

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

II етап Всеукраїнської студентської олімпіади з дисципліни:  
«СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТА  
КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В МАШИНОБУДУВАННІ»

**Задание 3. Проектирование билборда**

**Цель работы:** разработать приложение, автоматизирующее проектирование билборда и конструкторской документации к нему.

На рисунке 1 представлено типичное изображение билборда, на котором нанесены основные конструктивные параметры.

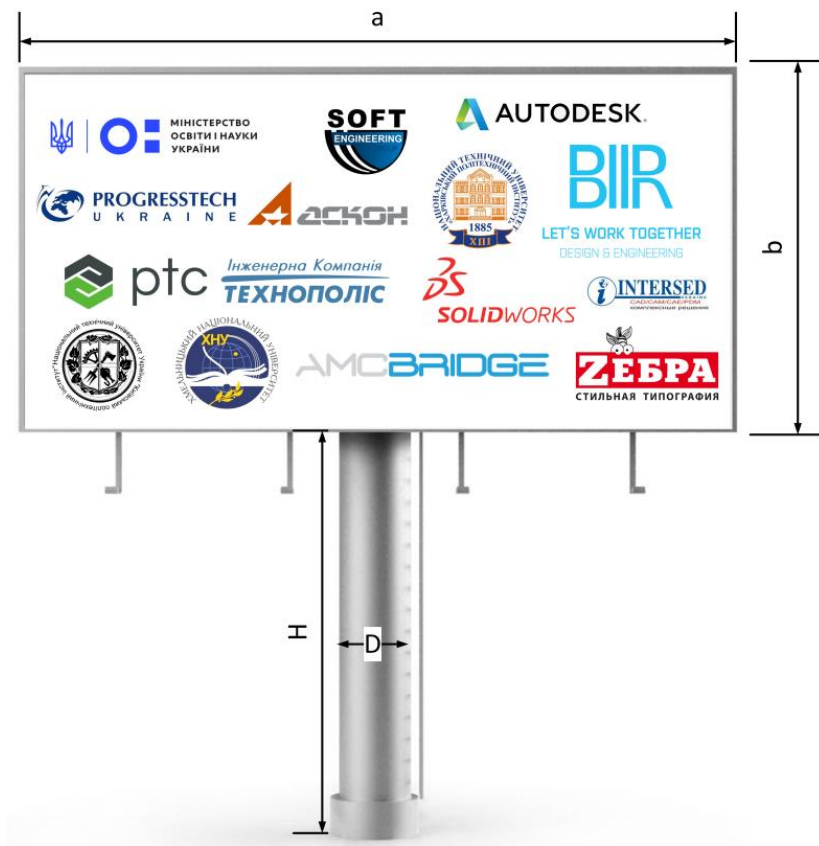


Рис.1 – Типовой билборд

**Этапы выполнения работы:**

1. Построить геометрическую модель билборда в соответствии с размерами, приведенными на эскизе, рис. 2.
2. Выполнить параметризацию модели. Основные параметры приведены на рис. 1 (параметры a, b, H, D). При параметризации следует учитывать, что максимальное расстояние между трубами в раме щита не должно превышать 1000 мм.

### Задание №3

3. Разработать программу, позволяющую:
  - перестраивать модель билборда, по указанным размерам и визуализировать результат на своей форме;
  - задать материал, из которого изготовлен каркас и опора билборда;
  - выбрать форму сечения опоры (квадрат, полый квадрат, круг, кольцо) с соответствующей перестройкой модели;
  - определить массу билборда и массу щита билборда;
  - провести расчет опоры по формулам (1) - (6), определить напряжение в опоре; первую собственную частоту;
  - для выбранного типа сечения опоры изменить геометрию опоры так, чтобы напряжения в ней были равны заданным пользователем, а частота колебаний была выше критической;
4. Построить чертеж билборда. Автоматизировать построение чертежа.
5. Создать фотореалистичное изображение билборда (рендер). Автоматизировать перестроение рендера билборда.
6. Выполнить проверку построенной модели в системе конечно-элементного анализа. Автоматизировать процесс проверки. Определить погрешность.

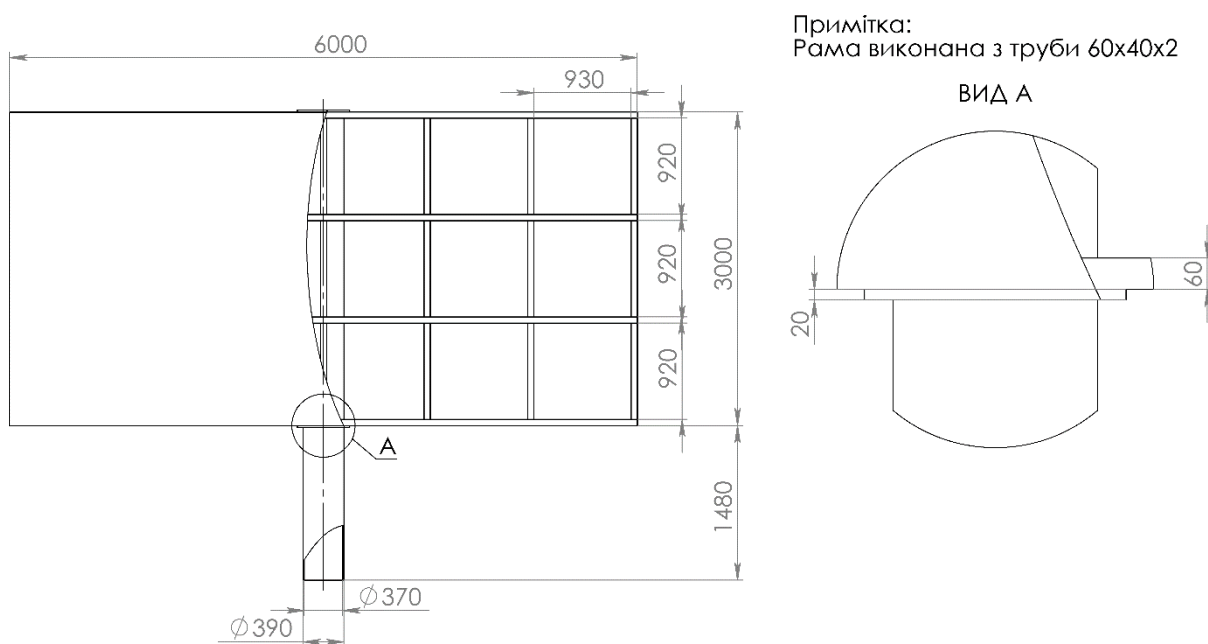


Рис. 2 – Эскиз билборда

### РАСЧЕТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ

Сила, возникающая от действия ветра определяется как:

$$F = 0.5 \rho V^2 S \cos \alpha \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность воздуха (1,2 кг/м<sup>3</sup>);

$V$  – скорость воздуха, м/с;

$S$  – площадь щита, м<sup>2</sup>;

$\alpha$  – угол между нормалью к поверхности и направлением ветра.

### Задание №3

Для определения изгибного момента используется соотношение:

$$M = H \times F \quad (2)$$

где  $H$  – высота опоры, м;  
 $F$  – сила от действия ветра, Н;

Напряжения, возникающие от изгибного момента определяются как:

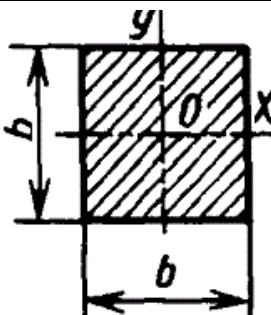
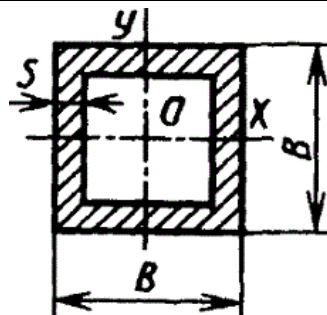
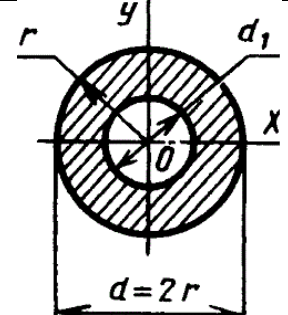
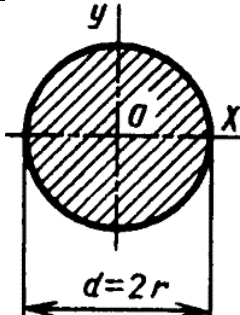
$$\sigma = M / W \quad (3)$$

где  $M$  – изгибный момент, Н\*м;  
 $W$  – момент сопротивления сечения, м<sup>3</sup>;

$$W = J_y / y_{max} \quad (4)$$

где  $J_y$  – момент инерции поперечного сечения, м<sup>4</sup>;  
 $y_{max}$  – расстояние от оси до наиболее отдаленной точки сечения, м;

Таблица 1 – Моменты инерции некоторых сечений

Прямоугольник	Пустой квадрат	Кольцо	Круг
			
$J_y = \frac{b^4}{12}$	$J_y = \frac{2}{3} B^3 s$	$J_y = \frac{\pi d^4}{64} * \left[ 1 - \left( \frac{d_1}{d} \right)^4 \right]$	$J_y = \frac{\pi d^4}{64}$

Для того, чтобы исключить возникновение резонансных колебаний от действия ветра, необходимо чтобы первая собственная частота конструкции была больше критического значения.

$$f_{кр} = \frac{0,11V}{\max(a,b)} \quad (5)$$

$$f = \sqrt{\frac{3EJ_y}{M H^3}} > f_{кр} \quad (6)$$

$f$  – первая критическая частота, Гц.

$E$  – модуль упругости, Па (для стали  $E = 2,1 \cdot 10^{11}$  Па);

$\rho$  – плотность материала, кг/м<sup>3</sup> (для стали  $\rho = 7850$  кг/м<sup>3</sup>);

$M$  – масса рамы щита, кг;

### Задание №3

При выполнении задачи, кроме основного есть дополнительные задания и уровни их реализации, за корректное выполнение, которых начисляются различные баллы. Корректное выполнение задач оценивается на основе базовых файлов (I), которые доступны участникам при выполнении заданий и тестовых файлов (II), представляемых комиссией Олимпиады по окончании. Задачи, уровни и их максимальные баллы приведены в таблице 1. Следует отметить, что за выполнение задач в «ручном режиме» без элементов автоматизации, баллы могут быть снижены

**Таблица 1.**

№	Задачи	Уровень выполнения	Баллы	
			I	II
1	Построение 3D модели		10	
2	Параметризация модели	Без учета 1000x1000	5	
		С учетом 1000x1000	10	
3	Разработка программы	Перестроение параметров	10	
		Назначение материала	5	
		Выбор типа сечения опоры	10	
		Маса билборда/щита	5	
		Расчет	5	
		Изменение геометрии по расчету	10	
4	Чертежи	“Вручную”	5	
		Автоматически	10	
5	Рендеринг	“Вручную”	5	
		Автоматически	10	
6	Расчет в системе конечно-элементного анализа	“Вручную”	5	
		Автоматически	10	