

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«Санкт-Петербургский государственный университет  
промышленных технологий и дизайна»**

**Высшая школа технологии и энергетики**

**Кафедра инженерной графики и автоматизированного проектирования**

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА**

**ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ  
ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ**

**ТЕХНИЧЕСКИЕ РАЗВЕРТКИ**

Методические указания для самостоятельной работы студентов  
всех форм обучения по направлениям подготовки:

15.03.02 — Технологические машины и оборудование

15.03.04 — Автоматизация технологических процессов  
и производств

13.03.01 — Теплоэнергетика и теплотехника

13.03.02 — Электроэнергетика и электротехника

18.03.01 — Химическая технология

18.03.02 — Энерго- и ресурсосберегающие процессы  
в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Составители:

Н. В. Евдокимов

И. В. Поротикова

Санкт-Петербург  
2024

Утверждено  
на заседании кафедры ИГАП  
06.03.2024 г., протокол № 3

Рецензент В. С. Куров

Методические указания соответствуют программам и учебным планам дисциплины «Инженерная графика» для студентов, обучающихся по направлениям подготовки: 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», 18.03.01 «Химическая технология», 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии».

Методические указания содержат варианты индивидуальных заданий к расчетно-графической работе «Пересечение поверхностей геометрических тел. Технические развертки», рекомендации по выполнению к пример выполнения типового задания.

Методические указания предназначены для студентов всех форм обучения.

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД  
в качестве методических указаний

Режим доступа: [http://publish.sutd.ru/tp\\_get\\_file.php?id=202016](http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016), по паролю.  
– Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 02.10.2024 г. Рег. № 2031/22

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД  
198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. Цель задания.....	4
2. Содержание задания.....	4
3. Общие требования к выполнению задания.....	4
4. Основные теоретические положения.....	5
5. Порядок оформления задания.....	9
6. Задания для самостоятельной работы.....	11

## ВВЕДЕНИЕ

Расчетно-графическая работа «Пересечение поверхностей геометрических тел. Технические развертки» выполняется студентами всех форм обучения следующих направлений подготовки: 15.03.02, 15.03.04, 13.03.01, 13.03.02, 18.03.01, 18.03.02.

Данная расчетно-графическая работа является заключительной работой комплексного характера по разделу «Начертательная геометрия» курса «Инженерная графика». Методические указания содержат основные теоретические положения, примеры решения типовых задач, рекомендации по выполнению задания и варианты индивидуальных работ.

### 1. ЦЕЛЬ ЗАДАНИЯ

Целью задания является научить студентов правильно вычерчивать линии перехода между различными поверхностями, строить наглядное изображение (аксонометрию) конструкций, что необходимо на начальных этапах конструирования, а также строить развертки поверхностей.

### 2. СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ

Задание выполняется в соответствии с индивидуальным вариантом, который приводится на стр.9. Вариант задания выдается преподавателем.

### 3. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ

Задание выполняется на листе формата А2 в масштабе 1:1. Основную надпись расположить вдоль длинной стороны формата.

Графические построения на чертеже выполняются карандашом, сначала в тонких линиях с последующей обводкой.

Рекомендуется использовать общепринятые в начертательной геометрии обозначения геометрических элементов.

При выполнении задания необходимо применять шрифты чертежные по ГОСТ 2.304-81 и размеры проставлять согласно ГОСТ 2.307-2011.

Все вспомогательные построения должны быть сохранены на чертеже в тонких линиях.

**ВАЖНО:** Начальные построения необходимо выполнить в тонких линиях, затем, показав преподавателю для проверки правильности построений, произвести окончательную обводку.

Рекомендуется соблюдать следующие типы линий по ГОСТ 2.303-68, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Тип линии	Применение
Сплошная толстая основная	Видимые ребра, контуры тел, контур развертки, видимые проекции линий пересечения
Штриховая	Невидимые ребра и проекции линий пересечения
Сплошная тонкая	Оси координат, линии проекционной связи, все вспомогательные линии построения
Тонкая штрихпунктирная	Оси тел
Тонкая штрихпунктирная с двумя точками	Линии сгиба на развертке

## 4. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 4.1. Построение проекций линии пересечения поверхностей двух тел

Проекция линии пересечения, полученных построениями, должны находиться в пределах общей части проекций обеих поверхностей.

Общим способом построения линии пересечения одной поверхности с другой является нахождение точек этой линии при помощи некоторых секущих поверхностей или плоскостей. Их часто называют посредниками.

Сначала следует найти так называемые «характерные» или «опорные» точки. К ним относятся:

- точки, проекции которых отделяют видимую часть проекции линии пересечения от невидимой;
- наивысшие и наинизшие точки линии пересечения по отношению к плоскости  $\pi_1$ ;
- ближайшие и наиболее удаленные по отношению к зрителю;
- крайние слева и справа на проекциях линии пересечения.

Если одна из пересекающихся поверхностей проецирующая, то задача построения линии пересечения двух поверхностей упрощается и сводится к построению недостающих проекций на одной из поверхностей по одной известной (заданной) проекции линии пересечения, так как одна из проекций линии пересечения будет совпадать со следом проецирующей поверхности.

Промежуточные или дополнительные точки определяются путем введения вспомогательных секущих плоскостей, либо сферических поверхностей,

которые используются чаще, чем цилиндрические или конические секущие поверхности.

Вспомогательные плоскости или сферы – посредники – следует выбирать так, чтобы линия их пересечения с каждой из заданных поверхностей проецировалась на плоскости проекций в виде простейших линий – прямой или окружности.

Если одна из исходных поверхностей линейчатая, то задача сводится к построению точек пересечения прямых (образующих линейчатой поверхности) со второй заданной поверхностью.

При построениях иногда применяются способы преобразования чертежа, если это упрощает и уточняет построения.

В зависимости от поставленной задачи, для решения можно применять только секущие плоскости, только секущие сферы или комбинировать их.

## 4.2. Развертки поверхностей

Построение разверток поверхностей широко применяют при конструировании различных изделий из листового материала.

**Разверткой** называют фигуру, полученную в результате совмещения поверхности тела с плоскостью.

Поверхности, которые можно совместить с плоскостью без разрывов и складок, называются **развертывающимися**.

**Разверткой многогранника** называют плоскую фигуру, состоящую из граней поверхности, совмещенных с одной плоскостью. Таким образом, построение развертки многогранника сводится к определению натуральной величины каждой грани.

Построение любой грани многогранника может быть выполнено путем разбивки ее на треугольники. Длина сторон треугольников может быть определена любым из известных методов.

Построение развертки призматической поверхности можно производить несколькими способами – нормального сечения или треугольников.

Чаще всего приходится строить приближенные развертки цилиндрических и конических поверхностей вращения. При графическом выполнении этих разверток всегда приходится производить разгибание или спрямление, что приводит к потере точности, поэтому развертка любой развертывающейся поверхности, кроме гранных, является *приближенной*.

**Развертка боковой поверхности прямого кругового цилиндра** представляет собой прямоугольник, одна из сторон которого равна длине окружности  $\pi d$  основания цилиндра, а вторая – высоте  $h$  цилиндра.

Развертка боковой поверхности прямого кругового конуса представляет собой сектор. Радиус дуги сектора равен длине  $l$  образующей конуса, а угол сектора (если  $d$  – диаметр окружности основания) определяется по формуле:

$$\alpha = \frac{180^\circ d}{l}$$

Построение сектора выполняют с разбивкой его на равные части соответственно размещению образующих на чертеже.

Положение точек на развертке находят при помощи натуральных величин отрезков от вершины конуса до соответствующих точек линии пересечения на чертеже. Это делается на основе утверждения – ***аксиомы: поверхность и ее развертку можно рассматривать как две геометрические фигуры, между точками которых установлено взаимно однозначное соответствие.*** При развертывании поверхности непрерывность ее не нарушается, не изменяется расстояние между точками поверхности и соответственно длины отрезков линий, углы между пересекающимися линиями и величины площадей фигур на поверхностях.

Практически чертеж развертки криволинейных поверхностей выполняют, ограничиваясь представлением отдельных криволинейных элементов поверхности плоскими, что равносильно принятию цилиндрической поверхности за вписанную в нее призматическую, конической – за вписанную в нее поверхность пирамиды. Способы развертки этих гранных поверхностей рассмотрены выше.

### **4.3. Разметка на развертке**

Развертывание поверхностей выполняют для проведения раскроя листового материала при изготовлении деталей или определения площади поверхностей детали, покрываемых различными материалами.

Последнее важно, как с декоративными целями, так и с целью придания поверхностям определенных свойств, например, повышенной электропроводности, а также при различных химических методах обработки поверхностей.

Технические детали, выполняемые из листового материала, требуют для своего изготовления специально развертки с соблюдением истинных размеров. При этом делают «разметку» поверхности, т.е. проставляют все размеры, необходимые для вычерчивания и получения развертки (выкройки).

Размеры проставляются в миллиметрах от выбранной базы по ГОСТ 2.307-2011.

В данных методических указаниях приводится пример построения развертки с нанесением разметки поверхности.

### **4.4. Аксонометрия**

Аксонометрическое проецирование является одним из способов построения наглядных изображений предметов на плоскости. Применяемые в отечественной конструкторской документации аксонометрические проекции стандартизированы в ГОСТ 2.317-2011.

Наглядность аксонометрических проекций зависит от выбора направления проецирования.

В данном задании целесообразно применить прямоугольную изометрическую проекцию, три показателя искажения для которой равны 0.82.

При построении осей в изометрии пользуются транспортиром или угольником с углом в  $30^\circ$ .

Процесс построения аксонометрии ускоряется, если использовать приведенные показатели искажения – в изометрии его принимают за единицу.

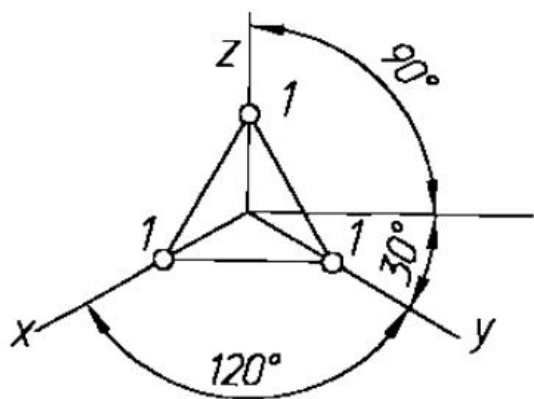


Рисунок 1 – Оси изометрической проекции

При построении изометрических проекций следует помнить, что координаты точек или отрезков прямых можно откладывать только по осям или по линиям, параллельным осям.

Обычно для упрощения построения изометрии эллипсы заменяют очень близкими по начертанию овалами, иначе называемыми «изометрические эллипсы».

На рис.1 изображены оси в изометрии.

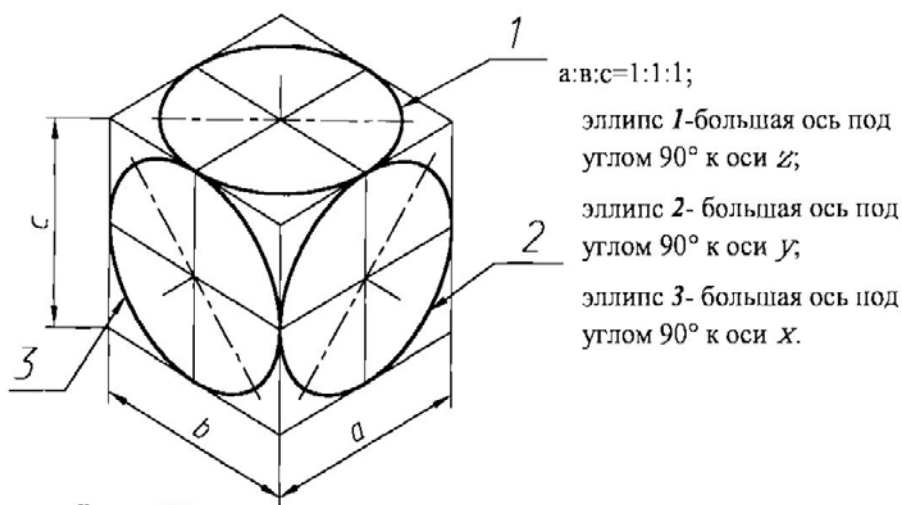


Рисунок 2 – Эллипсы в изометрической проекции

На рис. 2 даны эллипсы, которыми проецируются окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций.

Около изображенных диаметров эллипсов указаны действительные (в скобках) и приведенные показатели искажения для направлений этих диаметров.

Во всех трех плоскостях эллипсы одинаковы.

Построение эллипса начинают с определения его центра. Затем находят его вершины и четыре точки, принадлежащие диаметрам; параллельным осям в изометрии. Рекомендуется вычерчивать эллипс только по восьми точкам, указанным на чертеже. Можно использовать также, касательные к эллипсу, образующие описанный ромб, как это показано на чертеже для плоскости П2.



Большая и малая оси эллипса лежат при этом на диагоналях ромба.

В задании изометрическую проекцию тел удобнее строить в следующем порядке:

1. Построить аксонометрические оси.
2. Построить горизонтальную проекцию заданных тел и линии их пересечения.
3. Поднять каждую точку на свою высоту, исходя из размеров и фронтальной проекции на чертеже.

## 5. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Задание выполняется в следующей последовательности:

1. Подготовить поле чертежа. Вычертить внешнюю рамку по размерам формата А2 (594\*420 мм), расположив его горизонтально. Вычертить внутреннюю рамку, отступив 20 мм от левой кромки формата и по 5мм от трех остальных кромок. В правом нижнем углу формата оставить место для основной надписи размером 185\*55 мм. В левом верхнем углу чертежа сделать графу размером 70\*14 мм для обозначения чертежа

2. В левой части формата расположить чертеж в трех проекциях заданных пересекающихся поверхностей геометрических тел. Нанести размеры.

3. Построить проекции линий пересечения заданных поверхностей геометрических тел. Тела считать «пустотелыми».

4. Построить развертку боковой поверхности одного из тел (или части ее) до линии пересечения (задание выдает преподаватель). Выполнить разметку на развертке (проставить размеры).

5. Построить оси в изометрии. Построить заданные геометрические тела в изометрии.

6. Произвести окончательную обводку всех линий чертежа, а также растушевку поверхностей в изометрии с учетом освещенности тел. Растушевка не должна быть слишком насыщенной. Линию пересечения выделить красным цветом.

7. Обозначить на чертеже точки и линии. Обозначения выполнить шрифтом № 5 по ГОСТ Й.304-81. При этом необходимо обеспечить удобство и ясность чтения. Заполнить основную надпись. Форма и правила заполнения основной надписи установлены ГОСТ 2.104-68

**ВАЖНО:** В качестве названия чертежа использовать: «Пересечение (тело 1) и (тело 2)»

Чертежу присвоить обозначение – ИГАП.03.00.ХХ.000,  
где ХХ – номер варианта задания.

Пример выполнения задания см. на стр. 10.

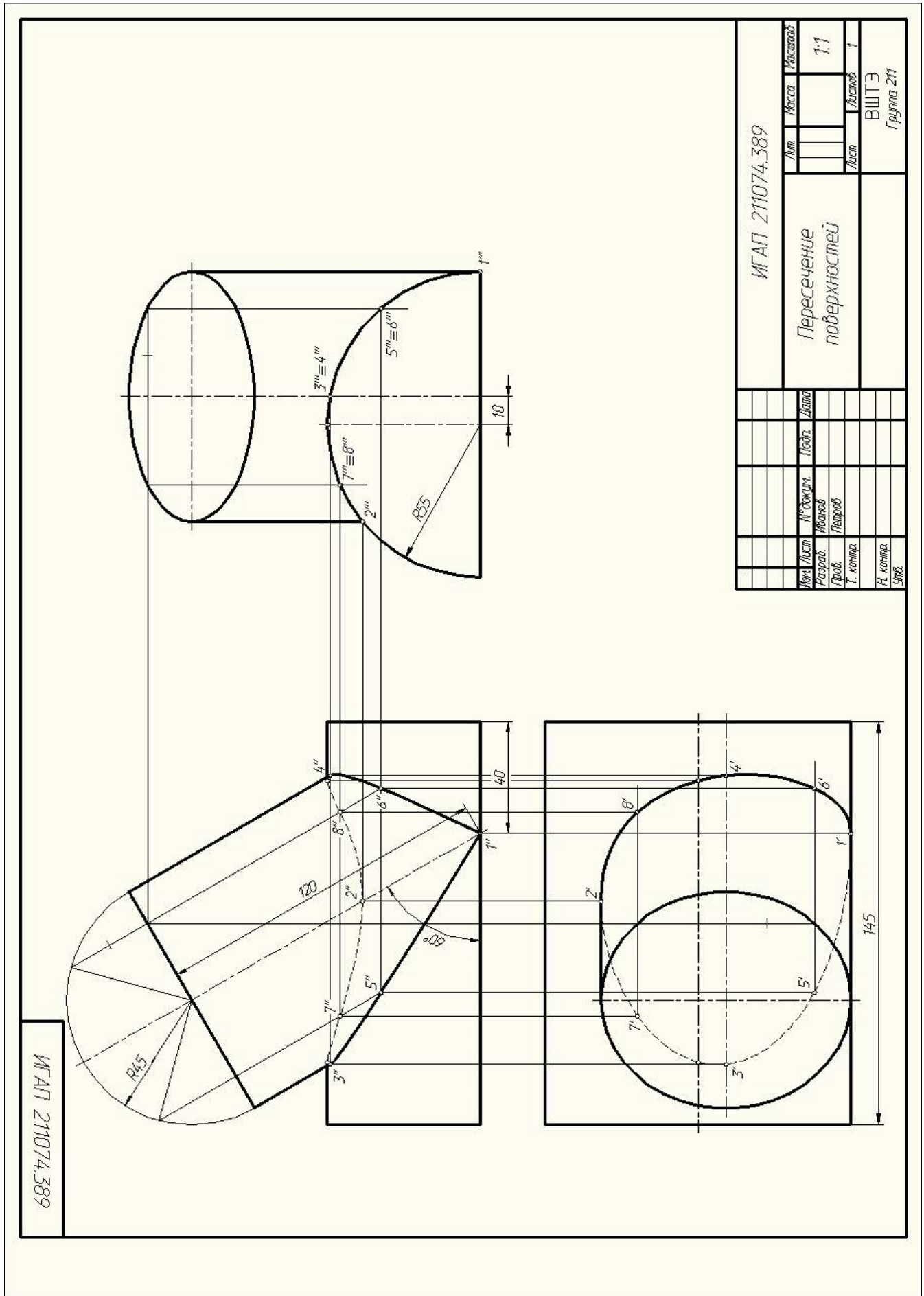


Рисунок 3 – Пример выполнения задания по теме «Построение линии пересечения тел»

## 6. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

