением сна; пребывание в темноте в течение 40 минут; мониторинг всего периода ночного сна; прием лекарственных препаратов; выполнение психологических тестов. Дополнительные тесты для ЭЭГ определяются врачом–неврологом, который желает оценить определенные функции головного мозга человека.



Рис 3. Как получить ЭЭГ

А что показывает электроэнцефалограмма? <sup>[5]</sup>Электроэнцефалограмма отражает функциональное состояние мозговых структур при различных состояниях человека, например, сон, бодрствование, активную психическую или физическую работу и т. Д. Электроэнцефалограмма является абсолютно безопасным методом, простым, безболезненным и не требует серьезного вмешательства. На сегодняшний день электроэнцефалограмма широко используется в практике неврологов, так как этот метод позволяет диагностировать эпилепсию, сосудистые, воспалительные и дегенеративные поражения головного мозга. Кроме того,

ЭЭГ помогает прояснить конкретную ситуацию с опухолями, кистами и травматическим повреждением головного мозга. Электроэнцефалограмма с раздражением пациента со светом или звуком позволяет различать истинный зрение и нарушения слуха от истерического или их симуляции. ЭЭГ используется в отделениях интенсивной терапии для динамического мониторинга состояния пациентов, находящихся в коме. Исчезновение признаков электрической активности мозга на ЭЭГ является признаком смерти человека.

## 1.2. ИМК (BCI) ,ЭЭГ и МРТ

### 1.2.1. ИМК(Интерфейс мозг-компьютер)

ИМК-это интерфейс мозг-компьютер.

Вы видите человека в шапке, и шапочка с электродами и игрушечный автомобиль, который поворачивает налево и направо, движется вперед и назад без всякого джойстика. Так работает интерфейс мозг-компьютер.

Интерфейс мозг — компьютер (называемый также прямой нейронный интерфейс, мозговой интерфейс, нейрокомпьютерный интерфейс) — система, созданная для обмена информацией между мозгом и электронным устройством (например, компьютером). В однонаправленных интерфейсах внешние устройства могут либо принимать сигналы от мозга, либо посылать ему сигналы (например, имитируя сетчатку глаза при восстановлении зрения электронным имплантатом). Двухнаправленные интерфейсы позволяют мозгу и внешним устройствам обмениваться информацией в обоих направлениях. В основе интерфейс мозга-компьютерного, часто используется метод биологической обратной связи. <sup>[8]</sup>



Рис 4. Интерфейс мозг-компьютер

А из чего состоит устройство?

- Шапочка для регистрации ЭЭГ(электрод)
- Процессор небольшой, но мощный. (он определяет, какие изменения ЭЭГ приводят к желаемому действию)
- Усилитель сигналов ЭЭГ
- Окончательный усилитель мощности
- Сигнал передается на телеметрическое устройство

История мозга-компьютерных интерфейсов начинается с открытия Ханса Бергера электрической активности головного мозга человека и развития электроэнцефалографии (ЭЭГ). В 1924 году Бергер был первым для записи активности мозга человека с помощью ЭЭГ. Бергер в состоянии идентифицировать колебательную активность, такую как волна Бергера или альфа-волны (8-13 Гц), путем анализа ЭЭГ следов. <sup>[9]</sup>

Первое устройство записи Бергера было очень рудиментарным. Он вставил серебряные провода под скальпами своих пациентов. Они были позже заменены на серебряных фольгах, прикрепленных к голове пациента с помощью резиновых бинтов. Бергер подключены этих датчиков к капиллярному электрометру Липпмана, с неутешительными результатами.

Однако , более сложные измерительные устройства, такие как двойная катушка запись гальванометр Siemens, которая отображается электрические напряжения как малые, как один десять тысячных вольты, привели к успеху. [11]

Бергер проанализировал взаимосвязь чередований в его волновых диаграмм ЭЭГ с заболеваниями головного мозга. ЭЭГ разрешается совершенно новые возможности для исследования деятельности головного мозга человека.

Жак Видал ввел термин «BCI» и произвел первые рецензируемых публикаций на эту тему. Видал широко признан как изобретатель BCIS в BCI сообщества, как это отражено в многочисленных рецензируемых статей, обзор и обсуждение поля .

После его ранних взносов, Vidal не был активен в BCI исследований, ни BCI событий, таких как конференции, на протяжении многих лет. В 2011 году, однако, он выступил с лекцией в Граце, Австрия, при поддержке проекта *Future BNCI*, представляя первый BCI, который заработал овалцию. Видал присоединился его жена, Ларайс Видал, который ранее работал с ним в Лос-Анджелесе на своем первом BCI проекте. профессор Vidal также представит лекцию на его ранней BCI работы на шестом ежегодном совещании BCI, запланированном за май-июнь 2016 года в штат Калифорния. [12]

### **1.2.2. ЭЭГ(Электроэнцефалография)**

Электроэнцефалография (ЭЭГ) представляет собой раздел электрофизиологии, в котором изучаются модели общей электрической активности мозга, удаленные с поверхности кожи головы, а также метод записи таких потенциалов (формирование электроэнцефалограмм). ЭЭГ также является неинвазивным методом изучения функционального

состояния мозга путем регистрации его биоэлектрической активности.

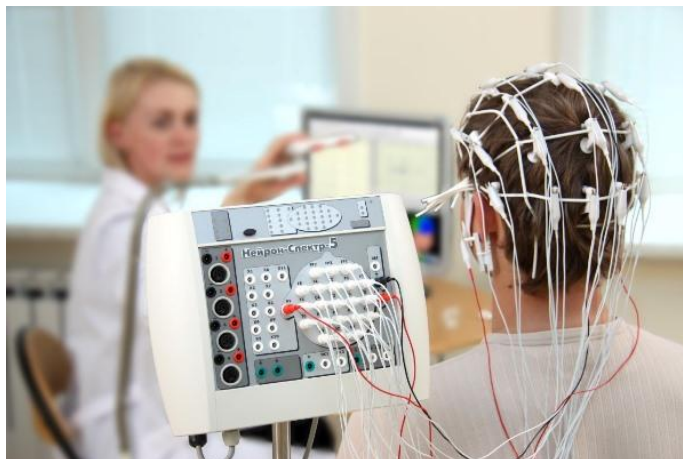


Рис 5. ЭЭГ в медицине

Электроэнцефалография (ЭЭГ) выявляет следующие патологии:

1. Последствия черепно-мозговых травм и хирургических операций;
2. Эпилептические расстройства;
3. Новообразования головного мозга, доброкачественные и злокачественные;
4. Нарушения мозгового кровообращения, сосудистые патологии;
5. Энцефалопатия и другие заболевания головного мозга и ЦНС; <sup>[13]</sup>

Электроэнцефалография (ЭЭГ) имеет большое значение для диагностики и лечения различных невротических расстройств (депрессия, бессонница, истерия, приступы паники и т. Д.). Это исследование стало необходимостью для водителей. Согласно новым правилам, каждый человек, желающий получить водительские права, должен передать ЭЭГ для справки в ГИБДД. Многие заболевания и дисфункции, диагностированные с помощью этой процедуры, могут представлять особую опасность при вождении. Поэтому ЭЭГ настолько важна для водителей.

### 1.2.3. МРТ(Магнитно-резонансная томография)

МРТ(Магнитно-резонансная томография) - это метод медицинской

визуализации, используемый в радиологии для формирования изображений анатомии и физиологических процессов организма как в отношении здоровья, так и в отношении болезней. Сканеры МРТ используют сильные магнитные поля, радиоволны и градиенты полей для генерации изображений органов в теле.

МРТ не включает рентгеновское излучение, которое отличает его от компьютерной томографии (КТ или КТ). В то время как опасности рентгеновских лучей теперь хорошо контролируются в большинстве медицинских контекстов, МРТ по-прежнему может рассматриваться как превосходящая КТ в этом отношении.

МРТ часто может давать различную диагностическую информацию по сравнению с КТ. Могут возникнуть риски и дискомфорт, связанные с сканированием МРТ. По сравнению с КТ, сканирование МРТ обычно занимает больше времени, громче и обычно требует, чтобы испытуемый попадал в узкую, ограниченную трубку. Кроме того, люди с некоторыми медицинскими имплантатами или другим несъемным металлом внутри тела могут быть не в состоянии пройти МРТ-исследование безопасно.

#### МРТ-ЭЭГ

В исследовательских условиях структурная МРТ или функциональная МРТ могут быть объединены с ЭЭГ (электроэнцефалография) при условии, что оборудование ЭЭГ MR-совместимо.



## 1.3. Обзор рынка

### 1.3.1. Emotiv

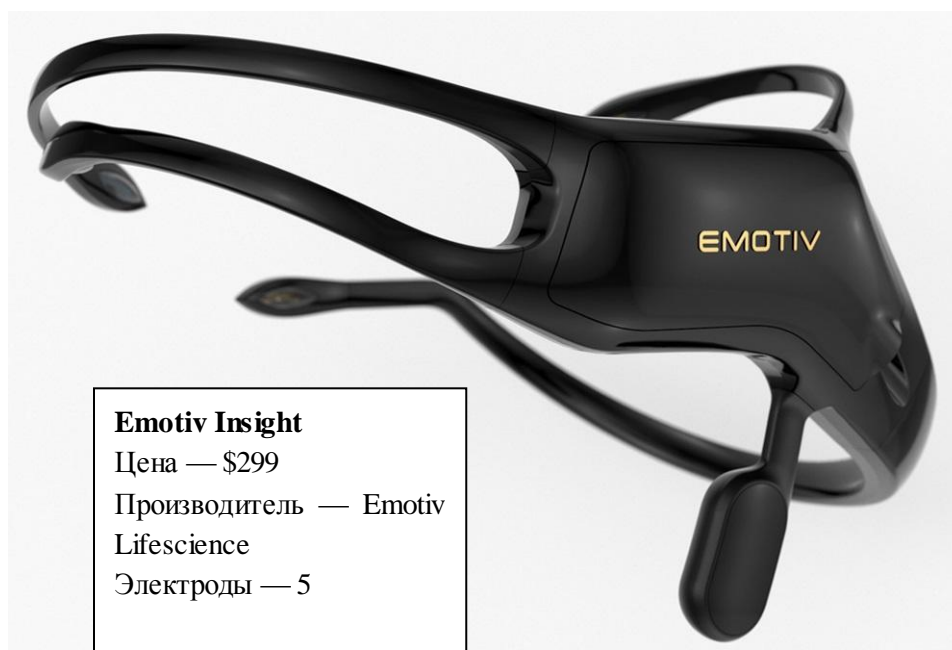


Рис 6. Emotiv Insight

В 2007 году Emotiv выпустила свой первый мозговой продукт, Emotiv EPOC, который выглядит как упрощенное научное медицинское стандартное устройство для обнаружения мозговых волн, которое позволяет людям понять концепцию «нейрохедсет». Emotiv EPOC может преобразовать обнаруженную ЭЭГ в цифровой сигнал, чтобы люди могли использовать «идеи» для управления самолетом, контролировать непосредственную роль компьютерной игры и другие эффекты игры, заключается в том, что многие из самых впечатляющих, Ловли деятельности по привлечению внимания Один из продуктов.

В 2014 году Emotiv запустила шлем для контроля EEG под названием Insight, основной потребительский рынок, все показатели производительности чипов неплохие, и EPOC Insight может контролировать ЭЭГ пользователя, а затем отслеживать и улучшать внимание пользователя и эмоции. Но не то же самое, Emotiv сторонним разработчикам отбросил

Insight SDK, также открыл свой API приложений; В стороннем приложении при сотрудничестве пользователи Insight могут использовать мозговые волны для выдачи инструкций для управления другими устройствами.

### 1.3.2. NeuroSky



Рис 7. NeuroSky

NeuroSky - биотехнологическая компания в Соединенных Штатах, чья позиция заключается в разработке потребительских продуктов для мозговой волны, пригодных для домашнего использования. Они по-прежнему находятся в чип-программе над множеством, казалось бы, интересных приложений, таких как Japan Neuroware, чтобы использовать свой чип для «идеи о кошачьих ушах», этот продукт - чистая игрушка, форма - обычная группа волос, после ношения, Если у подавителя подавлено, ухо кошки будет свисать, когда внимание владельца, уши кошки будут установлены, когда владелец будет счастлив, кошачьи уши будут качаться назад и вперед.

NeuroSky в этом отношении, похоже, придает большое значение созданию филиала в Китае, названного по концепции науки и техники, в дополнение к вышеупомянутой «идее кошачьих ушей», но также и с отечественной компанией, Компания по разведке макросов, компания использовала технологию NeuroSky для производства узоров BrainLink для «культивирования внимания»,

### 1.3.3. Наушники Кокон



Рис 8. Наушники Кокон

Кокон - это первый наушник, достаточно удобный для сна и достаточно умный, чтобы знать, как и когда настраивать музыку, когда вы засыпаете и просыпаетесь.

Аудио - один из лучших способов помочь нам расслабиться и отключиться естественным путем. Клиники сна ежедневно назначают тысячи аудио-методик, а миллионы из нас используют аудио, чтобы расслабиться каждый день. Впервые мы можем спокойно слушать музыку, аудиокниги или спать в постели, не опасаясь, что они снова разбудят нас.

Датчики и приложение EEG от Кокон дают клинические уровни проницательности и интеллекта, чтобы помочь вам улучшить свой сон.

Отлично подходит для постели дома, на самолете или поезде или даже в кемпинге! Просто наденьте их и нажмите кнопку воспроизведения. Кокон заботится о вашем сне, оптимизируя вашу атмосферу и обеспечивая вам спокойствие, необходимое для отдыха.

## 2.Глава. Структурная схема

### 2.1. Электроды

Электрод, как правило, из серебра и хлорида серебра (Ag/AgCl), он также называется хлоридсеребряный электрод.

Вкладка электрод с использованием серебра / хлорида серебра зондирования для электрокардиографии (ЭКГ)

Хлорид серебра электроды используются во многих приложениях биологических систем электродов, таких как датчики биомониторинга как часть электрокардиографии (ЭКГ) и электроэнцефалографии (ЭЭГ), а также в чрескожной электрической стимуляции нерва (TENS), чтобы доставить тока. Исторически сложилось так, что электроды были изготовлены из твердого материалы, такие как серебро, латунь, покрытое серебро, олово и никель. в современных приложениях, большинство биомониторинга электродов серебро / серебро датчики хлорид, которые изготовлены путем нанесения тонкого слоя серебра на пластиковых подложках, а наружный слое серебра преобразуются в серебро хлорид.<sup>[13]</sup>

Принцип работы серебро / серебро датчиков хлорида является превращение ионного тока на поверхности тканей человека, чтобы электронный ток, чтобы быть доставлено через подводящий провод к прибору для чтения. Важная частью операции является гелем-электролит, который применяется между электрод и ткань. гель содержит свободные ионы хлора таким образом, что заряд может осуществляться через электролит, следовательно, электролит могут рассматриваться как проводящая для ионного тока, как и ткани человека. Когда ионный ток существует, то атомы серебра в электроде окисляются и газоразрядные катионы в электролит, а электроны несут заряд через подводящий провод. в то же время, ионы хлорида, которые являются анионами в путешествии электролита в стороне электрода, и они уменьшаются, как они св заны с

серебром электрода, в результате чего серебра хлорид и свободные электроны, чтобы доставить к подводящему проводу. реакция позволяет току проходить от электролита к электроду и электрон CURR ЛОР проходит через свинцовую проволоку для инструмента для чтения. [15]

Когда существует неравномерное распределение катионов и анионов, будет небольшое напряжение называется потенциальной Полуэлемент, связанный с током. В системе постоянного тока, который используется ЭКГ и ЭЭГ инструментов, разница между Полуэлемент потенциалом и нулевой потенциал показан как смещения постоянного тока, который является нежелательной характеристикой. серебро / хлорид серебра является популярным выбором биологических электродов из-за его низкий потенциал полуэлемента около 220 мВ, а нижней частью импеданса электрода хлорида серебра.

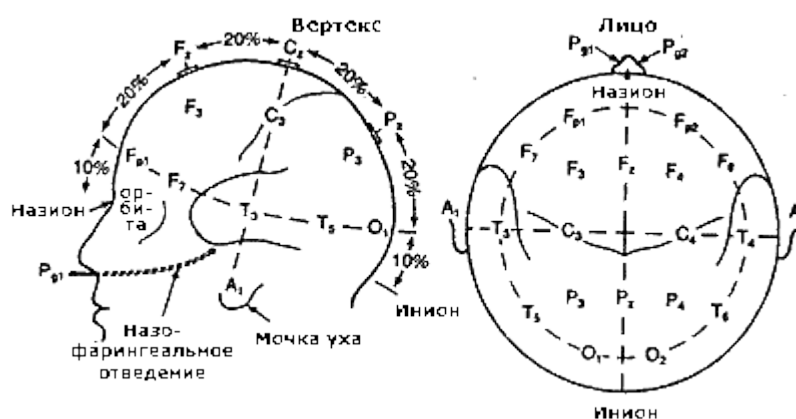


Рис 9. Расположение электродов на скальпе

Расположение электродов на поверхности головы: F - лобная часть; C - центральная; P - теменная; T - височная; O - затылочная. Нечетные индексы - левая половина головы, четные индексы - правая, Z - средняя линия [13]

## 2.2. Усилитель

ОУ – устройство часто изображаемое на схеме следующим образом:

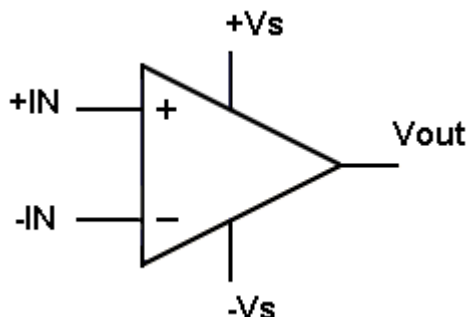


Рис. 10 Микросхема измерительного усилителя (1)

В нашем случае построения системы для измерения ЭКГ и ЭЭГмы будем работать с OP97 и AD620. Рассмотрим сначала AD620. В даташите на него он обозначен следующим образом:

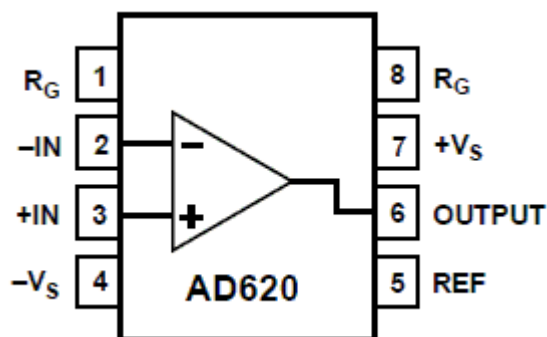


Рис. 11 Микросхема измерительного усилителя(2)

AD620 – инструментальный ОУ. Слово инструментальный говорит о его лучших характеристиках по сравнению с обычным ОУ. Усиливаемый сигнал подаётся на входы +IN и соответственно –IN. Коэффициент усиления данного усилителя задаётся при помощи резистора подключаемого к входам  $R_g$ . Какой резистор, какому коэффициенту усиления соответствует – смотрим в даташите. Питание ОУ AD620 – двуполярное. Это означает, что у него есть выводы для питания, которые обозначаются как +Vs и –Vs.

## 2.3. Фильтры

Фильтрация при записи сигналов ЭЭГ:

Регистрация электроэнцефалограммы в неблагоприятных условиях обычно сопровождается различными нарушениями и артефактами (движение пациента, плохо применяемые или сушащие электроды, отсутствие медицинского заземления, артефакты глаз и мышц и т. д.),

Чтобы уменьшить влияние таких помех на качество отображения сигналов ЭЭГ, вы можете использовать программные фильтры - НЧ, ВЧ и сеть 50 Гц:

- Фильтр нижних частот с постоянной времени 1 с, 0,3 с или 0,1 с
- Высокочастотный фильтр с частотой среза 50 Гц, 30 Гц или 15 Гц
- Сетевой фильтр с вырезом 50 Гц

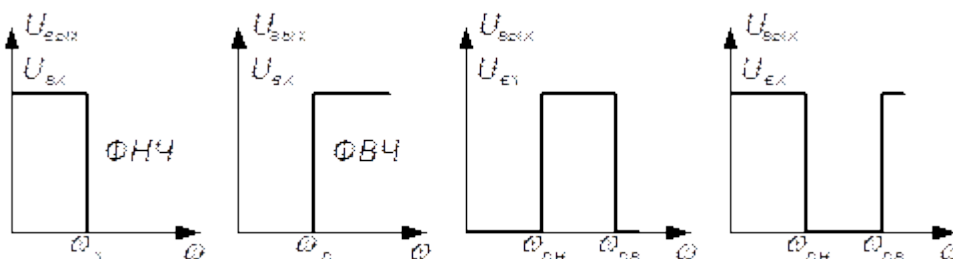


Рис. 12 АЧХ фильтра

В меню «Фильтры» следует отметить выбранные значения параметров. Текущие значения параметров всех фильтров отображаются в окнах строки состояния, а также на подсказках для соответствующих кнопок.



Исходные параметры используемых фильтров (постоянная времени, частота среза, фильтрация сетевых помех и т. Д.) Определяются по умолчанию с помощью системных настроек.

В системе фильтруется только отображаемый, но не сохраненный сигнал, сигнал EEG в базе данных сохраняется в оригинальной неискаженной форме.

Следует иметь в виду, что любая фильтрация, хотя и незначительная, изменяет форму сигнала ЭЭГ. Кроме того, высокая эффективность программных фильтров иногда может быть плохим обслуживанием - вы не можете обратить внимание на поломку или плохое применение электродов. Поэтому без особой необходимости мы не рекомендуем использовать программные фильтры, за исключением тех, которые требуются в каждом конкретном случае.

## 2.4. АЦП

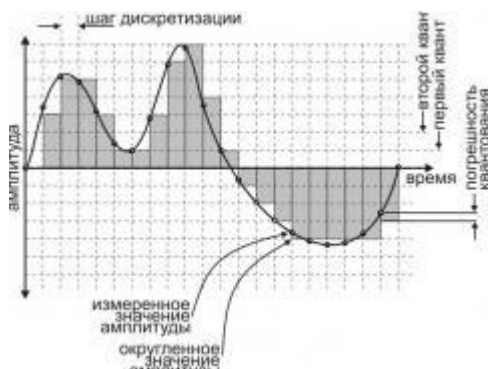


Рис. 13 Диаграмма АЦП

АЦП имеет множество характеристик, из которых основными можно назвать частоту преобразования и разрядность. Частота преобразования обычно выражается в отсчетах в секунду (SPS, samples per second), разрядность – в битах. Современные АЦП могут иметь разрядность до 24

бит и скорость преобразования до единиц GSPS (конечно, не одновременно). Чем выше скорость и разрядность, тем труднее получить требуемые характеристики, тем дороже и сложнее преобразователь. Скорость преобразования и разрядность связаны друг с другом определенным образом, и мы можем повысить эффективную разрядность преобразования, пожертвовав скоростью.

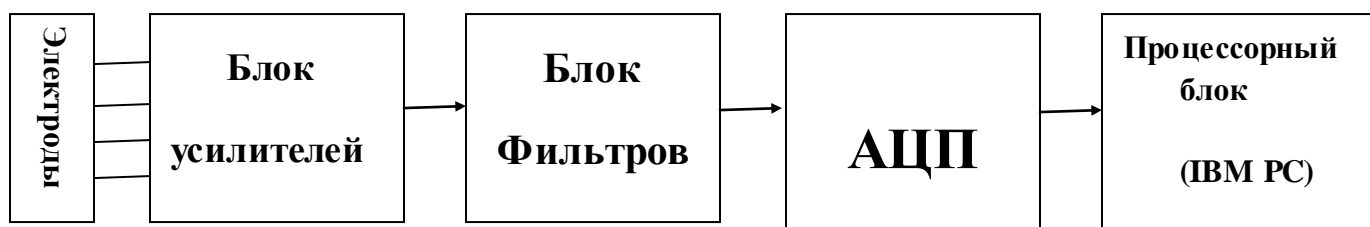


Рис. 14 Структурная схема

### 3. Глава. Электрическая принципиальная схема

#### 3.1. Измерительный усилитель

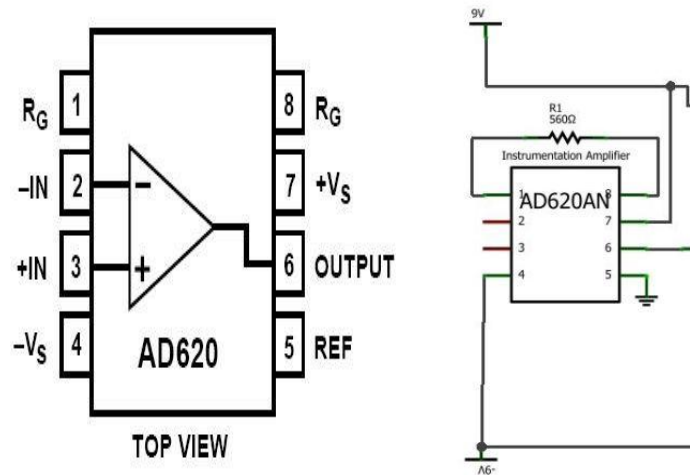


Рис 15. Микросхема измерительного усилителя

Инструментальный усилитель принимает в качестве входов 2 напряжения, и выводит разницу между ними, умноженной на некоторый коэффициент усиления  $G$ . Измерительные усилители, однако, не являются совершенными. На реальных усилителях, выходной сигнал искажается, если оба входных напряжения смещения так же на некоторую величину.

Используя чип измерительного усилителя, коэффициент усиления изменяется, изменяя значение резистора между выводами 1 и 8.

Формула усиления с использованием этого чипа равна

$$G = 1 + 49\,400 / R_g, \quad (1)$$

что соответствует коэффициенту усиления 89,2 с резистором 560 Ом. Это хорошее число, чтобы получить данные в не-миниатюрный диапазон; Мы добавим способ регулировки усиления на лету чуть позже.

На фактической цепи активные электроды (те, которые не являются заземленным электродом) будут подключены к контактам 2 и 3 (-IN и + IN).

### 3.2. 50 Гц Режекторный фильтр<sup>[3]</sup>

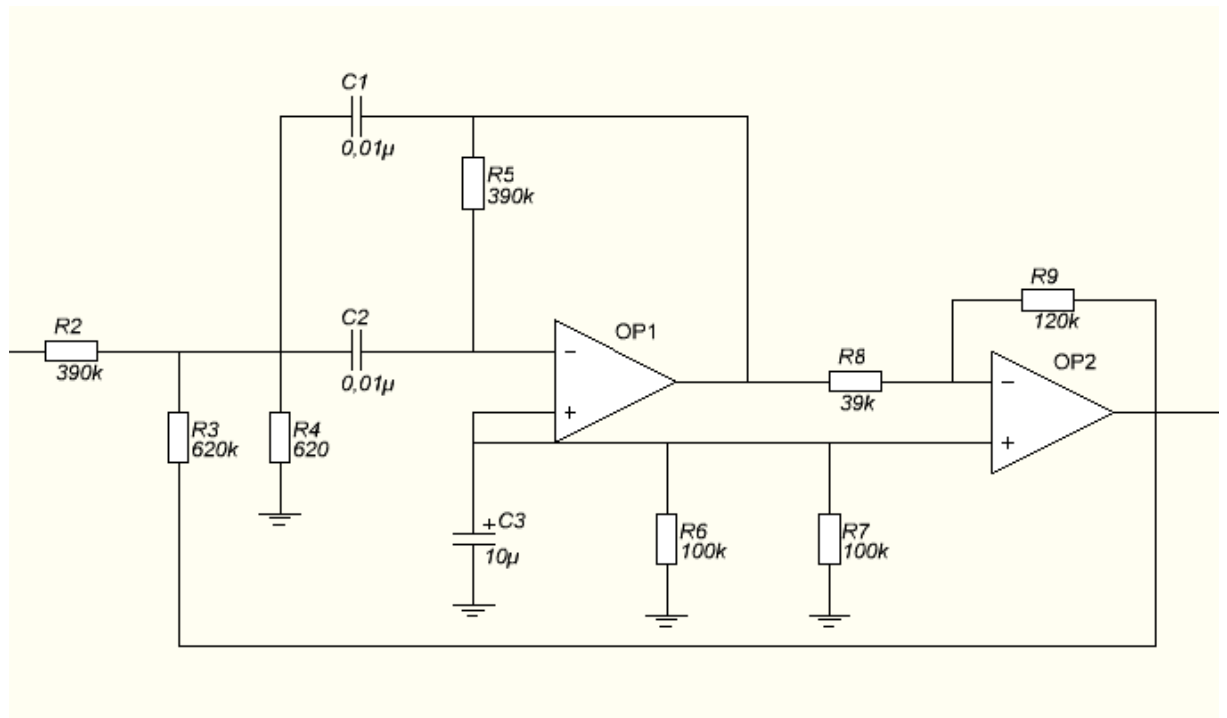


Рис 16. Схема режекторного фильтра

Самым большим источником шума в нашей системе будет сосредоточено на частоте 50 Гц, из-за линии электропередачи помех. По этой причине, мы будем иметь 2 фильтра, которые имеют серьезное снижение коэффициента усиления около определенной частоте. Мы будем использовать его сейчас, чтобы вырезать столько помех, как мы можем, прежде чем применить больше получить к нашей цепи, и один в самом конце, чтобы вырезать больше помех мы, возможно, подобран.

### 3.3. 7 Гц Фильтр верхних частот

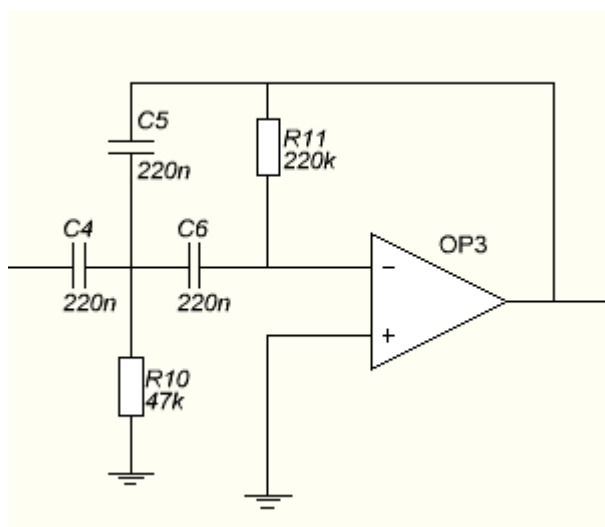


Рис 17. Схема фильтра верхних частот

Как мы измеряем данные по коже, наши окончательные данные будут также содержать напряжение от нашей гальванической реакции кожи через нашу голову. Это будет исказить данные мозга, и так как это в первую очередь сигналы низкой частоты, они могут быть довольно легко отфильтрованы с помощью фильтра верхних частот (ФВЧ).

### 3.4. 31 Гц Фильтр низких частот

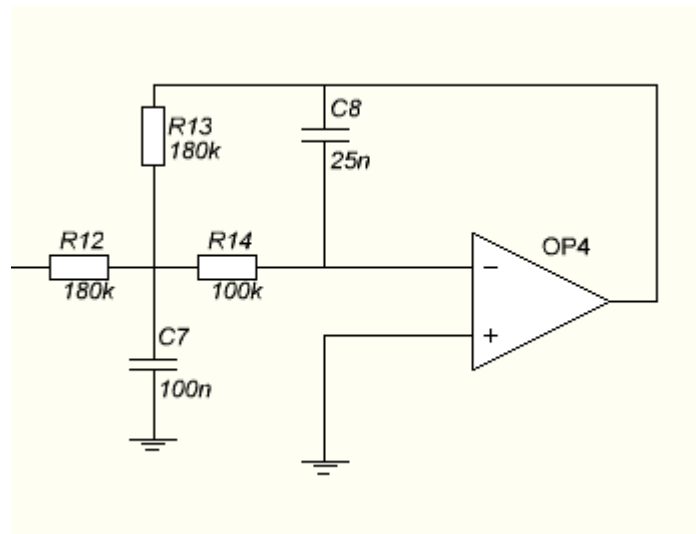


Рис 18. Схема фильтра низких частот

Мы хотим отфильтровать данные выше интересующих нас частот. Более конкретно, поскольку информация о бета-волнах останавливается на частоте 30 Гц, мы хотим избавиться от чего-либо выше этого, поскольку в совокупности это может внести значительный объем шума в наши данные. Конструкция схемы очень похожа на фильтр верхних частот со ступени 3 - она имеет коэффициент усиления 0,71 при 31,23 Гц и уменьшается оттуда со скоростью, так что на 300 Гц она уменьшила данные примерно на 100 раз.

### 3.5. 1 Гц ФВЧ и коэффициент усиления 83-455

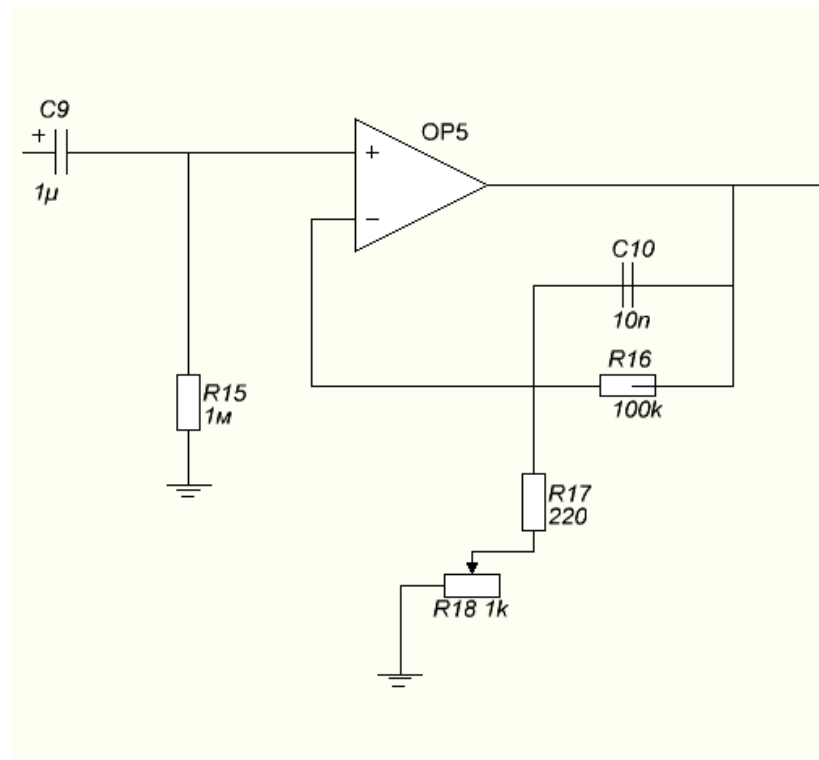


Рис 19. Схема 1 Гц ФВЧ и коэффициент усиления 83-455

Начало этой схемы содержит быстрый НРФ частоты отсечки 1 Гц

$$F_c = 1 / (2 * \pi * R_9 * C_{15}), \quad (2)$$

только для некоторого дополнительного ослабления нежелательного шума. С другой стороны, резистор и конденсатор параллельно обеспечивают некоторую дополнительную фильтрацию высоких частот

$$F_c = 1 / (2 * \pi * 10 \text{ нФ} * 100 \text{ кОм}) = 160 \text{ Гц} \quad (\text{ на фильтрах нижних частот}).$$

Этот ОУ (операционный усилитель) является неинвертирующим усилителем и имеет коэффициент усиления

$$G = 1 + R16 / (R17 + R18), \quad (3)$$

Потенциометр представляет собой переменный резистор - поворот стеклоочистителя изменяет его сопротивление линейно между 0 и 1000 Ом. Это означает, что, когда поворачивается полностью влево, коэффициент усиления этой схемы равен

$$G = 1 + R16 / (R17 + 0) \quad (4)$$

$$G = 1 + 100k / (220 + 0) = 455.$$

Когда он поворачивается полностью вправо, коэффициент усиления равен

$$G = 1 + R16 / (R17 + 1000) \quad (5)$$

$$G = 1 + 100k / (220 + 1k) = 83.$$

Это усиление 83-455 превышает коэффициент усиления 89,2х от измерительного усилителя. Амплитуда альфа-волн варьируется от человека к человеку, от примерно 10 до 30 мкВ. Используя среднее значение 20 мкВ, это означает, что показание конечного напряжения может варьироваться от  $83 * 89,2 * 20e-6 = 0.148V$  до  $455 * 89,2 * 20e-6 = 0.81172V$ .



### 3.6. Принципиальная схема

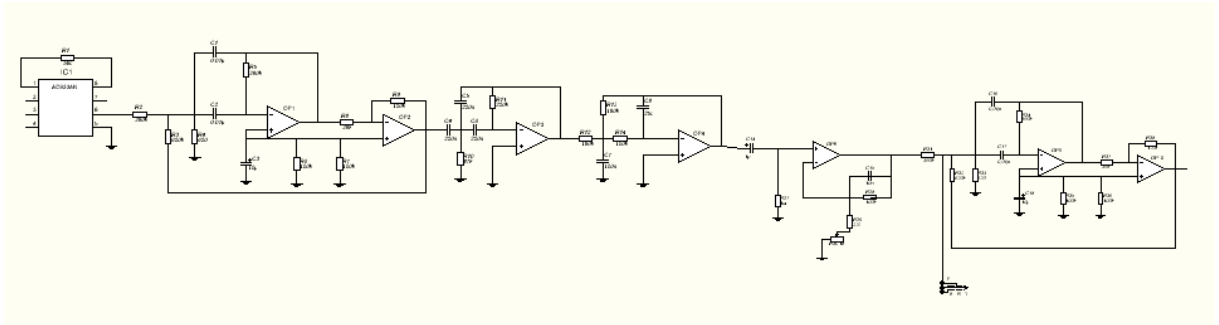


Рис. 20 Схема принципиальная

## **4. Глава. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования**

Чтобы анализировать потребности результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и нужно провести его сегментирование.

Целевой рынок данного устройства – это отрасль. в котором нужно изучить свойства продукты. Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга).

Соответственно в данном случае, сегменты рынка данного устройства – это SEIЕС , DJI.

SEIЕС - большая руки экспорт компания.

Xiaomi - умный дом компании и сосредоточиться на медицинской карьере.

DJI - крупная беспилотная авиационная компания.

Фирмы которые производят цилиндрические изделия, например < SEIЕС >, < Xiaomi >, < DJI >, требуют таких приборов.

|                 |         | Вид продукции |             |        |
|-----------------|---------|---------------|-------------|--------|
|                 |         | игрушечный    | медицинская | оружие |
| Размер компании | Крупные |               |             |        |
|                 | Средние |               |             |        |
|                 | Мелкие  |               |             |        |

Рис. 21. Карта сегментирования рынка услуг по разработке продукции:

 Фирма А    
  Фирма Б    
  Фирма В

Фирма А- СЕІЕС

Фирма Б- [Xiaomi](#)

Фирма В- [DJI](#)

Основная часть рынка является производство ВСІ. ВСІ продукты сосредоточиться на части компании. Для будущего предприятия, мы должны иметь фокус во всех направлениях.

#### 4.1.2. Анализ конкурентных технических решений

Таблица 2. Оценка конкурентоспособности

| Факторы конкурентоспособности | В   | НТП              |     | Аналог          |      |
|-------------------------------|-----|------------------|-----|-----------------|------|
|                               |     | Б <sub>нпп</sub> | КС  | Б <sub>ан</sub> | КС   |
| Надежность                    | 0,3 | 5                | 1,5 | 5               | 1,5  |
| Быстродействие                | 0,1 | 5                | 0,5 | 3               | 0,3  |
| Функциональность              | 0,2 | 5                | 1   | 3               | 0,6  |
| Точность                      | 0,1 | 5                | 0,5 | 4               | 0,4  |
| Малогабаритность              | 0,4 | 5                | 2   | 4               | 1,6  |
| Портативность                 | 0,1 | 5                | 0,5 | 3               | 0,3  |
| Жизненный цикл                | 0,1 | 5                | 0,5 | 4               | 0,4  |
| Простота использования        | 0,1 | 5                | 0,5 | 5               | 0,25 |
| Итого                         | 1,4 |                  | 7   |                 | 5,25 |

Аналог: теневой метод в расходящемся пучке

Функциональность, малогабаритность и портативность являются основной причиной, которым обусловлена уязвимость позиции конкурентов. Факторы надежности и простоты использования позволяют занять свою нишу. Для развития определенной доли рынка необходимо увеличить быстродействие и надежность.

### 4.1.3. SWOT-анализ

Таблица 3. SWOT-анализ

|   |  |   |
|---|--|---|
|   | <p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b><br/>                 С1. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.<br/>                 С2. Высокая надежность<br/>                 С3. Простое устройство</p> | <p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b><br/>                 Сл1. Малый Диапазон измерения<br/>                 Сл2. Отсутствие прототип научная разработка<br/>                 Сл3. Большая потребляемая мощность</p> |
| <p><b>Возможности:</b><br/>                 В1. Снижение стоимости на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях<br/>                 В2. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>                          | <p>При снижении стоимости на сырье и материалы, может существенно снизить стоимость.</p>   | <p>Повышать стоимости конкурентных разработок, применять новых эффективных материалов, чтобы уменьшить потребление энергии и повысить точность.</p>   |
| <p><b>Угрозы:</b><br/>                 У1. Развитая конкуренция технологий производства<br/>                 У2. Низкий спрос рынка на технологии<br/>                 У3. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p> | <p>За счет высокой надежности может увеличиться спрос рынка на технологии.</p>   | <p>Применять новых эффективных материалов, развивать конкуренция технологий производства может устранить угрозы.</p>  |

| Сильные стороны проекта |    |    |    |    |
|-------------------------|----|----|----|----|
|                         |    | C1 | C2 | C3 |
| Возможности проекта     | B1 | +  | -  | +  |
|                         | B2 | -  | +  | -  |

| Сильные стороны проекта |    |    |    |    |
|-------------------------|----|----|----|----|
|                         |    | C1 | C2 | C3 |
| Угрозы проекта          | У1 | -  | +  | +  |

|  |    |   |   |   |
|--|----|---|---|---|
|  | У2 | - | - | + |
|  | У3 | + | - | + |

| Слабые стороны проекта |    |     |     |     |
|------------------------|----|-----|-----|-----|
| Возможности проекта    |    | Сл1 | Сл2 | Сл3 |
|                        | В1 | +   | +   | +   |
|                        | В2 | -   | +   | +   |

| Слабые стороны проекта |    |     |     |     |
|------------------------|----|-----|-----|-----|
| Угрозы проекта         |    | Сл1 | Сл2 | Сл3 |
|                        | У1 | +   | +   | 0   |
|                        | У2 | -   | +   | +   |
|                        | У3 | 0   | +   | +   |

## 4.2. Планирование научно-исследовательских работ

### 4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

На этапе планирования необходимо составить полный перечень проводимых работ, определить исполнители каждого из этапов, установить продолжительность работ и построить линейный график выполнения запланированных работ.

Вся работа делится на следующие основные этапы:

#### I. Подготовительный этап:

1. Получение и анализ задания;
2. Утверждение технического задания;
3. Подбор и изучение литературы;

#### 3.1. Изучение объекта контроля;

3.2. Обзор методов и средств контроля;

II. Основной этап:

4. Разработка структурной схемы;

5. Разработка принципиальной схемы прибора;

6. Расчет принципиальной схемы;

7. Разработка элементов конструкции измерителя диаметра;

8. Безопасность и экономичность производства;

III. Заключительный этап:

9. Подведение итогов;

10. Оформление отчетной документации о проделанной работе;

#### **4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ**

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (6)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (7)$$

где  $T_{p_i}$  – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{\text{ож}i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

#### **4.2.3. Разработка графика проведения научного исследования**

При выполнении дипломных работ студентов основным становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика



проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

*Диаграмма Ганта* – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (8)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (9)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – календарные дни,  $T_{\text{кал}} = 365$ ;

$T_{\text{вд}}$  – выходные дни,  $T_{\text{вд}} = 52$ ;

$T_{\text{пд}}$  – праздничные дни,  $T_{\text{пд}} = 14$ .

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1.22$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения необходимо свести в таблицу (табл. 8).

Таблица 8 - Результаты расчета трудоёмкости работ на этапах НИР

| Содержание подэтапа                                  |       | t <sub>min</sub> | t <sub>max</sub> | t <sub>ожі</sub> | Ч <sub>i</sub> | T <sub>p<sub>i</sub></sub> | T <sub>кi</sub> |    |
|--|-------|------------------|------------------|------------------|----------------|----------------------------|-----------------|----|
| Получение и анализ задания                           | Рук.  | 1                | 2                | 1,4              | 2              | 0.7                        | 1               |    |
|  | Студ. |                  |                  |                  |                |                            |                 |    |
| Утверждение технического задания                     |       | Студ.            | 18               | 20               | 18,8           | 1                          | 18.8            | 23 |
| Подбор и изучение литературы                         | Рук.  | 3                | 6                | 4,2              | 2              | 2.1                        | 3               |    |
|  | Студ. |                  |                  |                  |                |                            |                 |    |
| Разработка структурной схемы                         |       | Студ.            | 18               | 22               | 19,6           | 1                          | 19.6            | 24 |
| Разработка принципиальной схемы прибора              | Рук.  | 12               | 14               | 12,8             | 2              | 6.4                        | 8               |    |
|  | Студ. |                  |                  |                  |                |                            |                 |    |
| Расчет принципиальной схемы                          |       | Студ.            | 15               | 17               | 15,8           | 1                          | 15.8            | 20 |
| Разработка элементов конструкции измерителя диаметра | Рук.  | 2                | 3                | 2,4              | 2              | 1.2                        | 1               |    |
|  | Студ. |                  |                  |                  |                |                            |                 |    |
| Безопасность и экономичность                         |       | Студ.            | 10               | 14               | 11,6           | 1                          | 11.6            | 14 |


|   |       |    |     |      |   |      |     |
|---|-------|----|-----|------|---|------|-----|
| производства  |       |    |     |      |   |      |     |
| Подведение итогов                                     | Студ. | 5  | 7   | 5,8  | 1 | 5.8  | 7   |
| Оформление отчетной документации о проделанной работе | Рук.  | 1  | 1   | 1    | 2 | 0.5  | 1   |
|   | Студ. |    |     |      |   |      |     |
| Итого:  | Рук.  | 85 | 106 | 93,4 |   | 10.9 | 14  |
|   | Студ. |    |     |      |   | 82.5 | 102 |

На основе табл. 8 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта на основе табл. 9 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 9 Календарный план – график проведения НИР

| № раб | Вид работ   | Должность исполнителя | Тк, кал.дн. | Продолжительность выполнения работ, дни |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      |  |  |  |  |
|-------|---|-----------------------|-------------|---|---|------|---|---|--------|---|---|-----|---|---|------|--|--|--|--|
|       |   |                       |             | февраль                                 |   | март |   |   | апрель |   |   | май |   |   | июнь |  |  |  |  |
|       |   |                       |             | 2                                       | 3 | 1    | 2 | 3 | 1      | 2 | 3 | 1   | 2 | 3 | 1    |  |  |  |  |
| 1     | Получение и анализ задания                            | Р, И                  | 1           |   |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      |  |  |  |  |
| 2     | Утверждение технического задания                      | И                     | 18          |   |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      |  |  |  |  |
| 3     | Подбор и изучение литературы                          | Р, И                  | 5           |   |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      |  |  |  |  |
| 4     | Разработка структурной схемы                          | И                     | 18          |   |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      |  |  |  |  |
| 5     | Разработка принципиальной схемы прибора               | Р, И                  | 12          |   |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      |  |  |  |  |
| 6     | Расчет принципиальной схемы                           | И                     | 15          |   |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      |  |  |  |  |
| 7     | Разработка элементов конструкции измерителя диаметра  | Р, И                  | 2           |   |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      |  |  |  |  |
| 8     | Безопасность и экономичность производства             | И                     | 10          |   |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      |  |  |  |  |
| 9     | Подведение итогов                                     | И                     | 5           |   |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      |  |  |  |  |
| 10    | Оформление отчетной документации о проделанной работе | Р, И                  | 1           |   |   |      |   |   |        |   |   |     |   |   |      |  |  |  |  |

 –руководитель

 –студент

#### **4.2.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)**

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

#### 4.2.4.1. Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расх}i} ,$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх}i}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$\Pi_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Величина коэффициента ( $k_T$ ), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 10.

Таблица 10 - Смета расходов

| Наименование                        | Единица измерения | Кол-во | Цена за единицу товара, руб. | Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб. |
|-------------------------------------|-------------------|--------|------------------------------|---|
| 1                                   | 2                 | 3      | 4                            | 5   |
| Комплекующие изделия                |                   |        |                              |   |
| Микроконтроллер AT89S8253           | шт.               | 1      | 180                          | 216   |
| Микросхема TSL1412S                 | шт.               | 1      | 2330                         | 2796  |
| Микросхема ADM1232                  | шт.               | 1      | 34                           | 40.8  |
| Микросхема LM108A                   | шт.               | 2      | 64                           | 153.6   |
| Микросхема К155ТМ2                  | шт.               | 1      | 3                            | 3.6   |
| Микросхема КР514ИД1                 | шт.               | 1      | 3                            | 3.6   |
| Микросхема МАХ3089                  | шт.               | 1      | 230                          | 276   |
| Микросхема LM555                    | шт.               | 1      | 5                            | 6.2   |
| Микросхема CNQ5641AE                | шт.               | 1      | 230                          | 276   |
| Кварцевый резонатор<br>НС-49U-12МГц | шт.               | 1      | 3,5                          | 4.2   |
| Резистор МЛТ-0,125- 220Ом           | шт.               | 8      | 0,2                          | 1.92  |
| Резистор МЛТ-0,125-1 кОм            | шт.               | 7      | 0,2                          | 1.68  |
| Резистор МЛТ-0,125-10 кОм           | шт.               | 3      | 0,2                          | 0.72  |

|  |                   |     |         |       |
|--|-------------------|-----|---------|-------|
| Резистор МЛТ-0,5-120 Ом                        | шт.               | 1   | 0,2     | 0.24  |
| Резистор подстроечный<br>СПЗ-38Б-0,125-2,2 кОм | шт.               | 1   | 0,9     | 1.08  |
| Резистор <a href="#">SQP-5-8,2 Ом</a>          | шт.               | 1   | 5       | 6.2   |
| Транзистор КТ603А                              | шт.               | 4   | 28      | 134.4 |
| Конденсаторы К10-17-20 пФ                      | шт.               | 2   | 2       | 4.8   |
| Переключатель <a href="#">KFC-A06-C2</a>       | шт.               | 1   | 1,5     | 1.8   |
| Переключатель <a href="#">RS-102-1B3</a>       | шт.               | 1   | 17      | 20.4  |
| Разъем <a href="#">PLS-12</a>                  | шт.               | 1   | 8       | 9.6   |
| Разъем <a href="#">BLS-12</a>                  | шт.               | 1   | 16      | 19.2  |
| Разъем SS-7B                                   | шт.               | 1   | 18      | 21.6  |
| Расходные материалы                            |                   |     |         |       |
| Припой ПОС-61                                  | г.                | 100 | 27,5    | 33    |
| Канифоль                                       | г.                | 20  | 2,5     | 3     |
| Стеклотекстолит                                | дм <sup>2</sup> . | 2   | 21      | 25.2  |
| Бумага   | пачка             | 1   | 100     | 120   |
| Ватман А3                                      | шт.               | 8   | 7       | 67.2  |
| Итого  |                   |     | 4248.04 |       |

#### 4.2.4.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной



аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат по данной статье заносится в табл. 11.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в табл. 11.

Таблица 11 *Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ*

| № п/п  | Наименование оборудования | Кол-во единиц оборудования | Цена единицы оборудования, тыс.руб. | Общая стоимость оборудования, тыс.руб. |
|--------|---------------------------|----------------------------|-------------------------------------|--|
| 1.     | Компьютер                 | 1 Шт.                      | 25000                               | 28750                                  |
| Итого: |                           |                            |                                     | 28750                                  |

#### **4.2.4.3. Основная заработная плата исполнителей темы**

Таблица 13 *Баланс рабочего времени*

| Показатели рабочего времени | Руководитель | Инженер |
|-----------------------------|--------------|---------|
| Календарное число дней      | 365          | 365     |

|  |     |     |
|--|-----|-----|
| Количество нерабочих дней                    | 66  | 66  |
| - выходные дни                               |     |     |
| - праздничные дни                            |     |     |
| Потери рабочего времени                      | 48  | 48  |
| - отпуск                                     |     |     |
| - невыходы по болезни                        |     |     |
| Действительный годовой фонд рабочего времени | 251 | 251 |

Таблица 14 *Расчёт основной заработной платы*

| Исполнители  | Зтс,<br>руб. | кпр | кд  | кр  | Зм,<br>руб. | Здн,<br>руб. | Траб,<br>раб.дн. | Зосн,<br>руб. |
|--------------|--------------|-----|-----|-----|-------------|--------------|------------------|---------------|
| Руководитель | 26300        | 0.3 | 0.2 | 1,3 | 51285       | 2125.0       | 10.9             | 23162.5       |
| Инженер      | 9893         | 0.3 | 0.2 | 1,3 | 19291       | 799.3        | 82.5             | 65942         |
| Итого        |              |     |     |     |             |              |                  | 89104.5       |

#### 4.2.4.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (12)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 23162.5 \times 0.12 = 2779.5$$

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 65942 \times 0.12 = 7913.04$$

$$З_{\text{доп}} = 2779.5 + 7913.04 = 10692.54$$

#### 4.2.4.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (13)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (табл.15).

Таблица 15 Отчисления вовнебюджетные фонды

| <b>Исполнитель</b>                           | <b>Основная заработная плата, руб.</b> | <b>Дополнительная заработная плата, руб.</b> |
|--|--|--|
| Руководитель проекта                         | 23162.5                                | 2779.5                                       |
| Студент-дипломник                            | 65942                                  | 7913.04                                      |
| Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды | 27.1%                                  |  |
| <b>Итого</b>                                 | Руководитель                           | 7030.2                                       |
|  | Студент                                | 20014.7                                      |
|  | <b>Итого</b>                           | 27044.9                                      |

#### 4.2.4.6. Накладные расходы

В этих расходах нужно посчитать затраты на электроэнергию, потребляемую оборудованием. Для этого нужно узнать мощность, время использования оборудования и рассчитать затраты. Стоимость 1 кВт/час – составляет 5,8 руб.

$$82*6*65/1000 *5,8 =185.48$$

#### 4.2.4.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Расчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 16.

Таблица 16 Расчет бюджета затрат НИИ

| Наименование статьи  | Сумма, руб. | Примечание  |
|--|-------------|-------------|
| 1. Материальные затраты НИИ  | 4248.04     | Пункт 2.4.1 |
| 2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ | 28750       | Пункт 2.4.2 |
| 3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы                    | 89104.5     | Пункт 2.4.3 |
| 4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы              | 10692.54    | Пункт 2.4.4 |
| 5. Отчисления внебюджетные фонды   | 27044.9     | Пункт 2.4.5 |
| 6. Накладные расходы затраты на электроэнергию                               | 185.48      | Пункт 2.4.6 |
| 7. Бюджет затрат НИИ   | 160025.5    | Сумма 1- 6  |

### **4.3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

*Интегральный показатель финансовой эффективности* научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (см. табл. 16). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.



**Интегральный финансовый показатель** разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (15)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения

научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

| Наименование статьи  | Сумма, руб. |
|--|-------------|
| 1. Материальные затраты НТИ  | 37232.54    |
| 2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ | 28750       |
| 3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы                    | 89104.5     |
| 4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы              | 10692.54    |
| 5. Отчисления вовнебюджетные фонды   | 27044.9     |
| 6. Накладные расходызатраты на электроэнергию                                | 185.48      |
| 7. Бюджет затрат НТИ   | 193010      |

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{160025.5}{193010} = 0.83$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{193010}{160025.5} = 1.21$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

**Интегральный показатель ресурсоэффективности** вариантов

исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (16)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a$ ,  $b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 17).

Таблица 17 Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

| Факторы конкурентоспособности | Весовой коэффициент параметра | Исп.1 |          | Исп.2 |          |
|-------------------------------|-------------------------------|-------|----------|-------|----------|
|                               |                               | Б     | $I_{pi}$ | Б     | $I_{pi}$ |
| Надежность                    | 0,3                           | 5     | 1,5      | 5     | 1,5      |
| Быстродействие                | 0,1                           | 4     | 0,4      | 3     | 0,3      |
| Точность                      | 0,1                           | 5     | 0,5      | 4     | 0,4      |
| Малогабаритность              | 0,4                           | 5     | 2        | 4     | 1,6      |
| Портативность                 | 0,1                           | 5     | 0,5      | 3     | 0,3      |
| Итого                         | 1,0                           |       | 4.9      |       | 4.1      |

Исп.1: Теневой метод в параллельном пучке

Исп.2: Теневой метод в расходящемся пучке

$$I_{p-исп1} = 5*0,3 + 4*0,1 + 5*0,1 + 4*0,4 + 5*0,1 = 4,9;$$

$$I_{p-исп2} = 5*0,3 + 3*0,1 + 4*0,1 + 4*0,4 + 3*0,1 = 4,1$$

**Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения**

**разработки** ( $I_{исп.i}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{исп.1}^{финр}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{исп.2}^{финр}} \quad \text{и т.д.} \quad (17)$$

$$I_{исп.1} = \frac{4,9}{0,83} = 5,90$$

$$I_{исп.2} = \frac{4,1}{1,21} = 3,38$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл.18) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{cp}$ ):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} = \frac{5,90}{3,38} = 1,75 \quad (18)$$

Таблица 18 Сравнительная эффективность разработки

| № п/п | Показатели  | Исп.1 | Исп. 2 |
|-------|---|-------|--------|
| 1     | Интегральный финансовый показатель разработки           | 0.83  | 1.21   |
| 2     | Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки | 4.9   | 4.1    |
| 3     | Интегральный показатель эффективности                   | 5.90  | 3.38   |
| 4     | Сравнительная эффективность вариантов исполнения        | 1.75  |        |

При сравнении значений интегральных показателей эффективности может получиться что теневой метод в параллельном пучке более эффективный в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

## **5. Глава. Общие положения**

В связи с тем, что дипломная работа предусматривает разработку нормативной и технической документации, вопросы производственной и экологической безопасности рассматриваются с позиции разработчика комплекта документов. Производственная среда, организация рабочего места должна соответствовать общепринятым и специальным требованиям техники безопасности, эргономики, нормам санитарии, экологической и пожарной безопасности.

В данном разделе ВКР инженера рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места инженера-метролога в соответствии с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности и охраны окружающей среды.

Основной целью данного раздела является создание оптимальных норм для улучшения условий труда, обеспечения производственной безопасности человека, повышения его производительности, сохранения работоспособности в процессе деятельности, а также охраны окружающей среды.

### **5.1. Производственная безопасность**

#### **5.1.1 Анализ выявленных вредных факторов и методы защиты**

Сначала мы проанализируем следующие опасности:

Производственный шум;

Воздействие электромагнитного поля;

Недостаточное освещение;

Ионизирующее излучение.

#### **5.1.1.1 Производственный шум**

Шум является общим биологическим раздражителем и при определенных условиях может влиять на органы и системы человеческого тела. Шум ухудшает точность рабочих операций, затрудняет получение и восприятие информации.

В этом номере есть кондиционер. Следовательно, основными источниками шума являются кондиционеры и компьютеры (холодильные установки, накопители на жестких и мягких магнитных дисках, CD-ROM), мониторы. Также необходимо указать дополнительный источник шума, например рабочие лампы люминесцентных ламп. Кроме того, шум проникает извне через открытые отверстия окон, окон и дверей из офиса в коридор.

В результате неблагоприятного воздействия шума на рабочего человека происходит снижение производительности труда, увеличивается брак в работе, создаются предпосылки для возникновения аварий. В рассматриваемой комнате уровень шума не превышает 50 дБ, поэтому в

анализируемом помещении не предусмотрены меры защиты от шума.

### **5.1.1.2 Воздействие электромагнитного поля**

При длительном постоянном воздействии электромагнитного поля (ЭМП) радиочастотного диапазона на организм человека наблюдаются сердечно-сосудистые, респираторные и нервные расстройства, головная боль, усталость, ухудшение состояния здоровья, гипотония, изменение проводимости сердечной мышщ. Тепловой эффект ЭМП характеризуется увеличением температуры тела, локальным селективным нагревом тканей, органов, клеток за счет перехода ЭМП на тепловую энергию.

Среди средств защиты от ЭДС:

- организационные меры - выбор рациональных режимов работы оборудования, ограничение местоположения и времени персонала в зоне воздействия ЭМП, то есть защита по расстоянию и времени;
- технические меры включают рациональное размещение оборудования, использование средств, ограничивающих подачу электромагнитной энергии (поглотители мощности, экранирование и т. Д.);
- медицинские и профилактические меры по профилактике, ранней диагностике и лечению здоровья персонала - это могут быть периодические медицинские осмотры и т. Д.;
- средства индивидуальной защиты, включающие защитные очки, щиты, шлемы, защитную одежду и т. Д.

В этом случае эффект EMF зависит только от монитора компьютера. Основываясь на данных паспорта компьютера и монитора, они соответствуют стандартам ТСО-99, ТСО-03.

### **5.1.1.3 Недостаточное освещение**

Одним из условий, препятствующих работе в лаборатории, является недостаточное освещение рабочих зон. Недостаточное освещение влияет на работу зрительного аппарата, то есть определяет зрительную производительность, психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, возникающую в результате усилий, направленных на выявление явных или сомнительных сигналов. Для промышленных предприятий оптимальное освещение территории и помещений является важной и сложной технической задачей, решение которой обеспечивает нормальные гигиенические условия для рабочего персонала [SanPiN 2.2.1 / 2.1.1.1278-03]. В России норма для освещения лабораторных помещений в научно-технических учреждениях устанавливает следующее: средняя горизонтальная освещенность около 400 тыс. Для улучшения условий освещения можно использовать искусственное освещение.



#### **5.1.1.4 Ионизирующее излучение**

Оценка уровней ионизирующего излучения осуществляется компьютерами, оборудованными мониторами с электронно-лучевой трубкой. В этом случае работа была выполнена на компьютере, оборудованном монитором с жидкокристаллическим дисплеем, поэтому параметры не были оценены для этого раздела.

### **5.1.2 Анализ выявленных опасных факторов и методы защиты**

#### **5.1.2.1 Электробезопасность**

Электрическое насыщение современных рабочих мест создает электрическую опасность, источником которой могут быть электрические сети, электрифицированное оборудование и инструменты, компьютерное и организационное оборудование, работающее на электричестве.

В соответствии с Правилами монтажа электроустановок (ПУЭ) все производственные мощности для поражения электрическим током подразделяются на три категории: комнаты повышенной опасности,

особенно опасные помещения и комнаты без повышенной опасности. Опасные факторы производства на рабочем месте включают в себя возможность поражения электрическим током.

Комната, в которой выполнялась работа, относится к категории помещений без повышенной опасности, поскольку она характеризуется следующими признаками: температура и влажность воздуха нормальны, нет сырости, химически активной среды, проводящей пыли и полов.

Но в процессе работы с компьютером, работающим от источника питания, может возникнуть опасность поражения электрическим током. Основными причинами этого могут быть следующие: касание токоведущих частей или касание структурных деталей, находящихся под напряжением. Во избежание поражения электрическим током должны соблюдаться следующие правила электробезопасности:

- перед включением компьютера электрическая проводка должна быть визуально проверена на предмет отсутствия видимых недостатков изоляции, а также на отсутствие замыкания проводящих частей на корпусе компьютера;

- когда есть признаки закрытия, необходимо немедленно отключиться от сети и исправить неисправность;

- При подключении компьютера запрещено прикасаться к устройствам, имеющим естественное заземление.

Защитные меры против опасности прикосновения токоведущих частей электрических установок включают в себя: изоляцию, ограждение,

блокировку, низкое напряжение, электрозащитное оборудование.

Среди распространенных методов защиты от поражения электрическим током при работе с электроустановками различают:

- защитное заземление - предназначено для преобразования «закрытия в корпус» в «замыкание на землю», чтобы снизить напряжение на касании и напряжение на шаге до безопасных значений (выравнивание является наиболее распространенным методом защиты от поражения электрическим током;

- защитное обнуление - короткое замыкание на корпус электроустановок;

- системы защитного отключения - отключение электроустановок в случае опасности пробоя на корпусе;

- защитное разделение сетей;

- Устройства безопасности.

Работы по электроустановкам разрешены для лиц, достигших 18-летнего возраста, которым были даны инструкции и подготовлены безопасные методы работы. Кроме того, электробезопасность зависит от профессиональной подготовки сотрудников, сознательной промышленной и трудовой дисциплины. Для каждого работника желательно знать меры первой помощи в случае поражения электрическим током.

## 5.2. Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды - это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения - это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства. Охрану природы можно представить как комплекс государственных, международных и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование природы, восстановление, улучшение и охрану природных ресурсов.

Технический прогресс постоянно увеличивает возможности воздействия на окружающую среду и создает предпосылки для возникновения экологических кризисов. Поэтому в настоящее время вопросы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов имеют первостепенное значение.

Многие предприятия сейчас внедряют новейшие технологии в процесс эксплуатации, отчистки и утилизации отходов производства. Так, внедрение электрооборудования, ПЭВМ, различных средств вычислительной техники значительно упрощают процесс проектирования, эксплуатации, а также утилизации и защиты природы от вредных воздействий человечества.

Например, инженер, метролог, контролер и др. теперь используют

электронные пакеты обработки и носители информации, что значительно сокращает применение бумаги, а значит и вырубку тысячи гектаров леса. Но, с другой стороны, все большее внедрение и применение ПЭВМ приводит к увеличению затрат электроэнергии, количества электростанций и их мощностей. Соответственно, рост энергопотребления приводит к таким экологическим нарушениям, как глобальное потепление климата, загрязнение атмосферы и водного бассейна Земли вредными и ядовитыми веществами, опасность аварий в ядерных реакторах, изменение ландшафта Земли. Целесообразным является разработка и внедрение систем с малым потреблением энергии.

При написании дипломного проекта на предприятии вредных выбросов в атмосферу, почву и водные источники не производилось, радиационного заражения не произошло, чрезвычайные ситуации не наблюдались, поэтому существенных воздействий на окружающую среду и соответственно вреда природе не оказывалось.

### 5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть при работе на данном предприятии, классифицируются:

В связи с возникновением - преднамеренным и непреднамеренным;

По характеру возникновения:

- техногенные, к ним относятся: взрывы, пожары, различные аварии с выбросом экологически опасных веществ, обрушение помещений, аварии на системах жизнеобеспечения;
- природные, то есть связанные с проявлением стихийных сил природы; это могут быть землетрясения, наводнения, ураганы, бури, природные пожары;
- экологические - это аномальные изменения состояния природной среды, такие как загрязнения биосферы, разрушение озонового слоя, кислотные дожди;
- биологические - различные эпидемии, эпизоотии, эпифитотии;
- антропогенные, являются следствием ошибочных действий людей;
- социальные – это события, происходящие в обществе: конфликты с применением силы, терроризм, грабежи, насилия, противоречия между работниками предприятия;
- комбинированные;

По скорости развития, чрезвычайные ситуации различаются: взрывчатые, внезапные, мимолетные, гладкие;

По масштабам последствий: местный, местный, территориальный;

По возможности предотвращения: неизбежное (например,

естественное) и предотвратимое (например, искусственное, социальное).

Основными причинами чрезвычайных ситуаций являются, во-первых, внутренние, которые включают в себя: сложность технологии, недостаточную квалификацию персонала, недостатки дизайна, физическую и моральную изношенность оборудования, низкую трудовую и технологическую дисциплину. Во-вторых, внешние чрезвычайные ситуации - это стихийные бедствия, неожиданное прекращение электричества, воды, технологических продуктов, терроризм, война.

В соответствии с концепцией остаточного риска, которым обусловлены чрезвычайные ситуации, абсолютную безопасность обеспечить невозможно. Поэтому принимается такая безопасность, которую приемлет и может обеспечить общество и рабочий персонал помещения в данный период времени.

#### Наиболее типичной ЧС: Пожарная безопасность

Пожарная безопасность обеспечивает безопасность людей и сохранение материальных ценностей предприятия на всех этапах его жизненного цикла. Основными системами пожарной безопасности являются системы противопожарной и противопожарной защиты, включая организационные и технические меры.

Огонь в одном из помещений предприятия представляет большую опасность и наносит большой урон. Такой пожар угрожает уничтожить

устройства, компьютеры, инструменты и комплекты документов, имеющих значительную ценность. Кроме того, пожар представляет опасность для жизни человека. Появление пожара в офисе может быть обусловлено следующими факторами: в современных компьютерах очень высокая плотность размещения электронных схем. Когда через них протекает электрический ток, выделяется значительное количество тепла, что может привести к повышению температуры отдельных единиц до 100 ° С. В этом случае можно сплавить изоляцию соединительных проводов, их Как следствие - короткое замыкание, сопровождающееся искрением.

Поэтому в целях обеспечения пожарной безопасности работа компьютера связана с необходимостью проведения работ по техническому обслуживанию, ремонту и техническому обслуживанию. Используются различные смазочные материалы, легковоспламеняющиеся жидкости, временная электропроводка, пайка и чистка отдельных компонентов и компонентов. Кроме того, всегда существует возможность дополнительной пожарной опасности, которая требует надлежащих мер противопожарной защиты.

Противопожарная защита представляет собой комплекс организационных и технических мер, направленных на обеспечение безопасности людей, предотвращение пожара, ограничение его распространения и создание условий для успешного пожаротушения [6]. Успех борьбы с огнем в значительной степени зависит от его своевременного обнаружения и быстрого принятия мер по его ограничению



и ликвидации.

Исходя из установленной номенклатуры обозначений зданий в зависимости от степени пожароопасности, комната, анализируемая в этой работе, относится к категории В.

Среди организационных и технических мер, направленных на устранение возможности пожара, выделяются следующие меры:

- использовать только исправное оборудование;
- проведение периодических брифингов по пожарной безопасности;
- назначение ответственного за пожарную безопасность помещений предприятия;
- выдача распоряжений об усилении пожарной безопасности
- отключение электрооборудования, освещения и электроснабжения в конце работы;
- курение в строго обозначенном месте;
- поддержание путей и путей для эвакуации людей в свободном состоянии.

В компании есть огнетушители, такие как ОУ-8 и ОХР-10, а также щит питания, который позволяет мгновенно отключать корпус. На видном месте в коридорах были указаны инструкции и обязанности сотрудников и план эвакуации в случае пожара. В тех случаях, когда невозможно самостоятельно ликвидировать огонь, необходимо вызвать пожарную службу и покинуть помещение, руководствуясь разработанным и опубликованным планом эвакуации.

В лаборатории обязательно показан план эвакуации: Заранее разработанный план (схема), в котором указаны пути эвакуации, эвакуационные и аварийные выходы, установлены правила поведения людей, порядок и последовательность действий в условиях чрезвычайной ситуации (Рис.28).

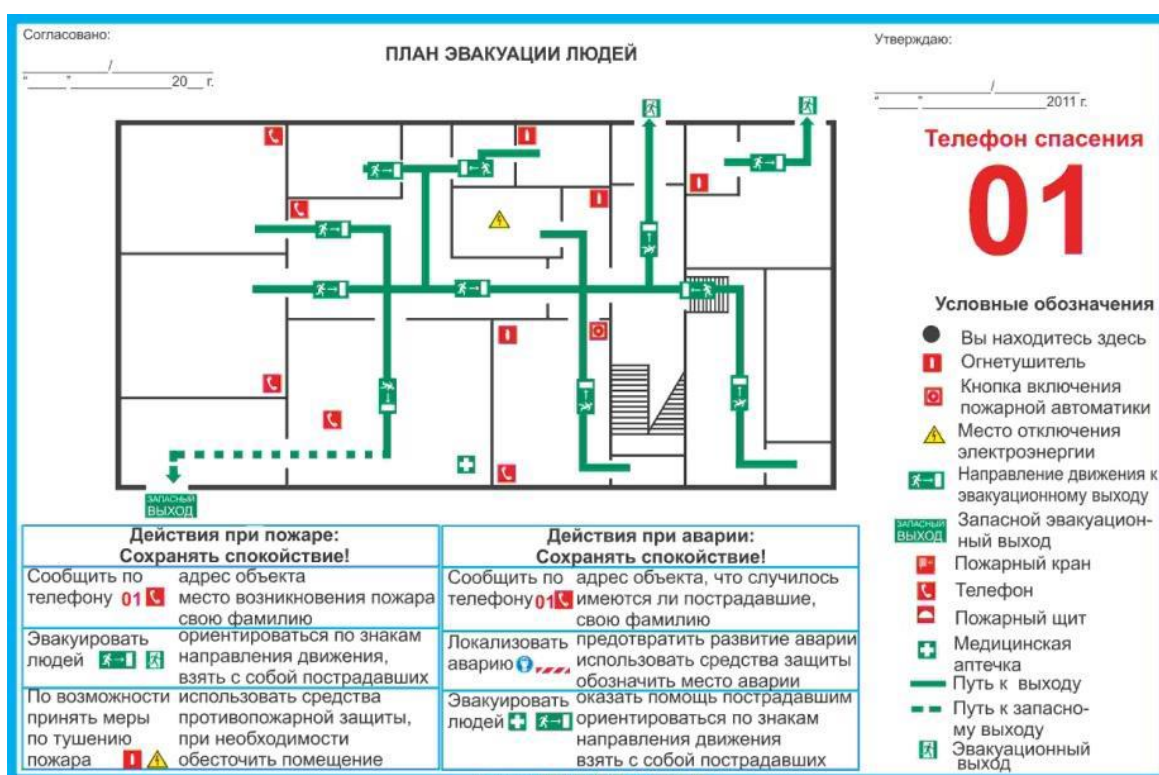


Рис.22. План эвакуации людей

## **5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

В этой работе к использованию установки прибор допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие медицинские противопоказания, прошедшие обучение безопасности труда и инструктаж на рабочем месте.

К самостоятельной работе допускаются работники после специального обучения и проверки знаний норма и правил работы с электроустановками, правил безопасности работы с газовыми баллонами, приобретенных навыков и безопасных способов выполнения работы, имеющие не менее II группы по электробезопасности и получившие допуск к работе с газовыми баллонами.

Повторная проверка знаний норм и правил электробезопасности, повторный инструктаж на рабочем месте – не реже 1 раза в 3 месяца.

По данной теме рассматриваются законодательные и нормативные документы:

а) инструкция номера 2–07 по охране труда при работе с баллонами, работающими под давлением;

б) инструкция номера 2–14 по охране труда при работе с электрооборудованием напряжением до 1000 В;

в) СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки;

г) СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;

д) ГОСТ 12.1.006–84.ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля

е) ГОСТ 12.1.045–84 Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля;

ж) СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий;

з) СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

Правильное положение и компоновка рабочего места, обеспечение удобной позы и свободы рабочих движений (минимум легких, производительных движений) уменьшает утомляемость и предотвращает опасность возникновения профессиональных заболеваний.

При работе инженера, конструктора и исследователя действует наибольшая группа мышц, поэтому предпочтительна сидячая поза. Она также более рациональна и менее утомительна. Работа на персональном компьютере предполагает умственное и психоэмоциональное напряжение, длительное нахождение перед монитором, напряжение органов зрения, вынужденную позу, адинамию. Чтобы работа за компьютером была не только безвредна, но и комфортна, необходимо соблюдать требования соответствующих ГОСТов.

В соответствии с ГОСТ 12.02.032 размеры рабочего места при работе сидя должны быть:

- высота рабочей поверхности стола не менее 600 мм,
- высота сиденья 400-500 мм,
- высота от сиденья до рабочей поверхности 200 мм.

Рабочее место должно состоять из таблицы с монитором на ней, клавиатуры, стойки для документов, стульев и подножек. Экран монитора должен находиться на расстоянии не менее 65-70 см от глаз. Плоскость экрана должна располагаться вертикально или наклона к пользователю, это позволит избежать напряжения мышц шеи и спины. Угол обзора, при котором обеспечивается оптимальная разность символов на экране, находится в диапазоне 15-20 градусов.

Оптимальный размер стола зависит от размера монитора и клавиатуры, но примерно они должны быть шириной не менее 90 см, длина - 160 см. Неправильное положение рук при вводе на клавиатуре приводит к хроническому растяжению кисти. Важно не столько отталкивать клавиатуру от края стола и прислоняться к щетке на специальной платформе, сколько держать локти параллельно поверхности стола и под прямым углом к плечу. Клавиатура должна располагаться на расстоянии 10-15 см (в зависимости от длины локтя) от края стола.

Для работы очень важно иметь кресло, в котором регулируется высота, наклон спинки, спинка сиденья. Стул должен быть выбран подлокотником, это поможет изменить положение и положение рук. Кресло с низкой

спинкой, максимум до лопаток, более удобно и лучше способствует правильной осанке во время работы. Для ног были расслаблены и не онемели, лучше использовать подставку для ног с регулируемым углом наклона от 0 до 30 градусов. Если ноги не касаются пола, тогда пользователь обязательно опустится.

Комната, в которой установлен компьютер, должна быть просторной, с северной, северо-восточной или северо-западной ориентацией окон, которая обеспечит достаточное естественное освещение. Для искусственного освещения лучше использовать лампы с люминесцентными лампами. Желательно, чтобы высота стола можно было отрегулировать в соответствии с ростом пользователя. В естественном свете стол должен быть расположен дальше от окна, так что свет падает с левой стороны.

Чтобы облегчить психический и физический стресс, а также усталость глаз, при интенсивной работе с компьютером вам нужно делать перерывы в 5-10 минут каждый час работы или 15-20 минут каждые два часа работы. Временные перерывы следует использовать для активного отдыха и занятий гимнастикой для глаз.

## Заключение

Системные приложения больших данных ЭЭГ, в том числе научных кругов, промышленности относительно хорошо известной теме. Анализ данных в области здравоохранения, медицинской, сон и эмоциональное, включая транспортировку, усталость водителя, эти районы будут иметь множество применений.

Это очень простой VCI, я думаю, когда у меня будет больше знаний, я смогу закончить более практичные продукты VCI, чтобы помочь большему числу людей с физическими недостатками, чтобы они снова встали, пошли, взяли вещи в свои руки и общались с другие люди .

С развитием технологий этот день скоро наступит.

## Список используемых источников

1. *Анохин П. К., Шумилина А. И., Анохина А. П.* и др. Функциональная система как основа интеграции нервных процессов в эмбриогенезе. Труды V съезда физиологов СССР. 1937, 148—156.
2. *Бехтерева Н. П.* Нейрофизиологические аспекты психической деятельности человека. М.: Медицина, 1971, — 120 с., Oxford Univ . Press (USA), 1978.
3. *Бехтерева Н. П.* Мозговые коды психической деятельности / Бехтерева Н. П., Будзен П. В., Гоголицын Ю. Л. — Л.: Наука, 1977. — 165 с.
4. *Бехтерева Н. П., Нагорнова Ж. В.* Динамика когерентности ЭЭГ при выполнении заданий на невербальную (образную) креативность // Физиология человека, 2007, т. 33, № 5, с. 5-11.
5. *Иваницкий А. М., Наумов Р. А., Роик А. О.* Как определить, чем занят мозг, по его электрическим потенциалам? Устойчивые паттерны ЭЭГ при выполнении когнитивных заданий // Вопросы искусственного интеллекта, 2008, № 1 с. 93-102.
6. *Иваницкий А. М.* Сознание и мозг // В мире науки, 2005, № 11, с. 3-11.
7. *Иваницкий Г. А. Николаев А. Р., Иваницкий А. М.* Использование искусственных нейросетей для распознавания типа мыслительных операций по ЭЭГ // Авиакосмическая и экологическая медицина, 1997, т. 31, с. 23-28.



8. *Савельев А. В.* Онтологическое расширение теории функциональных систем // Журнал проблем эволюции открытых систем, Казахстан, Алматы, 2005, № 1(7), с. 86-94.
9. *Петрунин Ю. Ю., Рязанов М. А., Савельев А. В.* Философия искусственного интеллекта в концепциях нейронаук. (Научная монография), М.: МАКС Пресс, 2010, ISBN 978-5-317-03251-7.
10. *Савельева-Новосёлова Н. А., Савельев А. В.* Принципы офтальмонейрокибернетики // В сборнике «Искусственный интеллект. Интеллектуальные системы», Донецк-Таганрог-Минск, 2009, с. 117—120.
11. *Miyawaki Y.*, Decoding the Mind's Eye — Visual Image Reconstruction from Human Brain Activity using a Combination of Multiscale Local Image Decoders, *Neuron* (Elsevier, Cell Press) 60 (5) (10 December 2008): 915—929,
12. *Santhanam G., Ryu S.I., Yu B.M., Afshar A. and Shenoy K.V.*, A high-performance brain-computer interface, *Nature Letters*, Vol 442 (13 July 2006), 195—198.
13. *Vidal J.*, Toward Direct Brain-Computer Communication, in *Annual Review of Biophysics and Bioengineering*, L.J. Mullins, Ed., Annual Reviews, Inc., Palo Alto, Vol. 2, 1973, pp. 157—180.
14. *Vidal J.*, Real-Time Detection of Brain Events in EEG, in *IEEE Proceedings*, May 1977, 65-5:633-641.

15. *Wolpaw J.R., McFarland D.J., Neat G.W., Forneris C.A.*, An EEG-based brain-computer interface for cursor control. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*. Vol 78(3), Mar 1991, 252—259.



## Low Cost Low Power Instrumentation Amplifier

### AD620

#### FEATURES

##### Easy to use

- Gain set with one external resistor  
(Gain range 1 to 10,000)
- Wide power supply range ( $\pm 2.3$  V to  $\pm 18$  V)
- Higher performance than 3 op amp IA designs
- Available in 8-lead DIP and SOIC packaging
- Low power, 1.3 mA max supply current

##### Excellent dc performance (B grade)

- 50  $\mu$ V max, input offset voltage
- 0.6  $\mu$ V/ $^{\circ}$ C max, input offset drift
- 1.0 nA max, input bias current
- 100 dB min common-mode rejection ratio ( $G = 10$ )

##### Low noise

- 9 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$  @ 1 kHz, input voltage noise
- 0.28  $\mu$ V p-p noise (0.1 Hz to 10 Hz)

##### Excellent ac specifications

- 120 kHz bandwidth ( $G = 100$ )
- 15  $\mu$ s settling time to 0.01%

#### APPLICATIONS

- Weigh scales
- ECG and medical instrumentation
- Transducer interface
- Data acquisition systems
- Industrial process controls
- Battery-powered and portable equipment

#### CONNECTION DIAGRAM

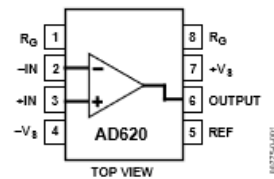


Figure 1. 8-Lead PDIP (N), CERDIP (Q), and SOIC (R) Packages

#### PRODUCT DESCRIPTION

The AD620 is a low cost, high accuracy instrumentation amplifier that requires only one external resistor to set gains of 1 to 10,000. Furthermore, the AD620 features 8-lead SOIC and DIP packaging that is smaller than discrete designs and offers lower power (only 1.3 mA max supply current), making it a good fit for battery-powered, portable (or remote) applications.

The AD620, with its high accuracy of 40 ppm maximum nonlinearity, low offset voltage of 50  $\mu$ V max, and offset drift of 0.6  $\mu$ V/ $^{\circ}$ C max, is ideal for use in precision data acquisition systems, such as weigh scales and transducer interfaces. Furthermore, the low noise, low input bias current, and low power of the AD620 make it well suited for medical applications, such as ECG and noninvasive blood pressure monitors.

The low input bias current of 1.0 nA max is made possible with the use of Superbeta processing in the input stage. The AD620 works well as a preamplifier due to its low input voltage noise of 9 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$  at 1 kHz, 0.28  $\mu$ V p-p in the 0.1 Hz to 10 Hz band, and 0.1 pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$  input current noise. Also, the AD620 is well suited for multiplexed applications with its settling time of 15  $\mu$ s to 0.01%, and its cost is low enough to enable designs with one in-amp per channel.

Table 1. Next Generation Upgrades for AD620

| Part   | Comment                                  |
|--------|--|
| AD8221 | Better specs at lower price              |
| AD8222 | Dual channel or differential out         |
| AD8226 | Low power, wide input range              |
| AD8220 | JFET input                               |
| AD8228 | Best gain accuracy                       |
| AD8295 | +2 precision op amps or differential out |
| AD8429 | Ultra low noise                          |

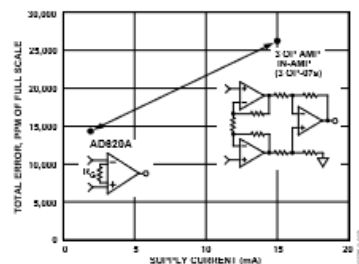


Figure 2. Three Op Amp IA Designs vs. AD620

#### Rev. H

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. Specifications subject to change without notice. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.  
Tel: 781.329.4700 [www.analog.com](http://www.analog.com)  
Fax: 781.326.8703 © 2003–2011 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

### Precision V-I Converter

The AD620, along with another op amp and two resistors, makes a precision current source (Figure 40). The op amp buffers the reference terminal to maintain good CMR. The output voltage,  $V_x$ , of the AD620 appears across  $R_1$ , which converts it to a current. This current, less only the input bias current of the op amp, then flows out to the load.

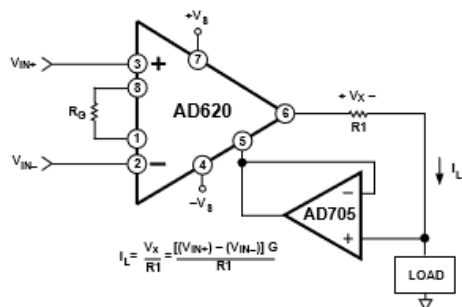


Figure 40. Precision Voltage-to-Current Converter (Operates on 1.8 mA,  $\pm 3$  V)

### GAIN SELECTION

The AD620 gain is resistor-programmed by  $R_G$ , or more precisely, by whatever impedance appears between Pins 1 and 8. The AD620 is designed to offer accurate gains using 0.1% to 1% resistors. Table 5 shows required values of  $R_G$  for various gains. Note that for  $G = 1$ , the  $R_G$  pins are unconnected ( $R_G = \infty$ ). For any arbitrary gain,  $R_G$  can be calculated by using the formula:

$$R_G = \frac{49.4k\Omega}{G-1}$$

To minimize gain error, avoid high parasitic resistance in series with  $R_G$ ; to minimize gain drift,  $R_G$  should have a low TC—less than 10 ppm/ $^{\circ}$ C—for the best performance.

Table 5. Required Values of Gain Resistors

| 1% Std Table Value of $R_G(\Omega)$ | Calculated Gain | 0.1% Std Table Value of $R_G(\Omega)$ | Calculated Gain |
|-------------------------------------|-----------------|---------------------------------------|-----------------|
| 49.9 k                              | 1.990           | 49.3 k                                | 2.002           |
| 12.4 k                              | 4.984           | 12.4 k                                | 4.984           |
| 5.49 k                              | 9.998           | 5.49 k                                | 9.998           |
| 2.61 k                              | 19.93           | 2.61 k                                | 19.93           |
| 1.00 k                              | 50.40           | 1.01 k                                | 49.91           |
| 499                                 | 100.0           | 499                                   | 100.0           |
| 249                                 | 199.4           | 249                                   | 199.4           |
| 100                                 | 495.0           | 98.8                                  | 501.0           |
| 49.9                                | 991.0           | 49.3                                  | 1,003.0         |

### INPUT AND OUTPUT OFFSET VOLTAGE

The low errors of the AD620 are attributed to two sources, input and output errors. The output error is divided by  $G$  when referred to the input. In practice, the input errors dominate at high gains, and the output errors dominate at low gains. The total  $V_{OS}$  for a given gain is calculated as

$$\text{Total Error RTI} = \text{input error} + (\text{output error}/G)$$

$$\text{Total Error RTO} = (\text{input error} \times G) + \text{output error}$$

### REFERENCE TERMINAL

The reference terminal potential defines the zero output voltage and is especially useful when the load does not share a precise ground with the rest of the system. It provides a direct means of injecting a precise offset to the output, with an allowable range of 2 V within the supply voltages. Parasitic resistance should be kept to a minimum for optimum CMR.

### INPUT PROTECTION

The AD620 safely withstands an input current of  $\pm 60$  mA for several hours at room temperature. This is true for all gains and power on and off, which is useful if the signal source and amplifier are powered separately. For longer time periods, the input current should not exceed 6 mA.

For input voltages beyond the supplies, a protection resistor should be placed in series with each input to limit the current to 6 mA. These can be the same resistors as those used in the RFI filter. High values of resistance can impact the noise and AC CMRR performance of the system. Low leakage diodes (such as the BAV199) can be placed at the inputs to reduce the required protection resistance.

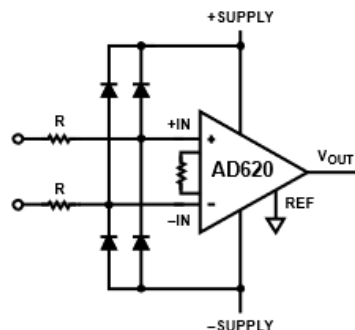


Figure 41. Diode Protection for Voltages Beyond Supply

### RF INTERFERENCE

All instrumentation amplifiers rectify small out of band signals. The disturbance may appear as a small dc voltage offset. High frequency signals can be filtered with a low pass R-C network placed at the input of the instrumentation amplifier. Figure 42 demonstrates such a configuration. The filter limits the input