## ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ "МИСиС"

# ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ДЕМОВАРИАНТА КОНКУРСНЫХ ЗАДАНИЙ ПРАКТИЧЕСКОГО ЭТАЖА ПО НАПРАВЛЕНИЮ «КОНСТРУИРОВАНИЕ» В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL

Авторы: к.т.н. доц. каф. ГОТиМ Губанов С.Г.

Москва, 2022

## Содержание

1. Спецификация конкурсных материалов для проведения практического
этапа Московского конкурса межпредметных навыков и знаний
«Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» в номинации «Инженерный
<i>класс»</i> по направлению <i>«Конструкторское проектирование»</i>
2. Обобщённый план конкурсных материалов для проведения
практического этапа Конкурса4
3. Демонстрационный вариант конкурсных заданий практического этапа
Конкурса6
4. Критерии снижения оценки выполненных заданий 10
5. Решение заданий демоварианта в программном комплексе Autodesk
Inventor Professional11
6. Список источников информации 42

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

#### проектирование»

#### 1.1 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.

#### 1.2. Условия проведения

Практический этап Конкурса проводится в очной и очной дистанционной форме. При выполнении работы обеспечивается строгое соблюдение порядка организации и проведения Конкурса. Задания экзаменационного билета практического этапа конкурса можно выполнять с использованием следующих **САD-систем** и их версий:

- Autodesk Fusion 360;
- Autodesk Inventor (версии 2019-2022);
- SolidWorks (версии 2020–2022);
- **Компас 3D** (версии 2017, 2020).

#### 1.3. Продолжительность выполнения

На выполнение заданий практического этапа Конкурса отводится *<90>* минут.

#### 1.4. Содержание и структура

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

Индивидуальный вариант участника формируется автоматически во время проведения практического этапа Конкурса предпрофессиональных умений из базы конкурсных заданий.

Индивидуальный вариант участника включает 4 задания, базирующихся на содержании элективных курсов элективных курсов 3Dмоделирование; Технологии современного производства.

#### 1.5. Система оценивания

Задание считается выполненным, если ответ участника совпал с эталоном. Каждое задание оценивается от *10 до 20 баллов*. Максимальный балл за выполнение всех заданий – 60 баллов. Для получения максимального балла за *практический* этап Конкурса необходимо дать верные ответы на все задания.

#### 1.6. Приложения

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

2. Демонстрационный вариант конкурсных заданий *практического* этапа Конкурса.

№ задания	Уровень сложности	Темы элективного(ых) курса(ов)	Контролируемые требования к проверяемым умениям	Балл
1.			Создать	10
		Создание твердых тел	трехмерную	
	базовый	и определение их	модель по	
		свойств	предоставленным	
			эскизам.	

## 2. Обобщённый план конкурсных материалов для проведения практического этапа Конкурса

			Назначить ей	
			указанный	
			материал и	
			определить ее	
			массу	
2.			Выполнить	15
			редактирование	
			существующей	
			трехмерной	
	11 0 01 11 10 11 11 M	определение их свойств	модели.	
	повышенный		Назначить ей	
			указанный	
			материал и	
			определить ее	
			массу	
3.			Выполнить	15
			создание	
			трехмерной	
	11 0 01 11 10 11 11 M	Создание твердых тел и	модели по	
	повышенный	определение их своиств	заданному	
			рисунку с	
			размерами.	
			выполнить	
			Создать сборку по	25
			рисунку и	20
A		Сорнания сборон	предоставленным	
4.	высокии	создание соорок	компонентам. В	
		деталеи	созданной сборке	
			должно	

	Сумма баллов:	60
	пересечения	
	взаимного	
	недолжно быть их	
	закрепленных) и	
	(кроме	
	компонентов	
	движение всех	
	осуществлять	

## 3. Демонстрационный вариант конкурсных заданий *практического* этапа Конкурса

# Пример состава задания практического этапа Конкурса «Построение и редактирование трехмерных моделей»)

Для формирования ответов вам необходимо сохранить все файлы программы, с которыми вы работали. Подписать их в виде: ВашаФамилия\_1, (например Иванов\_1), создать текстовый файл с числовыми ответами и сохранить его. После этого необходимо собрать все файлы в zip или гаг архив, который подписываем в виде: ВашаФамилия\_1, (например, Иванов\_1).

 Уровень сложности. Б Открыть файл Create 1. Методом «по сечениям» (лофт) создать трехмерную модель используя элементы Эскиз 1 и Эскиз 2. Используя элементы Эскиз 3 и Эскиз 4, создать вырез на трехмерной модели (Рекомендовано использовать метод «смещения по траектории» (сдвиг).
 Зеркально отразить вырез на трехмерной модели. Назначить трехмерной модели материал (представлен в таблице 1) и определить ее массу. Пример выполнения задания представлен на рисунке 1. -10 баллов

2 Уровень сложности. П Открыть файл *Modify 1*. Увеличить диаметр отверстий на 6мм. Создать оболочку толщиной 10мм из исходной модели.

Создать скругления с радиусом **4мм** на всех внешних кромках корпуса модели. Назначить трехмерной модели материал (представлен в таблице 1) и определить ее массу. Пример выполнения задания представлен на рисунке 2. -15 баллов.

**2** Уровень сложности. П Создать трехмерную модель согласно рисунку 3. Назначить трехмерной модели материал (представлен в таблице 1) и определить ее массу. -15 баллов.

3 Уровень сложности. В Открыть файл Assemble 1 (или набор файлов). Создать сборку по рисунку и предоставленным компонентам. В созданной сборке неподвижно только базовое звено (стойка). Все остальные звенья подвижны и должны иметь хотя бы 1 степень свободы относительно ведущего звена, а наложенные на них ограничения должны обеспечивать возможность однозначного перемещения всех подвижных звеньев. Пересечений звеньев быть не должно. Пример выполнения задания представлен на рисунке 4. - 20 баллов

Таблица 1

CAD-	Задание 1	Задание 2	Задание 3
система\Материал			
Autodesk Fusion	Aluminum 5052-	Iron, Cast	Steel AISI 1006 85
360	0		HR
Autodesk Inventor	Алюминий	Чугун,	Steel AISI 1006 85
	5052-О	литейный	горячекатаная
SolidWorks	Сталь AISI 1020	Сталь ASTM	Легированная сталь
		A36	
Компас 3D	Сталь 40Х	Алюминиевый	Сталь 45
		сплав Д16	



Рисунок 2



Рисунок 3



Рисунок 4

4. Критерии снижен	ия оценки выполненных заданий
--------------------	-------------------------------

Критерий	Количество
	снижаемых
	баллов
Неправильно задан материал трехмерной модели	2
Неправильно определена масса трехмерной модели	2
При создании трехмерной модели были использованы	2
инструменты, применение которых не требовалось при	
создании этой модели (Применение инструмента	
перемещения, создание лишних эскизов и т.д.)	
Неправильно применены эскизы для создания трехмерной	5
модели	
Неправильной применены инструменты создания	5
трехмерной модели	
Неправильно применены инструменты редактирования	5
трехмерной модели	
Созданная трехмерная модель не соответствует рисунку в	5-10
задании	
Неправильно созданы зависимости и заданы типы движений	10
сборки	
Компоненты сборки пересекают друг друга	5

## 5. Решение заданий демоварианта в программном комплексе Autodesk Inventor Professional

Для начала выполнения заданий необходимо скачать и загрузить в *Autodesk Inventor Professional* исходные файлы. В левом верхнем углу экрана на панели инструментов быстрого доступа щелкаем левой клавишей мыши по кнопке *Открыть*, так же можно на панели запуск нажать кнопку *Открыть* (рисунок 5).



Рисунок 5

После нажатия на кнопку необходимо в открывшемся окне перейти к папке, в которой расположены файлы и выбрать файл, который необходимо открыть для задания (рисунок 6).

Э Библиотеки	<u>П</u> апка: <mark></mark> Inventor	<ul> <li>O Ø Ø 🛤 🗔 •</li> </ul>	
Content Center Files	Имя Assemble 1 Create 1 Modify 1	Дата изменения 01.03.2022 10:50 28.02.2022 15:49 28.02.2022 15:49	Тип Папка с файлами Деталь Autodesk I. Деталь Autodesk I.
Проснотр невозможен	Имя файла: <u>Т</u> ип файлов: Файлы Autodesk Inve	ntor (*.ipt;*.ide;*.iam;*.ipn;*.dwg;*.idw)	×

Рисунок 6

После открытия файла включаем видимость у Эскиз 1 и Эскиз 2 (рисунок 7).



Рисунок 7

Выбираем инструмент Лофт (рисунок 8).



Рисунок 8

После этого выбираем два эскиза, у которых включили видимость и нажимаем *ОК* (рисунок 9).



Рисунок 9

Включаем видимость Эскиза 3 и Эскиза 4 (рисунок 10).





Выбираем инструмент Сдвиг (рисунок 11).



Рисунок 11

Программа автоматически выбирает профиль сдвига, нам остаётся выбрать путь, по которому он пройдёт. Выбираем логический вывод *Вычитание* и нажимаем *ОК* (рисунок 12).

• Последнии	использованный + +	0	2.5	1	
<ul> <li>Геометрия в</li> </ul>	вода				
Профили	🖻 Профиль 1	5		1	
Путь	$\sim$ Кривая 1	0		1	
♥ Режим					
Ориентация	Hy Hy D	÷.			
Конус	0 град				
Закручивание	0 град	*		4	
▼ Вывод					
Логическое	🖀 🖪 🔿 🛒				
Дополнител	ьные свойства			1	
ОК	Отмена	+		1	
				1	$\lambda$ $\lambda$
		and the second			
					AL 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

Рисунок 12

Выбираем инструмент Зеркальное отражение (рисунок 13).



Рисунок 13

Созданный ранее вырез, выбираем как элемент отзеркаливания и как плоскость симметрии выбираем *Плоскость XY*, нажимаем *OK* (рисунок 14).



Рисунок 14

Закончив создание модели, необходимо назначить материал, указанный в задании *Алюминий 5052-О*. Материалы используются из *библиотеки Autodesk* (рисунок 15).

3	- 🗁 🖶 🖘 - 🔿 - 🟠 - 🔜 - 😌 🚫 Алюминий 5 🔹	-	9
	Алюминий 3105-Н14		Уп
- 40	Алюминий 3105-Н16	ľ	
1	Алюминий 3105-Н18		40
a	Алюминий 3105-О	L	
5	Алюминий 5005		
8	Алюминий 5005-Н12	I.	_
	Алюминий 5005-Н14		
t	Алюминий 5005-Н16		
q	Алюминий 5005-Н18		
E	Алюминий 5005-Н38		
И	Алюминий 5005-О		
ð	Алюминий 5052		
	Алюминий 5052-Н34		
	Алюминий 5052-Н36		
	Алюминий 5052-Н38		
	Алюминий 5052-0		
	Алюминий 5052 Н32	1	
,	Алюминий 5083 87, холодной штамповки		
	Алюминий 5454 0, холодной штамповки		
	Алюминий 6061		
4	Алюминий 6061-АНС		
q	Алюминий 6061-О		
q	Алюминий 6061 Тб 0, холодной штамповки		
q	Алюминий 6061 Тб 80, горячей штамповки		
4	Алюминий 6061, сварочный		
	Алюминий 7075		
q	Алюминий 7175 Т73, горячей штамповки		
	Алюминий, анодированный бронзовый		
	Алюминий, анодированный красный		
	Алюминий, анодированный серебристый		
	Алюминий, анодированный синий		
	Избранное		
	✔ Библиотека материалов Autodesk		
I	Библиотека материалов Inventor	1	
1			

Рисунок 15

После назначения материала необходимо открыть *свойства Inventor*, для этого нажимаем правой кнопкой мыши по телу в дереве модели и выбираем строку свойств (рисунок 16).





Открываем вкладку *Физические*, нажимаем кнопку обновить и записываем массу нашей детали (рисунок 17).

Свойства Inventor Create	1 (Главный)	8
Общие Документ Проект	Статус Прочие Сохранить	Физические
<u>Т</u> вердые тела		
Деталь	. ~	Об <u>н</u> овить
Материал		Буфер обмена
Алюминий 5052-О	~	
Плотность	Требуемая точность	
2,683 r/cm^3	Низкое	
Общие свойства	100,000.0	
1000	Пенто таже	сти
Macca 1 560 KE (OTH	сит X -0.000 мм (О	THOOK
1,000 10 (0110		
Площ. 47293,521 мм	2 (C Y 32,838 MM (C	тноси
<u>О</u> бъем 581435,620 мм	^3 ( 🔜 Z -0,000 MM (O	тноси
Инерционные свойства		
<u>Г</u> лавные	Общее	нтр тяжести
Главные моменты		
I1 2620,444 кг мм I	12 2387,204 кг мм I3 149	6,085 кг мм
Поворот осей		
Rx -0.00 рад (Отн R	v 0.01 рад (Отнс Вл0.0	0 рад (Отн
Teles beer (e.m.)	., <u></u> ,	C FOR ATAN

Рисунок 17

Переходим к выполнению второго задания. Открываем файл,

указанный в задании. Выбираем инструмент Преобразование (рисунок 18).



Рисунок 18

Выбираем оба отверстия, переключаемся на изменение размера

геометрии, смещаем стрелку для появления окна поля ввода размера.

Обратите внимание на то, что нужно увеличить диаметр на *6 мм*, поэтому в поле ввода размера необходимо указывать радиус (рисунок 19). Для подтверждения изменений нажимаем клавишу *Enter*.



Размер 19

Выбираем инструмент Оболочка (рисунок 20).



Рисунок 20

Выбираем боковую грань и вводим значение толщины оболочки 10 мм

(рисунок 21), для подтверждения операции нажимаем кнопку ОК.





Выбираем инструмент Сопряжение, для создания скруглений с

заданным радиусом (рисунок 22).



Рисунок 22

Выбираем все внешние грани нашей модели и указываем заданный радиус скругления в *4 мм* (рисунок 23).



Рисунок 23

Назначаем материал *Чугун, литейный* и записываем массу модели (рисунок 24).

Общие Документ Про	ект Статус Проч	ние Сохран	ить Физические	
<u>Т</u> вердые тела				
Деталь			Обновить	
Мате <u>р</u> иал			Буфер обмена	
Чугун, литейный			~	
Плотность	Требуемая то	чность		
7,150 г/см	^3 Низкое		v .	
Общие <mark>сво</mark> йства				
		Центр	тяжести	
М <u>а</u> сса 6,425 кг (	Относит	Х 0,000 м	м (Относит	
Плош. 186566.65	1 MM^2 (	Y 0.000 M	м (Относит	
<u>О</u> бъем 898534,54	ł7 мм^3 ( 🔤	Z 32,615	мм (Относи	
Инерционные свойства				
Главные	Ofmee		Пенто тожести	
Главные моменть			Benbuween	
II 14626 552 кг м	12 44863 970	KEM IS	51509 886 KE M	
Поворот осей	12 11000,570	10 10		
Ry 0.00 pag (OTH	Py 0.00 pag ((		0.00 pag (Отыс	
	10,00 pag (0		oyoo pag (orne	

Рисунок 24

Переходим к выполнению третьего задания. В задании нам необходимо создать трёхмерную модель по представленному изображению (рисунок 25). Открываем новый файл и в нём создаём модель.



Рисунок 25

Создаём эскиз на плоскости YZ (рисунок 26).



Рисунок 26

Создаём эскиз боковой стороны основания модели (рисунок 27).



Рисунок 27

Выдавливаем созданный эскиз на толщину 28 мм (рисунок 28).

ойства 🗙 🕂	• F	$\equiv$	
Выдавливание	• > Эскиз1	0	
Геометрия в	звода		
Профили	🖻 Профиль 1	0	
Οτ	🕅 🖉 Плоскость эск	I	
Режим			46
Направление	N 🖌 🗡 🖌	Ŧ	i >
Расстояние А	28 MM	1	48.00
• Вывод			10
Имя тела	Твердое тело1		28 MM
Дополнител	ьные <mark>свойства</mark>		
ОК	Отмена	+	~
ОК	Отмена	+	

Рисунок 28

Создаём эскиз на верхней плоскости модели (рисунок 29).



Рисунок 29

Принимаем эскиз и выбираем инструмент Выдавливание (рисунок 30).



Рисунок 30



Выдавливаем окружность на 24 мм (рисунок 31).

Рисунок 31

После использования инструмента выдавливания необходимо включить видимость эскиза, который мы использовали для выдавливания (рисунок 32).



Рисунок 31

Используя инструмент выдавливание, выдавливаем эскиз насквозь (рисунок 32).



Рисунок 32

Создаём эскиз на верхней плоскости цилиндра (рисунок 33).



Рисунок 33

Принимаем эскиз и выдавливанием срезаем лишние элементы. Начинаем с выреза слева (рисунок 34). Выбираем нужную часть и вводим параметры для выдавливания.



Рисунок 34

Принимаем выдавливание и не забываем включить видимость эскиза.

Выбираем центральное отверстие и выдавливаем его насквозь (рисунок 35).



Рисунок 35

Выбираем последний элемент созданного эскиза и выдавливаем его на *12 мм*, срезая часть модели (рисунок 36).



Рисунок 36

После завершения моделирования назначаем материал согласно заданию, Steel AISI 1006 85, горячекатаная и записываем массу созданной модели (рисунок 37).

T	Tipoent o	aryc npo	and the	sxponni b		
Леталь					Обновить	
Материал						
CTARE AIST 1006 8	5 ronguekat	анад		~	Буфер обмена	
	т, горячекат	опан	HOCT			
7.8	1+ 72 c/cm^3 +	накае	MHUCIB			
Общие свойства	21/01 5	NOC				
<u>О</u> бъем 166 Инерционные св	58,54 <mark>3</mark> мм^3 ( ойства	<u>c</u>	z2	8,109 MM (	(Отноа	
<u>Г</u> лавные		Об <u>щ</u> ее		Ц	ентр тяжести	
Главные м	оменты					
I1 30,163 кг	мм^: I2	30,838 кг	мм^:	I3 <u>17</u> ,	097 кг мм^:	
Rx 0,31 град	(Oth Ry	0,00 град	(Отн	Rz 0,0	10 град (Отн	-



Переходим к 4 заданию. По заданию нам необходимо выполнить сборку представленных компонентов так, чтобы сборка выполняла правильные движения и не было пересечений компонентов.

Открываем файл сборки *Assemble 1.iam* (рисунок 38).



Рисунок 38

Для создания сборки будем использовать инструмент *Соединение* (рисунок 39).



Рисунок 39

Выбираем *lever1*, как показано на рисунке 40.





Выбираем *Plat*, как показано на рисунке 41.



Рисунок 41

Проверяем что тип движения указан С поворотом (рисунок 42).

Соединение Пределы	~ HHH
Тип ДП С поворотом	
(+) Зазор 0.000 мм	Выравн. <u>1</u> 21 <u>1</u> 22 2
Имя	Анимация
<u>;</u> ]	ОК. Отмена Применить
~	

Рисунок 42

Следующим шагом выбираем место соединения *lever2* (рисунок 43).



Рисунок 43

Выбираем место крепление *lever1* (рисунок 44).



## Рисунок 44

После соединения *lever2* и *lever1* указываем тип соединения *С поворотом* (рисунок 45).

Тип		Соединение
С поворотом	~	🏝 🕸 🖓 🗆 🛱
( <del>)</del> () Зазор		Выравн.
0,000 MM	•	<u>\$1</u> <u>\$1</u> <u>\$1</u> <u>\$</u>
Имя		Анимация
		🕨 🗹 Автовоспроизведение

Рисунок 45

Следующим шагом соединяем *piston* и *lever2*, места соединения указаны на рисунках 46 и 47.



Рисунок 46

Рисунок 47

## Тип соединения указываем С поворотом (рисунок 48).

Тип		Соединение
Д С поворотом	~	
( <del>)</del> () Зазор		Выравн.
0,000 MM	Þ	<u><u><u></u></u><u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u></u></u>
Имя		Анимация
		🕨 🗹 Автовоспроизведение

Рисунок 48

Следующим шагом соединяем *Piston* и *Plat.* На рисунках 49 и 50 указаны места соединения компонентов.



 Рисунок 49
 Рисунок 50

 Тип соединения указываем Ползун (рисунок 51).

Соединение Пределы	
Тип	Соединение
🗳 Ползун 🗸 🗸	🐴 1 🐴 2 🛊 🗆 🗊
(€() 3asop	Выравн.
Имя	Анимация
•	

Рисунок 51

После соединения необходимо произвести выравнивание.



Рисунок 52

Рисунок 53

После сборки необходимо создать набор контактов для следующих компонентов: *lever2, piston*. Для этого зажав клавишу *Ctrl* выделяем эти компоненты в браузере модели. Следующим шагом нажимаем правую

кнопку мыши на одном из компонентов и в выпадающем списке выбираем

Набор контактов (рисунок 54).



Рисунок 54

Мы создали набор контактов. Для включения контактов переходим на вкладку *Проверка*. И активируем *Анализ контактов* (рисунок 55).



Рисунок 55

После выполнения всех заданий необходимо проверить, что в папке, которую вы создали ранее, есть текстовый файл с числовыми ответами и 4 модели с выполненными заданиями.

Если практическая часть конкурса проходит очно, то члены комиссии проверяют ответы и скачивают модели для проверки.

Если экзамен проводится дистанционно, то вам необходимо архивировать эту папку и загрузить в систему, в которой вам был предоставлен билет.

#### 6. Список источников информации

 Применение современных инженерных инструментов для конструирования : метод. указания / А.Е. Кривенко, С.Г. Губанов, О.Л. Дербенева, В.В. Зотов. – Москва : Издательский Дом НИТУ «МИСиС», 2021. – 43 с.

2. Твердотельное моделирование в Autodesk Inventor /О.С. Киселевский – Изд. Дом «БГУИР», 2017–67 с.

3. Образовательный портал Knowledge Network.