

Спецификация конкурсных материалов для проведения практического этапа Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» в номинации «Инженерный класс» по медико-инженерному направлению

1. Назначение конкурсных материалов

Материалы практического этапа Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» (далее – Конкурс) предназначены для оценки уровня практической подготовки участников Конкурса.

2. Условия проведения практического этапа

Практический этап Конкурса проводится в очной дистанционной форме. При выполнении работы обеспечивается строгое соблюдение порядка организации и проведения Конкурса. При проведении конкурса допускается пользоваться канцелярскими принадлежностями (бумага, ручка, карандаш, линейка и т.п.) и калькулятором. Также допускается работа в программах, обеспечивающих выполнение задания: MS Excel, Google table или аналогичные; а также Autodesk Inventor 2020, SOLIDWORKS, AutoCAD, Fusion 360 и аналогичные. Каждые 30 минут рекомендуется делать перерыв в работе.

3. Продолжительность выполнения работы

На выполнение заданий практического этапа Конкурса отводится **120 минут**.

4. Содержание и структура работы

Задания практического этапа Конкурса разработаны преподавателями образовательных организаций высшего образования, участвующих в проекте «Инженерный класс в московской школе».

Индивидуальный вариант участника выдается во время проведения практического этапа Конкурса из базы конкурсных заданий.

Индивидуальный вариант участника включает задание, состоящее из трёх частей, базирующихся на содержании элективных курсов: «Микроэлектроника и схемотехника» и «Инженерный практикум» (часть 1), «Химические и физико-химические методы анализа» (часть 2), «3D-моделирование» (часть 3).

5. Система оценивания отдельных заданий и работы в целом

Задание считается выполненным, если ответ участника совпал с эталоном. Каждая часть задания оценивается следующим образом: часть 1 оценивается максимум в 40 баллов, часть 2 – максимум в 20 баллов, часть 3 – максимум в 20 баллов. Максимальная оценка за выполнение всех заданий – 60 баллов.

Для получения максимального балла за практический этап Конкурса необходимо дать верные ответы на все задания из части 1 и на все задания из одной из частей на выбор: части 2 **или** части 3.

Участник может дать верные ответы на все три части, но в этом случае максимальная оценка не будет превышать 60 баллов.

6. Приложения

1. Обобщённый план конкурсных материалов для проведения практического этапа Конкурса.

2. Демонстрационный вариант конкурсных заданий практического этапа Конкурса.

Обобщённый план конкурсных материалов для проведения практического этапа Конкурса

№ п/п	Уровень сложности	Название элективных курсов	Темы элективных курсов	Контролируемые требования к проверяемым умениям	Балл
1	Повышенный	Микроэлектроника и схемотехника. Инженерный практикум	Микроэлектронные устройства. Инструктаж по технике безопасности при работе в лаборатории. Электрическая схемотехника. Электроника. Базовые физические уравнения для построения и расчёта электрических схем, закон Ома. Чтение простых электрических схем. Электричество и магнетизм. Постоянный ток. Переменный ток. Оптика. Фотометрия. Оптические приборы. Изложение и критический анализ базовой общефизической информации. Измерение физических величин прямыми и косвенными методами с применением цифровых и аналоговых приборов. Представление результатов измерений в виде таблиц, графиков. Объяснение результатов наблюдений и экспериментов на основе изученного теоретического материала	Умение использовать все возможные ресурсы для достижения поставленных целей и реализации планов деятельности; обрабатывать данные эксперимента и интерпретировать полученный результат; устанавливать причинно-следственные связи, строить логическое рассуждение, умозаключение; самостоятельно осуществлять, контролировать и корректировать деятельность; применение навыков познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности в повседневной жизни; умение определять параметры компонентов; умение излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию; представлять результаты измерений в виде таблиц, графиков, диаграмм, математических формул; на основе изученного теоретического материала объяснять результаты наблюдений и экспериментов; определять относительную и абсолютную погрешности измеряемой физической величины	40

№ п/п	Уровень сложности	Название элективных курсов	Темы элективных курсов	Контролируемые требования к проверяемым умениям	Балл
2	Базовый	Химические и физико-химические методы анализа	<p>Научный эксперимент и его роль в познании. Погрешности эксперимента. Оценка погрешностей. Обработка результатов эксперимента. Графики. Физико-химические методы анализа. Спектральные методы анализа. Методы оптической молекулярной спектроскопии: спектроскопия в видимой области. Молекулярный абсорбционный анализ. Электронные переходы и спектры поглощения. Основной закон поглощения (закон Ламберта – Бугера – Бера). Фотометрический и спектрофотометрический анализ. Условия фотометрического определения и их оптимизация. Рефрактометрический метод, чувствительность, точность, область применения, достоинства и недостатки. Показатель преломления. Характеристика линий спектра и обозначения показателей преломления. Преломляющие свойства вещества. Рефрактометры. Принцип действия. Рефрактометрическое измерение. Определение концентрации веществ в растворе методом калибровочного графика, по таблицам показателей преломления. Анализ результатов проведённых экспериментов</p>	<p>Умение использовать приобретённые знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни; понимать взаимосвязь учебного предмета с особенностями профессий и профессиональной деятельности, в основе которых лежат знания по химии; характеризовать виды методов физико-химического анализа; знать теоретические основы и области применения методов анализа: спектроскопия в видимой и УФ-областях, рефрактометрический метод; проводить расчёты, лежащие в основе количественного определения с использованием спектральных методов (спектроскопии в видимой области); анализировать результаты проводимых экспериментов; оценивать и интерпретировать полученные качественные и количественные экспериментальные данные; проводить статистическую обработку результатов эксперимента</p>	20

№ п/п	Уровень сложности	Название элективных курсов	Темы элективных курсов	Контролируемые требования к проверяемым умениям	Балл
3	Базовый	3D-моделирование	<p>Системы 3D-моделирования и САПР. Основные термины и определения в компьютерном черчении и моделировании. Виды программного обеспечения. Назначения, возможности и области использования. Сцена, инструменты черчения и измерений. Трёхмерное пространство проекта-сцены. Элементы интерфейса программы. Система координатных осей. Инструменты рисования. Камеры, навигация в сцене. Ортогональные проекции (виды). Вспомогательные точки и линии. Простановка размеров. Применение инструментов модификации объектов. Модификация объектов. Вдавить/вытянуть. Контур и перемещение. Вращение. Масштабирование. Приёмы создания тел вращения. Управление инструментами. Использование групп и компонентов. Управление инструментами рисования, модификаций, отверстия. Конструкционные инструменты. Этапы и приёмы создания модели. Определение цели моделирования объекта. Анализ объекта с точки зрения цели моделирования. Выделение существенных с точки зрения целей моделирования свойств объекта, которые затем должны быть отражены в модели. Выбор формы представления выделенных признаков объекта моделирования. Построение модели. Выбор места и способов копирования и отражения объектов. Создание итогового проекта. Продумывание общей идеи. Разработка алгоритма создания модели. Выбор средств и определение размеров элементов модели. Эскизирование предполагаемого объекта. Создание рационального набора компонентов для данного проекта</p>	<p>Самостоятельно определять цели и составлять планы деятельности; самостоятельно осуществлять, контролировать и корректировать деятельность; использовать все возможные ресурсы для достижения поставленных целей и реализации планов деятельности; выбирать успешные стратегии в различных ситуациях; применять навыки познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности в повседневной жизни; владеть научной терминологией, ключевыми понятиями, методами и приёмами проектирования и конструирования; анализировать формообразование промышленного изделия; работать с интерфейсом программного обеспечения систем автоматизированного проектирования и черчения</p>	20
Сумма баллов:					60

Прочитайте текст и выполните задания к нему. На выполнение задания отводится 120 минут.

Электрокардиограф – это медицинский прибор, применяемый для регистрации потенциалов электрического поля сердца. На рис. 1 представлен пример одной из моделей электрокардиографа.



Рис. 1. Электрокардиограф

Как и у многих медицинских приборов, в электрокардиографе есть несколько необходимых элементов и блоков, обеспечивающих функциональность устройства (рис. 2). К одним из наиболее важных блоков электрокардиографа относится усилитель, обеспечивающий достаточный уровень исследуемых сигналов. Важно, чтобы усилитель усиливал сигналы без их искажения. Это обеспечивает получение достоверной информации о пациенте. Для обеспечения электробезопасности и удобства работы с прибором важны и различные вспомогательные устройства, например кронштейн, удерживающий провода.

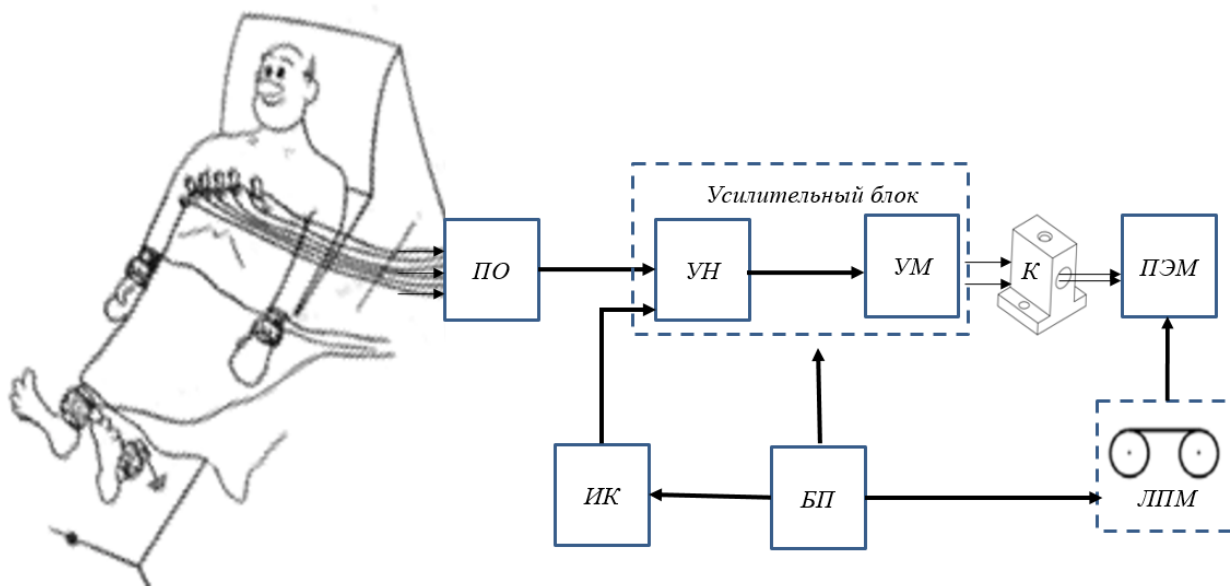


Рис. 2. Блок-схема электрокардиографа: ПО – переключатель отведений, УН – усилитель напряжения, ИК – источник калибровочного напряжения, УМ – усилитель мощности, ПЭМ – электромеханический преобразователь, ЛПМ – лентопротяжный механизм, БП – блок питания, К – кронштейн для компактной фиксации проводов усилительного блока

ЧАСТЬ 1.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК УСИЛИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФА

1. ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Цель работы: определить полосу пропускания усилителя электрокардиографа.

Приборы и принадлежности: электрокардиограф и звуковой генератор (или заранее записанные на электрокардиографе сигналы разных частот, полученные с помощью звукового генератора), письменные принадлежности.

Усилитель является необходимым элементом любого медицинского диагностического прибора. Величина биологических сигналов зачастую очень мала, и без усилителя её достоверная оценка становится невозможной.

Электронным усилителем называется техническое устройство, предназначенное для усиления электрических сигналов за счёт энергии постороннего источника. Различают усилители тока, напряжения или мощности. Кроме того, усилители отличаются диапазонами частот усиливаемых сигналов.

Диапазон рабочих частот усилителей низкой частоты, как правило, лежит в пределах звуковых частот от 20 Гц до 20 кГц. Особое значение для медицины имеют усилители медленно меняющихся сигналов – усилители постоянного тока (УПТ). Их нижняя усиливаемая частота $\nu_n \approx 0$. Это позволяет усиливать как переменную, так и постоянную составляющие сигнала.

Важными характеристиками усилителей являются амплитуда выходного сигнала ($U_{вых}$), коэффициент усиления (K) и входное сопротивление ($R_{вх}$).

Коэффициентом усиления по напряжению усилителя называется величина, равная отношению приращения выходного напряжения $\Delta U_{вых}$ усилителя к приращению напряжения на его входе $\Delta U_{вх}$: $K = K_U = \Delta U_{вых} / \Delta U_{вх}$. Эта характеристика является одной из главных при выборе усилителя для того или иного прибора.

Входное сопротивление усилителя $R_{вх}$ – сопротивление между его входными клеммами: $R_{вх} = U_{вх} / I_{вх}$. Согласно закону Ома увеличение входного сопротивления приводит к снижению входной силы тока.

На рис. 3 представлена принципиальная схема усилителя.

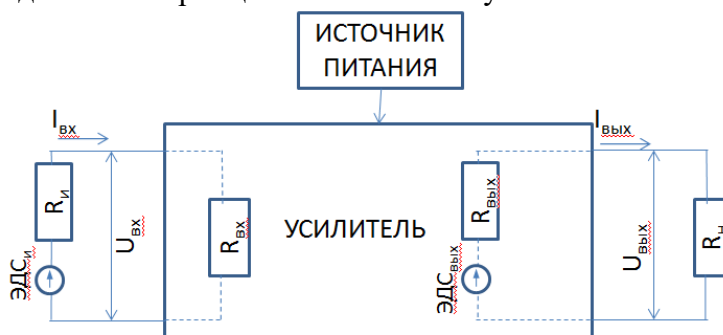


Рис. 3. Принципиальная схема усилителя: и – источник, н – нагрузка, вх – входной, вых – выходной, ЭДС – электродвижущая сила

Основное требование, предъявляемое к усилителям, – отсутствие искажения сигнала, т. е. форма выходного и входного сигналов должна совпадать.

Линейные (частотные) искажения возникают при усилении сигнала вследствие того, что коэффициент усиления зависит от частоты. Любой сигнал может быть представлен в виде суммы гармонических компонент, которые будут усиливаться по-разному. Вследствие чего и возникнет искажение формы усиленного сигнала.

Частотная характеристика усилителя – это зависимость коэффициента усиления от частоты сигнала (рис. 4). При использовании усилителей в медицинских приборах принято считать, что уменьшение коэффициента усиления до $0,7K_{max}$ не приводит к

искажению сигнала. Диапазон частот на частотной характеристике, в котором коэффициент усиления изменяется незначительно, называется **полосой пропускания усилителя**. Для предупреждения возникновения линейных искажений необходимо, чтобы частоты всех гармоник входного сигнала находились в пределах полосы пропускания усилителя. Искажение формы зубцов электрокардиограммы в случае недостаточно широкой полосы пропускания усилителя может привести к ошибочным диагностическим заключениям.

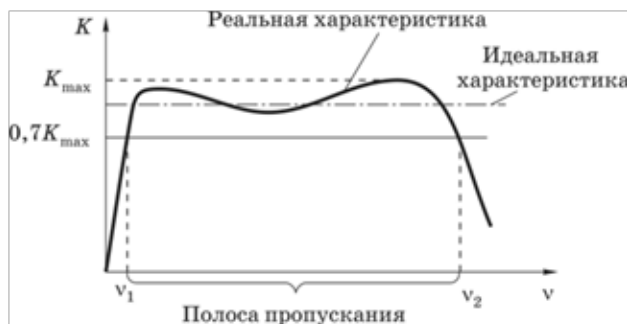


Рис. 4. Частотная характеристика усилителя: K – коэффициент усиления усилителя, ν – частота усиливаемого сигнала

По полосе пропускания усилители относят к усилителям постоянного тока (упоминавшимся выше); усилителям низкой частоты; усилителям высокой частоты, а также к узко- и широкополосным усилителям.

При проведении электрографии с кожи пациента с помощью электродов измеряются потенциалы электрического поля сердца (биопотенциалы). Сигналы подаются на усилитель постоянного тока и далее на регистрирующее устройство. В результате регистрации электрокардиограммы врач может на бумаге или экране увидеть зависимость изменения потенциалов от времени и сделать диагностические выводы.

2. ЗАДАНИЕ

Для подготовки к работе на электрокардиографе с помощью функциональных клавиш были установлены требуемые параметры: скорость движения ленты и масштаб сигналов.

С помощью звукового генератора на вход усилителя электрокардиографа подавались сигналы разных частот с амплитудой напряжения $U_{вх} = 0,28$ мВ. Графические изображения выходного сигнала (экспериментальные данные) представлены на рис. 5.

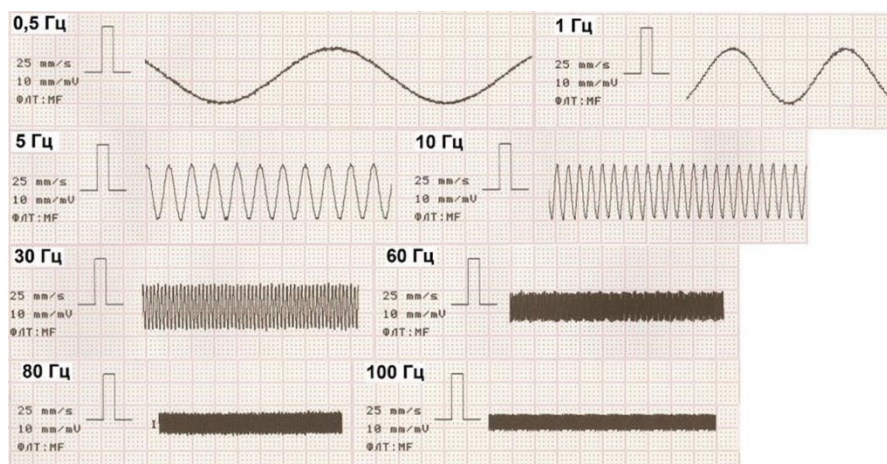


Рис. 5. Экспериментальные данные

1. По результатам измерений (графики на рис. 5) сделайте расчёт амплитуды

напряжения выходного сигнала ($U_{вых}$) при различных частотах. Для расчётов используйте параметры электрокардиографа, указанные на графиках.

2. Рассчитайте коэффициент усиления (K_U) усилителя электрокардиографа.

3. Сформируйте таблицу, пример которой показан ниже.

ν , Гц									
A , мм									
$U_{вых}$, мВ									
K_U									

4. Постройте график частотной характеристики усилителя электрокардиографа. Для построения графика используйте программу MS Excel, Google table или аналогичные.

5. Определите полосу пропускания усилителя электрокардиографа и отметьте её на построенном графике частотной характеристики.

6. Сделайте письменное заключение в отношении:

- полосы пропускания усилителя электрокардиографа;
- максимального значения коэффициента усиления усилителя электрокардиографа.

Итоги выполнения задания:

- проведены расчёты, сделан анализ данных и составлена итоговая таблица;
- построен график;
- полоса пропускания и максимальное значение коэффициента усиления записаны в выводе к работе; полоса пропускания отмечена на графике.

ЧАСТЬ 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРА СОЛИ ХЛОРИДА НАТРИЯ

1. ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Цель работы: определить концентрацию раствора хлорида натрия, применяемого для снижения переходного сопротивления «электрод – кожа» при регистрации электрокардиограммы.

Приборы и принадлежности: рефрактометр, пробирки с раствором хлорида натрия известных концентраций и неизвестной (применяемой в работе с электрокардиографом) концентрации (или ранее полученные с помощью указанного оборудования данные).

Важная физическая проблема, относящаяся к электродам для съёма биоэлектрического сигнала, заключается в минимизации потерь полезной информации, особенно на переходном сопротивлении «электрод – кожа» (рис. 6). Для снижения сопротивления соединения «электрод – кожа» стараются увеличить электропроводимость среды. Для этого используют растворы солей или специальные гели. Для проведения электрокардиографии место контакта электрода с кожей смачивают раствором хлорида натрия концентрации, аналогичной физиологической.

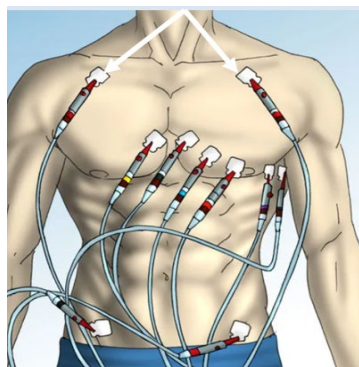


Рис. 6. Электроды электрокардиографа на коже пациента при регистрации электрокардиограммы

Концентрацию раствора можно определить различными способами. В том числе с помощью рефрактометра (рис. 7), определяющего коэффициент преломления раствора.

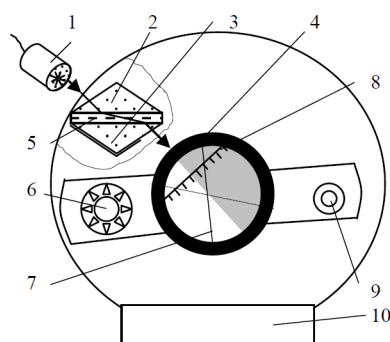


Рис. 7. Схема рефрактометра: 1 – лампа источника света; 2 – верхняя осветительная призма; 3 – нижняя измерительная призма; 4 – окуляр; 5 – исследуемая жидкость; 6 – ручка компенсатора; 7 – перекрестье указателя; 8 – измерительная шкала; 9 – ручка вращения рычага окуляра; 10 – стойка корпуса рефрактометра

2. ЗАДАНИЕ

С помощью рефрактометра определили показатель преломления (n) раствора поваренной соли (NaCl) в различных концентрациях. Для каждого раствора измерение показателя преломления произвели 3 раза. Экспериментальные данные указаны в таблице ниже.

C, %	5	10	20	x
n_1	1.3398	1.3475	1.3645	1.3458
n_2	1.3400	1.3480	1.3644	1.3461
n_3	1.3399	1.3480	1.3643	1.3460
\bar{n}				
$\overline{\Delta n}$				

1. Для каждого раствора найдите среднее значение показателя преломления (\bar{n}).
2. Для каждой концентрации раствора поваренной соли вычислите среднюю абсолютную погрешность измерений:

$$\overline{\Delta n} = \frac{\sum_{i=1}^m \Delta n_i}{m},$$

где $\Delta n_i = |\bar{n} - n_i|$ – абсолютная погрешность отдельного измерения, m – количество измерений показателя преломления для каждой концентрации раствора соли.

3. Постройте график зависимости среднего значения показателя преломления от концентрации $n = f(C)$ с учётом погрешностей.

4. Определите по графику неизвестную концентрацию раствора поваренной соли C_x , который используется при электрокардиографии.

Итоги выполнения задания:

- определено среднее значение показателя преломления для каждой концентрации соли;
- найдена средняя абсолютная погрешность измерений;
- построен график зависимости среднего значения показателя преломления от концентрации $n = f(C)$ (с помощью программы MS Excel, Google table или аналогичных);
- определена концентрация соли в растворе x .

ЧАСТЬ 3.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КРОНШТЕЙНА УСИЛИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФА

1. ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Цель работы: моделирование кронштейна, который удерживает провода усилителя электрокардиографа

Необходимое оборудование: персональный компьютер, предустановленный программный пакет в системе автоматизированного проектирования (САПР), например, Autodesk Inventor 2020, SOLIDWORKS, AutoCAD, Fusion 360 и др.

В различных моделях электрокардиографов используют кронштейны для компактного временного размещения электродов и проводов или их постоянной фиксации. Эти кронштейны (рис. 2) могут располагаться на различных внутренних и внешних панелях электрокардиографов, в зависимости от их модели, или на вспомогательных тележках. Особенно важно компактно фиксировать провода, так как это повышает электробезопасность и удобство работы с прибором.

2. ЗАДАНИЕ

1. Получите от преподавателя чертёж с необходимыми исходными данными для моделирования детали – кронштейна, удерживающего провода (рис. 8).

2. Откройте предустановленный программный пакет в системе автоматизированного проектирования (САПР), например, Autodesk Inventor 2020, SOLIDWORKS, AutoCAD, Fusion 360 и др.

3. Постройте 3D-модель детали «кронштейн», используя полученный чертёж.

4. Сохраните полученную модель в формате используемой САПР (*.ipt, *.f3d и др.). Дополнительно сохраните полученную модель в формате *.step.

5. Представьте на проверку файл с 3D-моделью детали.

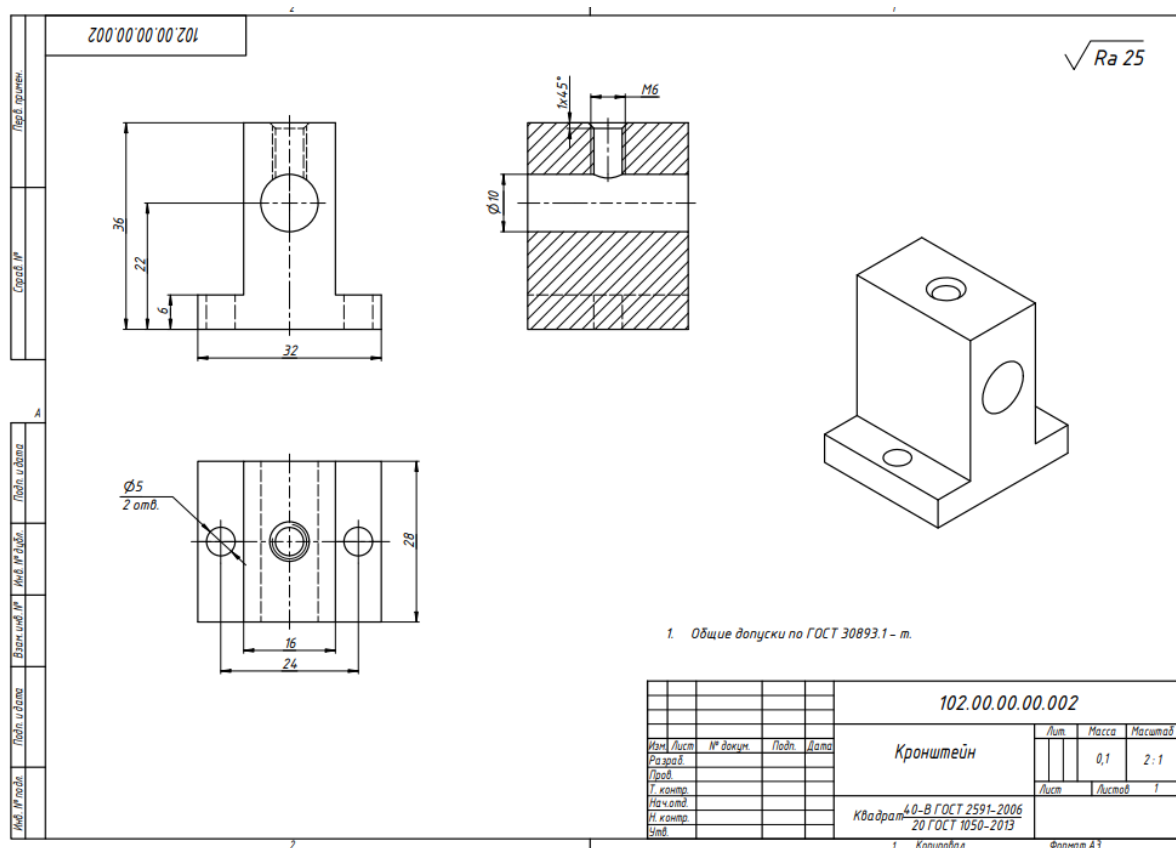


Рис. 8. Чертёж кронштейна для проводов усилителя электрокардиографа

Итогом выполнения задания являются:

- на проверку представлен файл с 3D-моделью детали;
- правильно сделана 3D-модель детали;
- все габаритные размеры модели совпадают с чертежом.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

Каждый пункт задания практического этапа оценивается независимо друг от друга.

Критерии оценивания	Количество баллов
Часть 1. Микроэлектроника и схемотехника. Инженерный практикум	
Выполнены расчёты разности потенциалов	<p style="text-align: center;">0...9</p> <p style="text-align: center;">0 – расчёты не выполнены.</p> <p>1 – все расчёты выполнены для 1–5 из 8 сигналов.</p> <p>3 – все расчёты выполнены для 6 из 8 сигналов.</p> <p>7 – расчёты выполнены для 7 из 8 сигналов.</p> <p>9 – все расчёты выполнены (для 8 сигналов).</p>
Выполнены расчёты коэффициента усиления	<p style="text-align: center;">0...9</p> <p style="text-align: center;">0 – расчёты не выполнены.</p> <p>1 – все расчёты выполнены для 1–5 из 8 сигналов.</p> <p>3 – все расчёты выполнены для 6 из 8 сигналов.</p> <p>7 – расчёты выполнены для 7 из 8 сигналов.</p> <p>9 – все расчёты выполнены (для 8 сигналов).</p>
Правильно сделана и заполнена таблица	<p style="text-align: center;">0...4</p> <p>0 – таблица сделана, но не заполнена; таблица не сделана.</p> <p>1 – таблица сделана и не полностью заполнена (нет 3–5 из 8 значений коэффициента усиления или амплитуды выходного сигнала).</p> <p>2 – таблица сделана и не полностью заполнена (нет 2 из 8 значений коэффициента усиления или амплитуды выходного сигнала).</p> <p>3 – таблица сделана и не полностью заполнена (нет 1 из 8 значений коэффициента усиления или амплитуды выходного сигнала).</p> <p>4 – таблица правильно построена и заполнена.</p>
Построен график зависимости коэффициента усиления от частоты сигнала	<p style="text-align: center;">0...9</p> <p style="text-align: center;">0 – график не построен.</p> <p>1 – график построен, масштаб на осях неверный.</p> <p>7 – график построен правильно, оси не подписаны.</p> <p>9 – график построен правильно.</p>
Найдены границы полосы пропускания усилителя, и определено максимальное значение коэффициента усиления усилителя электрокардиографа	<p style="text-align: center;">0...9</p> <p>0 – не найдены границы полосы пропускания, и не определено максимальное значение коэффициента усиления.</p> <p>1 – не найдены границы полосы пропускания, но правильно определено максимальное значение коэффициента усиления.</p> <p>2 – границы полосы пропускания найдены неправильно, но правильно определено максимальное значение коэффициента усиления.</p> <p>9 – найдены границы полосы пропускания усилителя, и определено максимальное значение коэффициента усиления.</p>
Итого максимально за выполнение задания части 1	40

Часть 2. Химические и физико-химические методы анализа	
Правильно построен график	0...10 0 – график не построен. 1 – график построен, масштаб на осях неверный. 8 – график построен правильно, оси не подписаны. 10 – график построен правильно.
Правильно определена средняя концентрация раствора соли	0...7 0 – средняя концентрация раствора соли не определена или определена неправильно. 7 – средняя концентрация раствора соли определена правильно.
Правильно рассчитано среднее значение абсолютной погрешности измерений	0...3 0 – неправильно рассчитано среднее значение абсолютной погрешности измерений. 3 – правильно рассчитано среднее значение абсолютной погрешности измерений.
Итого максимально за выполнение задания части 2	20
Часть 3. 3D-моделирование	
Построена 3D-модель детали	0...10 0 – модель не построена. 10 – модель построена.
Все габаритные размеры построенной модели совпадают с чертежом	0...7 0 – размеры не совпадают. 7 – размеры совпадают.
Наличие файла с 3D-моделью детали	0...3 0 – файл не представлен. 3 – файл представлен.
Итого максимально за выполнение задания части 3	20
Итого максимально за билет	60