



Российский национальный  
исследовательский медицинский  
университет имени Н.И. Пирогова

**Методические рекомендации учителям для проведения**  
**ПРАКТИЧЕСКОГО ЭТАПА**  
**Московского конкурса межпредметных навыков и знаний**  
**«Интеллектуальный мегаполис. Потенциал»**  
**в номинации «Инженерный класс»**  
**ПО МЕДИКО-ИНЖЕНЕРНОМУ НАПРАВЛЕНИЮ**

Москва 2022

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕШЕНИЮ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ВОПРОСОВ

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

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

Практический этап Конкурса проводится в очной дистанционной форме. Учителям необходимо обратить внимание учеников, что для проведения этого экзамена необходимо подготовить компьютер, подключенный к электрической сети для обеспечения его бесперебойной работы.

При выполнении заданий в рамках элективных курсов «Микроэлектроника и схемотехника» и «Инженерный практикум» (часть 1) и «Химические и физико-химические методы анализа» (часть 2) для оформления результатов в виде графиков также необходимо предварительно установленное программное обеспечение, позволяющее построить график. Такими программами могут быть MS Excel, Google table или аналогичные.

При намерении школьника выполнять задание по 3D моделированию (часть 3) на компьютере должна быть заранее установлена необходимая программа. Это может быть Autodesk Inventor 2020, SOLIDWORKS, AutoCAD, Fusion 360 или другая аналогичная программа.

Также при проведении конкурса допускается пользоваться канцелярскими принадлежностями (бумага, ручка, карандаш, линейка и т.п.) и калькулятором.

На выполнение заданий практического этапа Конкурса отводится 120 минут. Каждые 30 минут рекомендуется делать перерыв в работе.

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 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.

Ученику рекомендуется сосредоточиться на двух из трех частей варианта, основываясь на тех элективных курсах, которые он ранее изучал. Учитывая уровень сложности заданий рекомендуется перед выполнением задания спланировать время, отводимое на решение первой части и второй или третьей части. Рекомендуемое, но не обязательное соотношение 80/40 минут.

Учителям необходимо обратить внимание на то, чтобы ученик сначала внимательно прочитал текст задания.

## **РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЙ ДЕМОНСТРАЦИОННОГО ВАРИАНТА**

### **ЧАСТЬ 1.**

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК УСИЛИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФА**

Целью данного задания является определение полосы пропускания усилителя электрокардиографа.

Для выполнения этого задания необходимо обратить внимание школьников на определение коэффициента усиления по напряжению усилителя и формулу его расчета:

$$K = K_U = \Delta U_{\text{вых}} / \Delta U_{\text{вх}},$$

так как эта информация необходима для понимания и обработки полученных (и выданных ученику на рис. 5 демонстрационного варианта) данных.

Также важно обсудить роль возможных линейных (частотных) искажений при работе усилителя в медицинских диагностических приборах. В связи с этим необходимо разобрать понятие и принцип построения частотной характеристики (рис. 4 демонстрационного варианта), а также понятие и определение по её графику полосы пропускания усилителя.

Для выполнения задания сначала необходимо определить амплитуды  $A$ ,  $mV$  восьми сигналов, полученных в эксперименте и представленных в задании (рис. 5 демонстрационного варианта). Не забывайте сначала повторить со школьниками понятие амплитуды сигнала.

При заполнении таблиц и определении амплитуды  $U_{\text{вых}}$ ,  $mV$  обратите внимание на установленные на электрокардиографе скорость движения ленты и масштаб сигналов.

При расчете коэффициента усиления обратите внимание, что на вход усилителя электрокардиографа подавались сигналы разных частот с амплитудой напряжения  $U_{\text{вх}} = 0.28 mV$ .

Заполненная таблица демонстрационного варианта части 1 должна выглядеть

следующим образом:

$\nu, \text{Гц}$	0,5	1,0	5,0	10,0	30,0	60,0	80,0	100,0
$A, \text{мм}$	6,0	6,0	6,0	6,0	4,5	3,0	2,0	1,5
$U_{\text{вых}}, \text{мВ}$	0,6	0,6	0,6	0,6	0,45	0,3	0,2	0,15
$K_U$	2,1	2,1	2,1	2,1	1,6	1,1	0,7	0,5

Для построения графика частотной характеристики усилителя электрокардиографа школьник должен использовать программу MS Excel, Google table или аналогичные.

Рассчитанные данные заносятся в таблицу. Желательно (но необязательно) расчеты проводить с помощью программы MS Excel (рис. 2).

После получения всех необходимых данных участнику необходимо в соответствующей программе построить график. График будет выглядеть также как на рис.1. Экспериментальная кривая обозначена чёрным цветом. Необходимо, чтобы график и оси на нем были подписаны и указаны единицы измерения. Оси допускается подписать как текстом (рис. 1), так и соответствующими символами.

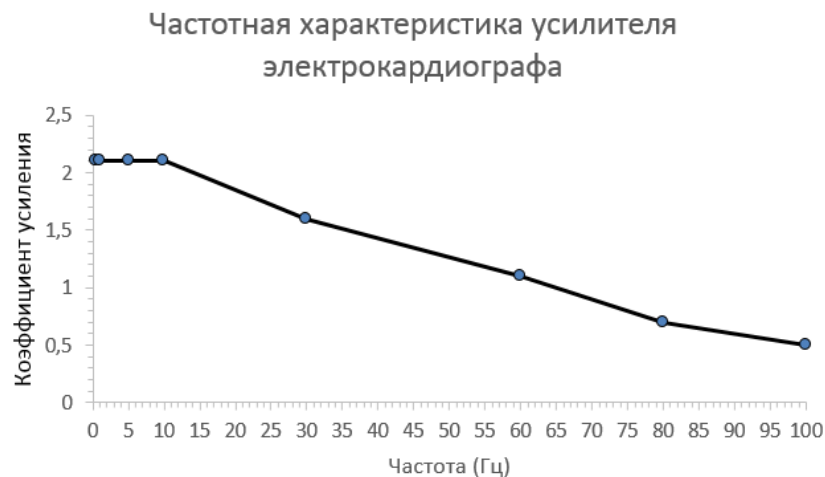


Рис. 1. Частотная характеристика усилителя электрокардиографа, полученная с помощью экспериментальных данных задания части 1 демонстрационного варианта.

Следующий этап: определение границ полосы пропускания усилителя. Для определения границ полосы пропускания сначала необходимо определить максимальное значение коэффициента усиления усилителя электрокардиографа  $K_{max}$ , а потом рассчитать  $0,7K_{max}$ .

В данном задании:  $K_{max} = 2,1$ , а  $0,7K_{max} = 1,47$  (рис. 2).

Для определения границ полосы пропускания усилителя данного электрокардиографа последнюю величину ( $0,7K_{max}$ ) необходимо обозначить на графике в виде прямой линии для всех частот (синяя пунктирная линия на рис. 3).

D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	ВАРИАНТ № ...									
	Иванов Иван сергеевич									
	Школа № ...									
	ЧАСТЬ 1									
	$\nu, \text{Гц}$	0,5	1	5	10	30	60	80	100	
	$A, \text{мм}$	6	6	6	6	4,5	3	2	1,5	
	$U_{\text{вых}} \text{ мВ}$	0,6	0,6	0,6	0,6	0,45	0,3	0,2	0,15	
	$K_U$	2,1	2,1	2,1	2,1	1,6	1,1	0,7	0,5	
	$0,7K_{\text{max}}$	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	
	$K_{\text{max}} = 2,1$									
	$0,7K_{\text{max}} = 1,47$									

Рис. 2. Таблица с правильно определёнными и рассчитанными данными. В данном случае использовалась программа MS Excel.

Далее необходимо дополнительными вертикальными линиями обозначить границы полосы пропускания усилителя электрокардиографа (красная пунктирная линия на рис. 3). Необходимо отметить, что использование линий различных цветов при выполнении этого задания желательно, но необязательно.

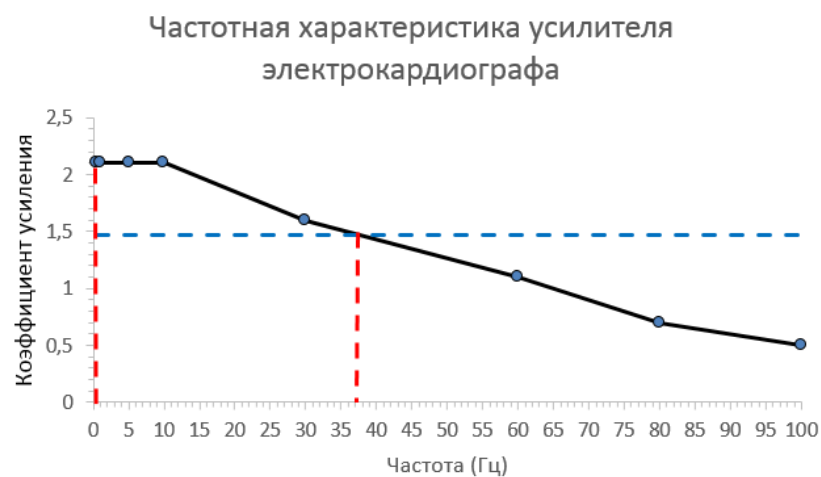


Рис. 3. Частотная характеристика усилителя электрокардиографа и обозначенные на ней красными пунктирными линиями границы полосы пропускания.

Далее по графику определяются границы полосы пропускания. В задании демонстрационного варианта полоса пропускания составляет интервал частот  $0 - 37 \text{ Гц}$  (рис. 4).

После выполнения задания необходимо сделать письменное заключение в

отношении: полосы пропускания усилителя электрокардиографа и максимального значения коэффициента усиления усилителя электрокардиографа (рис. 4).



Рис. 4. Результаты выполнения заданий части 1.

**Типичные ошибки**, которые могут быть совершены при выполнении задания части 1: невнимательно измеренные амплитуды сигналов, представленных на фотографиях в задании (рис. 5 демонстрационного варианта); ошибки в расчетах; использование неправильных единиц измерения или их порядков, отсутствие обозначения названий осей на графике или неправильный масштаб.

При выполнении задания части 1 «Микроэлектроника и схемотехника» и «Инженерный практикум» будут применяться **критерии оценивания**, представленные в таблице ниже. Здесь же даны **пояснения** к критериям и указания на возможные **ошибки**.

Критерии оценивания	Количество баллов
Выполнены расчёты разности потенциалов	0...9 0 – расчеты не выполнены. Расчеты для 8 из 8 сигналов не выполнены или выполнены неправильно; 1 – все расчеты выполнены для 1-5 из 8 сигналов. Расчеты для 3 – 7 из 8 сигналов не выполнены или выполнены неправильно; 3 – все расчеты выполнены для 6 из 8 сигналов. Расчеты для 2 из 8 сигналов не выполнены или выполнены неправильно; 7 – расчеты выполнены для 7 из 8 сигналов. Расчет для 1 из 8 сигналов не выполнен или выполнен неправильно; 9 – все расчеты выполнены (для 8 сигналов). Все расчеты для 8 сигналов выполнены правильно.
Выполнены расчёты коэффициента усиления	0...9 0 – расчеты не выполнены. Расчеты коэффициента усиления для 8 из 8 сигналов не выполнены или выполнены неправильно; 1 – все расчеты выполнены для 1-5 из 8 сигналов. Расчеты коэффициента усиления выполнены правильно для 1-5 из 8 сигналов. Расчеты коэффициента усиления для 3 – 7 из 8 сигналов не выполнены или выполнены неправильно; 3 – все расчеты выполнены для 6 из 8 сигналов. Расчеты коэффициента усиления выполнены правильно для 6 из 8 сигналов.

	<p>Расчеты коэффициента усиления для 2 из 8 сигналов не выполнены или выполнены неправильно;</p> <p>7 – расчеты выполнены для 7 из 8 сигналов. Расчеты коэффициента усиления выполнены правильно для 7 из 8 сигналов. Расчеты коэффициента усиления для 1 из 8 сигналов не выполнены или выполнены неправильно;</p> <p>9 – все расчеты выполнены (для 8 сигналов). Расчеты коэффициента усиления выполнены правильно для 8 из 8 сигналов.</p>
<p>Правильно сделана и заполнена таблица</p>	<p>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). В таблице есть верные характеристики для 5-3 из 8 значений коэффициента усиления или амплитуды выходного сигнала. Оставшиеся 3-5 значений отсутствуют или являются неверными;</p> <p>2 – таблица сделана и не полностью заполнена (нет 2 из 8 значений коэффициента усиления или амплитуды выходного сигнала). В таблице есть верные характеристики для 6 из 8 значений коэффициента усиления или амплитуды выходного сигнала. Оставшиеся 2 значения отсутствуют или являются неверными;</p> <p>3 – таблица сделана и не полностью заполнена (нет 1 из 8 значений коэффициента усиления или амплитуды выходного сигнала). В таблице есть верные характеристики для 7 из 8 значений коэффициента усиления или амплитуды выходного сигнала. Оставшееся 1 значение отсутствует или является неверным;</p> <p>4 – таблица правильно построена и заполнена. В таблице есть верные характеристики для 8 из 8 значений коэффициента усиления и амплитуды выходного сигнала.</p>
<p>Построен график зависимости коэффициента усиления от частоты сигнала</p>	<p>0...9</p> <p>0 – график не построен. График не построен или построен неверно (не соответствует экспериментальным данным). График построен в соответствии с экспериментальными данными. Одна или обе оси не подписаны и масштаб на одной или обеих осях неверный;</p> <p>1 – график построен, масштаб на осях неверный. График построен в соответствии с экспериментальными данными. Обе оси подписаны. Масштаб на обеих осях или на одной из осей неверный;</p> <p>7 – график построен правильно, оси не подписаны. График построен в соответствии с экспериментальными данными. Масштаб на обеих осях верный. Одна или обе оси не подписаны;</p> <p>9 – график построен правильно. График построен в соответствии с экспериментальными данными. Обе оси подписаны. Масштаб на обеих осях верный.</p>
<p>Найдены границы полосы пропускания усилителя и определено максимальное значение коэффициента усиления усилителя электрокардиографа</p>	<p>0...9</p> <p>0 – не найдены границы полосы пропускания и не определено максимальное значение коэффициента усиления. Границы полосы пропускания не найдены или найдены неправильно. Максимальное значение коэффициента усиления не определено или определено неправильно;</p> <p>1 – не найдены границы полосы пропускания, но правильно определено максимальное значение коэффициента усиления. Границы полосы пропускания не найдены или найдены неправильно. Максимальное значение коэффициента усиления определено</p>

	неправильно; 2 – границы полосы пропускания найдены неправильно, но правильно определено максимальное значение коэффициента усиления. Границы полосы пропускания найдены правильно. Максимальное значение коэффициента усиления не определено или определено неправильно; 9 – найдены границы полосы пропускания усилителя и определено максимальное значение коэффициента усиления. Границы полосы пропускания найдены правильно. Максимальное значение коэффициента усиления определено правильно.
Итого максимально за выполнение задания части 1	<b>40</b>

## ЧАСТЬ 2.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРА СОЛИ ХЛОРИДА НАТРИЯ

Целью данного задания является определение концентрации раствора хлорида натрия, применяемого для снижения переходного сопротивления электрод-кожа при регистрации электрокардиограммы.

Для выполнения этого задания необходимо обратить внимание школьников на зависимость коэффициента преломления от концентрации раствора. Эта зависимость очевидна уже из экспериментальных данных задания части 2, указанных в таблице для концентраций 5, 10 и 20%.

Сначала для каждого раствора необходимо рассчитать среднее значение показателя преломления ( $\bar{n}$ ) и записать данные в таблицу (рис. 4). Расчеты рекомендуется проводить с помощью программы MS Excel. Но можно провести расчеты и с помощью калькулятора.

	E	F	G	H	I
<b>ВАРИАНТ № ...</b>					
<b>Иванов Иван сергеевич</b>					
<b>Школа № ...</b>					
<b>ЧАСТЬ 2</b>					
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	
$\bar{n}$	1,3399	1,3478	1,3644	1,3460	
$\Delta n$					

Рис. 5. В таблицу с экспериментальными введены (и посчитаны в MS Excel) значения коэффициента преломления.



Далее необходимо рассчитать абсолютную погрешность измерений и записать результаты в таблицу. Если расчеты проводились в программе MS Excel, то таблица будет выглядеть как на рис. 6А, если расчеты проводились с помощью калькулятора, то таблица будет выглядеть как на рис. 6Б.

<b>А</b>				
С, %	5	10	20	х
$n_1$	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
$\bar{n}$	1,3399	1,3478	1,3644	1,3460
$\Delta\bar{n}$	6,66667E-05	0,000167	6,66667E-05	0,000111111

<b>Б</b>				
С, %	5	10	20	х
$n_1$	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
$\bar{n}$	1,3399	1,3478	1,3644	1,3460
$\Delta\bar{n}$	0,00007	0,00017	0,00007	0,00011

Рис. 6. Заполненные таблицы с правильно рассчитанными данными в MS Excel (А) или с помощью калькулятора (Б).

Для построения графика участник должен использовать программу.

Рассчитанные данные заносятся в таблицу. Желательно (но необязательно) расчеты проводить с помощью программы MS Excel (рис. 2).

После получения всех необходимых данных участнику необходимо в соответствующей программе (MS Excel, Google table или аналогичные) построить график зависимости коэффициента преломления от концентрации раствора.

График будет выглядеть также, как и на рис.7. Экспериментальная прямая обозначена чёрным цветом. Необходимо, чтобы график и оси на нем были подписаны и указаны единицы измерения. Оси допускается подписать как текстом (рис. 7), так и соответствующими символами.

График необходимо построить с учетом рассчитанных погрешностей. В данном случае погрешности малы и незаметны на графике, поэтому обозначены красным цветом. Если участник не может использовать соответствующую программу для указания погрешностей на графике, то допускается их обозначение средствами рисования, но с сохранением порядка величины.

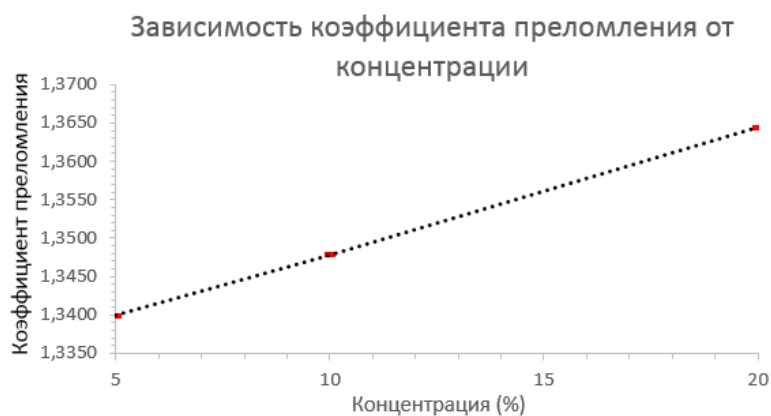


Рис. 7. График зависимости коэффициента преломления от концентрации.

Далее по графику с помощью среднего значения показателя преломления неизвестного раствора  $x$  определяется его концентрация  $C_x$ . Для этого необходимо обозначить среднее значение показателя преломления неизвестного раствора в виде прямой линии для всех концентраций (синяя пунктирная линия на рис. 8). Далее необходимо с помощью дополнительной вертикальной линии (красная пунктирная линия на рис. 8) найти искомое значение. Необходимо отметить, что использование линий различных цветов при выполнении этого задания желательно, но необязательно.

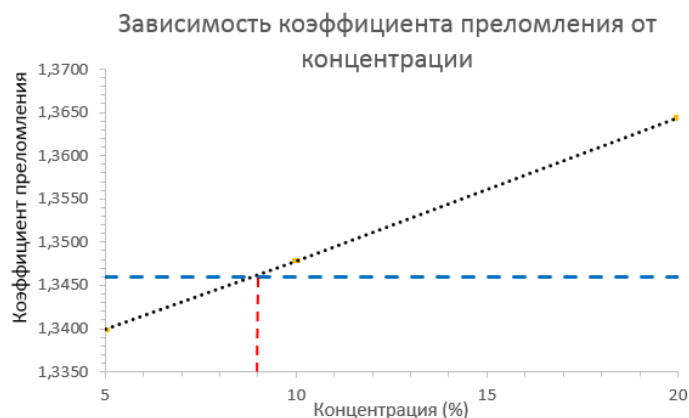


Рис. 8. График зависимости коэффициента преломления от концентрации и определение концентрации неизвестного раствора.

Из графика (рис. 8) очевидно, что концентрация неизвестного раствора равна **9%**. Это необходимо указать в выводе (рис. 9).

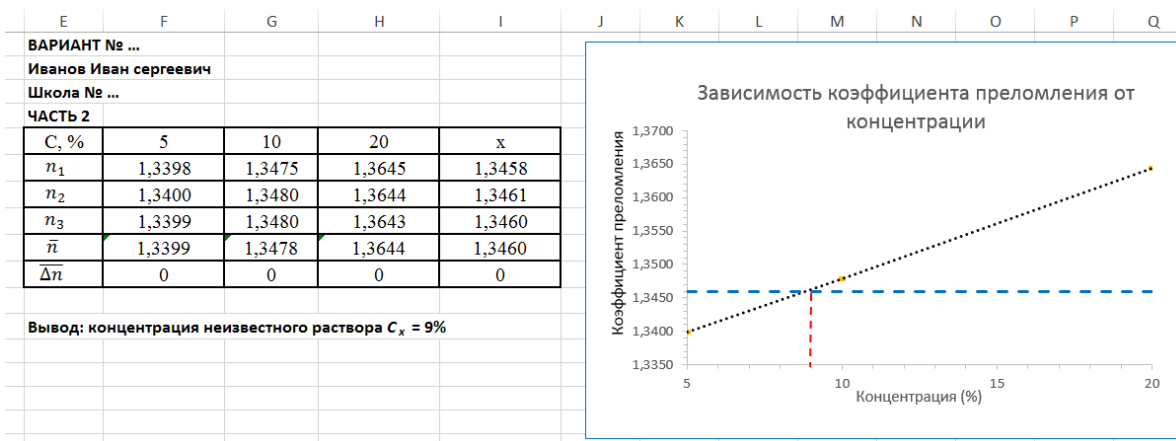


Рис. 9. Результаты выполнения заданий части 2.

При выполнении задания части 2 «Химические и физико-химические методы анализа» будут применяться **критерии оценивания**, представленные в таблице ниже. Здесь же даны **пояснения** к критериям и указания на возможные **ошибки**.

Критерии оценивания	Количество баллов
Правильно построен график	<p>0...10</p> <p>0 – график не построен. График не построен или построен неверно (не соответствует экспериментальным данным). График построен в соответствии с экспериментальными данными. Одна или обе оси не подписаны <b>и</b> масштаб на одной или обеих осях неверный;</p> <p>1 – график построен, масштаб на осях неверный. График построен, масштаб на осях неверный. График построен в соответствии с экспериментальными данными. Обе оси подписаны. Масштаб на обеих осях или на одной из осей неверный;</p> <p>8 – график построен правильно, оси не подписаны. График построен правильно, оси не подписаны. График построен в соответствии с экспериментальными данными. Масштаб на обеих осях верный. Одна или обе оси не подписаны;</p> <p>10 – график построен правильно. График построен в соответствии с экспериментальными данными. Обе оси подписаны. Масштаб на обеих осях верный.</p>
Правильно определена средняя концентрация раствора соли	<p>0...7</p> <p>0 – средняя концентрация раствора соли не определена или определена неправильно;</p>

	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	<b>20</b>

### ЧАСТЬ 3.

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ КРОНШТЕЙНА УСИЛИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФА

Целью данного задания является моделирование кронштейна, который удерживает провода усилителя электрокардиографа.

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

Необходимо построить 3D-модель детали «кронштейн», используя полученный чертёж. Чертеж содержит фронтальный вид (вид спереди), вид сверху, вид слева (содержит разрез детали), изометрическую проекцию детали. Обратите внимание на чертеже, расставлены все габаритные размеры детали, необходимые для моделирования. На чертеже кроме гладких отверстий, присутствует резьбовое отверстие (в данной детали резьба метрическая «М6»). У резьбового отверстия есть «заходная фаска», в данной детали она равна  $1 \times 45^\circ$ .

Построение 3D-модели детали «кронштейн» может быть осуществлено любым удобным способом для школьника. Главное, чтобы в процессе моделирования присутствовало «дерево конструирования» (рис. 10, выделено красным прямоугольником).

Например, ниже описан один из вариантов построения детали:

1. На плоскости ху был построен эскиз прямоугольника (эскиз 1) с соответствующими размерами  $32 \times 36$  мм. Элементы эскиза должны быть закреплены на плоскости относительно начала координат.
2. Применен инструмент «выдавливание» этого эскиза (эскиз 1) на 28 мм.
3. На плоскости полученного твердого тела был создан эскиз прямоугольника (эскиз 2) с размерами  $8 \times 30$  мм и с привязкой к существующему телу детали.

4. К эскизу 2 применен инструмент «выдавливание» с встроенной функцией «удаление материала» на толщину данной детали 28 мм.
5. Применен инструмент «зеркальное отражение» предыдущего «выдавливания» (пункт 4) относительно плоскости  $yz$ .
6. Создан эскиз окружности диаметром 10 мм (эскиз 3) на плоскости тела детали.
7. К эскизу 3 применен инструмент «выдавливание» с встроенной функцией «удаление материала» на толщину данной детали 28 мм. Данный пункт можно было также выполнить инструментом «отверстие» без выполнения пункта 6.
8. Создан эскиз точки (эскиз 5) с привязкой положения резьбового отверстия на верхней плоскости детали.
9. К эскизу 5 применен инструмент «отверстие» с указанием параметров: тип - резьбовое отверстие, тип резьбы – ISO метрическая, размер – 6, ограничение – до поверхности гладкого отверстия диаметром 10 мм.
10. Создан эскиз (эскиз 4) с симметричными относительно плоскости  $yz$  двумя окружностями диаметром 5 мм.
11. К эскизу 4 применен инструмент «выдавливание» с встроенной функцией «удаление материала» на толщину данной детали 10 мм. Данный пункт можно было также выполнить инструментом отверстие без выполнения пункта 10.
12. Применен инструмент «фаска» к резьбовому отверстию в данной детали, она равна  $1 \times 45^\circ$ .
13. Деталь «кронштейн» построена.

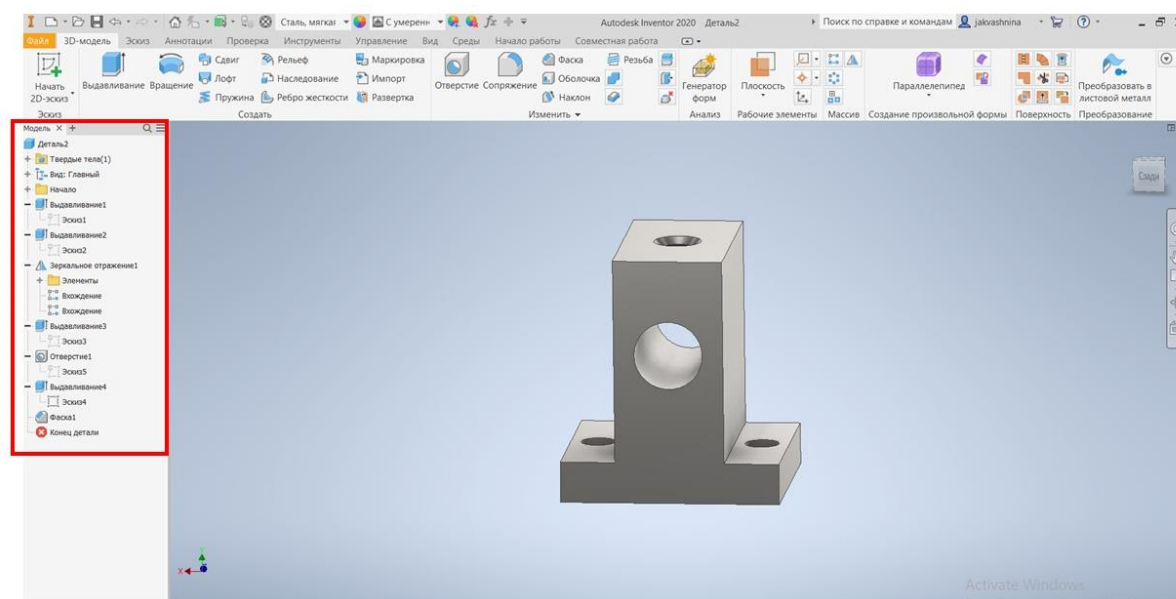


Рис. 10. Результат выполнения задания части 3. Красным прямоугольником выделено «дерево конструирования».

Сохраните полученную модель в формате используемым САПР (\*.ipt, \*.f3d и , и др.). Дополнительно сохраните полученную модель в формате \*.step. Сделайте скриншот экрана с построенной моделью и ее «деревом конструирования», например, как на рисунке 10. Сохраните скриншот в формате JPEG. Предоставьте на проверку все полученные и сохраненные файлы.

При выполнении задания части 3 «3D-моделирование» будут применяться **критерии оценивания**, представленные в таблице ниже. Здесь же даны **пояснения** к критериям и указания на возможные **ошибки**.

<b>Критерии оценивания</b>	<b>Количество баллов</b>
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 предоставлен; 3 – файл предоставлен.
Итого максимально за выполнение задания части 3	<b>20</b>
<b>Итого максимально за билет</b>	<b>60</b>