МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

МиКМ

_____проф. А.В. Ковалев
21.03.2025г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.02.02 Алгоритмы построения расчетных сеток

1. **Шифр и наименование направления подготовки:**01.03.03 Механика и математическое моделирование

2. **Профиль подготовки:** Компьютерный инжиниринг в механике сплошных сред

3. **Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр

4. **Форма обучения:** очная

5. **Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** Механики и компьютерного моделирования

6. **Составители программы:**
Минаева Надежда Витальевна, доктор физ-мат. наук, профессор, факультет ПММ, кафедра МиКМ
Малыгина Юлия Владимировна, старший преподаватель кафедры механики и компьютерного моделирования
Бондарева Мария Владимировна, старший преподаватель кафедры механики и компьютерного моделирования

7. **Рекомендована:** НМС факультета ПММ протокол №6 от 17.03.2025

8. **Учебный год:** 2027 - 2028 **Семестр(ы):** 5

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины являются: обучение студентов методам использования компьютерных пакетов для построения конечно-элементных сеток и их приложения к современным задачам механики.

Задачи учебной дисциплины: обучение методами использования систем инженерного анализа, моделирования и проектирования для исследования сложных систем; ознакомление с современными пакетами инженерного анализа; обучение работе с современными пакетами программ для проведения компьютерного и вычислительного эксперимента в механике и обработке его результатов.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1. Дисциплины (модули) и является дисциплиной по выбору. Для освоения дисциплины необходимы знания следующих дисциплин: алгебра, аналитическая геометрия, теоретическая механика, введение в инженерные пакеты. Освоение дисциплины позволит в дальнейшем изучать CAE-пакеты, а также специальные курсы по профилю подготовки.

11. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-3	Способен обрабатывать, анализировать и оформлять результаты исследований и разработок под руководством специалиста более высокой квалификации	ПК-3.2	Применяет при обработке данных стандартное и оригинальное программное обеспечение	Знать: возможности и особенности прикладных пакетов программ Уметь: создавать и импортировать геометрические модели; применять сеточный генератор для построения геометрической и сеточной моделей для анализа различных вариантов решений заданной задачи; использовать программное обеспечение для анализа вариантов решений заданной задачи Владеть: навыками решения прикладных задач и оптимизации конструктивных схем проточной части с помощью прикладных пакетов; навыками анализа вариантов решений, разработки и поиска компромиссных решений.
ПК-5	Способен проводить расчетные исследования напряженно-деформированного состояния, прочности основных конструкционных элементов при воздействии силовых факторов на основе современных средств твердотельного 3D-моделирования	ПК-5.1	Накапливает и систематизирует знания о методах расчетных исследований напряженно-деформированного состояния тел (стержни, пластины, оболочки), прочности; основах компьютерного инжиниринга и виртуального моделирования проблем механики сплошных сред	

.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 2/72.
Форма промежуточной аттестации*:* зачет

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			5
Контактная работа		32	32
в том числе:	лекции		
	практические		
	лабораторные	32	32
Самостоятельная работа		40	40
Форма промежуточной аттестации - зачет		зачет	зачет
Итого:		72	72

13.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн- курса, ЭУМК
1.	Введение	Обзор современного уровня развития пакетов прикладных программ и их применение при решении инженерных задач.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10836
2.	Метод конечных элементов	Основные понятия и принципы метода конечных элементов	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10836
3.	ANSYS Workbench	Общее представление об оболочке, импорт геометрии, сеточных моделей для решения задач.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10836
4.	ANSYS DesignModeler	Построение плоских областей и трехмерных геометрических моделей с помощью ANSYS DesignModeler.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10836
5.	ANSYS Meshing	Изучение основных методов построения конечно-элементных сеточных моделей. Изменение размеров элементов вдоль ребра, на поверхности, в теле. Создание структурированной сетки. Добавление методов построения расчетной сетки. Призматические слои.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10836

13.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1.	Введение		1	2	3
2.	Метод конечных элементов		1	2	3
3.	ANSYS Workbench		1	2	3

4.	ANSYS DesignModeler		2	4	6
5.	ANSYS Meshing		27	30	57
	Итого		32	40	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины «Алгоритмы построения расчетных сеток» включает лабораторные работы и самостоятельную работу обучающихся.

На первом занятии студент получает информацию для доступа к комплексу учебно-методических материалов.

На лабораторных занятиях обучающиеся изучают инструменты и методы построения расчетных сеток в современных пакетах инженерного анализа. Занятия предназначены для формирования умений и навыков, закрепленных компетенций по ОПОП.

Самостоятельная работа студентов включает в себя проработку учебного материала, разбор и выполнение лабораторных заданий.

Для успешного освоения дисциплины рекомендуется просматривать основную и дополнительную литературу по соответствующей теме, чтобы систематизировать изучаемый материал.

Промежуточная аттестация. В течение семестра обучающимся предлагается выполнить лабораторные задания. К концу семестра обучающие должны выполнить все задания. Оценка выставляется по результатам защиты выданных лабораторных работ.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения следует выполнять все указания преподавателя по работе на LMS-платформе, своевременно подключаться к online-занятиям, соблюдать рекомендации по организации самостоятельной работы.

Для организации самостоятельной работы или проведения занятий с использованием дистанционных образовательных технологий и электронного обучения разработан ЗУМК, размещенный на платформе электронного университета ВГУ https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10836

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Наседкин, А. В. Моделирование связанных задач : математические постановки и конечно-элементные технологии : учебное пособие : [16+] / А. В. Наседкин, А. А. Наседкина ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2019. – 177 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=577955 – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-3184-4. – Текст : электронный.
2	Семенов, А. Г. Математическое и компьютерное моделирование : практикум : [16+] / А. Г. Семенов, И. А. Печерских ; Кемеровский государственный университет. – Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2019. – 237 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574121– Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8353-2427-9. – Текст : электронный.
3	Компьютерное моделирование : физика : учебное пособие : [16+] / З. А. Кононова, С. О. Алтухова, Г. А. Воробьев, Г. И. Белозерова. – Липецк : Липецкий государственный педагогический университет им. П.П. Семенова-Тян-Шанского, 2017. – Часть 2. – 76 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576941– Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-88526-825-7. – Текст : электронный.

4	Карабутов, Н. Н. Основы компьютерного моделирования : учебное пособие : [16+] / Н. Н. Карабутов, М. И. Иванов ; Московская государственная академия водного транспорта. – Москва : Альтаир : МГАВТ, 2018. – 53 с. : схем., табл., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=682038 – Библиогр. в кн. – Текст : электронный.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Матвеев, К. А. Комплекс ANSYS : анализ устойчивости конструкций : учебное пособие : [16+] / К. А. Матвеев, И. А. Банщикова, М. А. Леган ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. – 66 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575174 – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7782-3383-6. – Текст : электронный.
2	Гридчин, А. В. Проектирование электронной компонентной базы в ANSYS Workbench : учебное пособие : [16+] / А. В. Гридчин, В. А. Колчужин, В. А. Гридчин ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2016. – 83 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576253 – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7782-3138-2. – Текст : электронный.
3	Присекин, В. Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел : учебник : [16+] / В. Л. Присекин, Г. И. Расторгуев ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2009. – 240 с. : табл., ил. – (Учебники НГТУ). – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436040 – Библиогр.: с. 232. – ISBN 978-5-7782-1287-9. – Текст : электронный.
4	Вансович, К. А. Численные методы исследования напряженно-деформированного состояния трубопроводов и резервуаров : учебное пособие : [16+] / К. А. Вансович ; ред. К. В. Обухова ; Омский государственный технический университет. – Омск : Омский государственный технический университет (ОмГТУ), 2021. – 130 с. : ил., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=700851 – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8149-3348-5. – Текст : электронный.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы**:**

№ п/п	Источник
1	Электронная библиотека ВГУ www.lib.vsu.ru
2	Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online" https://biblioclub.lib.vsu.ru/
3	Малыгина Ю.В. Алгоритмы построения расчетных сеток: ЗУМК / Ю.В. Малыгина – URL: https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10836

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

Для обеспечения самостоятельной работы студентов в электронном курсе дисциплины на образовательном портале «Электронный университет ВГУ» сформирован учебно-методический комплекс, который включает в себя: программу курса, учебные пособия и справочные материалы, методические указания по выполнению заданий. Студенты получают доступ к данным материалам на первом занятии по дисциплине.

Указанные в учебно-методическом комплексе учебные пособия и справочные материалы,

приведены в таблице ниже:

№ п/п	Источник
1	Положение об организации самостоятельной работы обучающихся в Воронежском государственном университете
2	Афанасьев А.А. Пакеты программ инженерного и научного анализа: учебное пособие для вузов / А.А. Афанасьев, М.В. Бондарева, Е.Н. Коржов .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015 .— 48 с
3	Малыгина Ю.В. Алгоритмы построения расчетных сеток: ЗУМК / Ю.В. Малыгина – URL: https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10836

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение:

При реализации дисциплины могут применяться дистанционные образовательные технологии в части освоения материала, самостоятельной работы по дисциплине или отдельным ее разделам.

При реализации дисциплины используются следующие образовательные технологии: логическое построение дисциплины, обозначение теоретического и практического компонентов в учебном материале.).

Дисциплина может быть реализована с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, для организации самостоятельной работы обучающихся используется онлайн-курс, размещенный на платформе Электронного университета ВГУ (LMS moodle), а также другие Интернет-ресурсы, приведенные в п.15в.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория для проведения лабораторных работ, текущей и промежуточной аттестации, организации самостоятельной работы: специализированная мебель, персональные компьютеры в количестве, обеспечивающем возможность индивидуальной работы, компьютер преподавателя, мультимедийное оборудование (проектор, экран), меловая (маркерная) доска, допускается переносное оборудование.

ОС Windows 8 (10), интернет-браузер (Google Chrome, Mozilla Firefox), ПО Adobe Reader, пакет стандартных офисных программ для работы с документами, таблицами (MS Office, Мой Офис, Libre Office), специализированное ПО по тематике дисциплины (допускается демоверсия или виртуальный аналог ПО).

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	ANSYS DesignModeler	ПК-3	ПК-3.2	комплекты практических заданий №1
2.	ANSYS Meshing	ПК-3 ПК-5	ПК-3.2 ПК-5.1	комплекты практических заданий №1
Промежуточная аттестация форма контроля - зачет				комплекты практических заданий №2

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Комплект практических заданий №1

Перечень практических заданий

Лабораторная работа №1. Построение двумерной пластины и расчетной сетки.
Лабораторная работа №2. Изменение размеров расчетной сетки
Лабораторная работа №3. Методы построения расчетной сетки. Структурированная сетка.
Лабораторная работа №4. Критерии качества расчетной сетки. Построение призматических слоев.

Технология проведения

Лабораторные работы из комплектов практических заданий №1 выполняются в учебном классе или самостоятельно. Результаты работы предоставляются преподавателю для оценивания в печатном виде или прикрепляются отдельным файлом в ЭУМК

Критерии оценки лабораторных работ

Оценка	Критерии оценок
Зачтено	Правильно построена геометрическая модель. Расчетная сетка удовлетворяет построенной модели. Добавлен метод, уточнены размеры элементов для ребер/граней, построена структурированная сетка для какой-либо поверхности. Построены призматические слои. Расчетная сетка согласуется с критериями качества.
Не зачтено	Не построена или неверно построена трехмерная модель или расчетная сетка не удовлетворяет построенной модели. Не добавлен метод разбиения, не уточнены размеры элементов для ребер/граней, не построена структурированная сетка для какой-либо поверхности. Расчетная сетка не согласуется с критериями качества.

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: практическое задание.

Комплект практических заданий №2

Перечень практических заданий

Лабораторная работа №5 Построение расчетной сетки на модели с крепежными соединениями.

Технология проведения

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о Промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Промежуточная аттестация проводится в форме сдачи лабораторной работы по заданию из комплекта практических заданий №2. Студенту предлагается 60 минут времени на выполнение работы. Результаты работы прикрепляются отдельным файлом в ЭУМК

Шкалы и критерии оценивания

Оценка	Критерии оценок
Зачтено	Расчетная сетка удовлетворяет построенной модели. Добавлен метод, уточнены размеры элементов для ребер/граней, построена структурированная сетка для какой-либо поверхности. Построены призматические слои. Расчетная сетка согласуется с критериями качества.
Не зачтено	Расчетная сетка не удовлетворяет построенной модели. Не добавлен метод разбиения, не уточнены размеры элементов для ребер/граней, не построена структурированная

	сетка для какой-либо поверхности. Расчетная сетка не согласуется с критериями качества.

Зачет может проводится в виде теста в электронной образовательной среде «Электронный университет ВГУ». Большая часть вопросов проверяется автоматически, проверки преподавателем с ручным оцениванием требуют только расчетные задачи, практико-ориентированные задачи

Вопросы с вариантами ответов

1. К какой характеристике сетки относится определение регулярной сетки?
a) Структура
b) Конформность
c) Размер сетки и сеточных элементов

2. Треугольники и четырехугольники являются основными формами элементов для построения сетки в …
a) Трехмерной области
b) Одномерной области
c) Двумерной области

3. Гексадр, тетраэдр, призма являются основными формами элементов для построения сетки в …
a) Трехмерной области
b) Одномерной области
c) Двумерной области

4. Количество узлов и элементов сетки составляют …
a) Максимальный элемент на поверхности
b) Число элементов детали
c) Размер расчетной сетки
d) Сумму элементов детали

5. Максимально длиной гранью элемента определяется …
a) Минимальный элемент сетки
b) Высота элемента
c) Сумма длин элемента
d) Размер сеточного элемента

6. К какой характеристике сетки относится определение согласованной сетки?
a) Структура
b) Конформность
c) Размер сетки и сеточных элементов

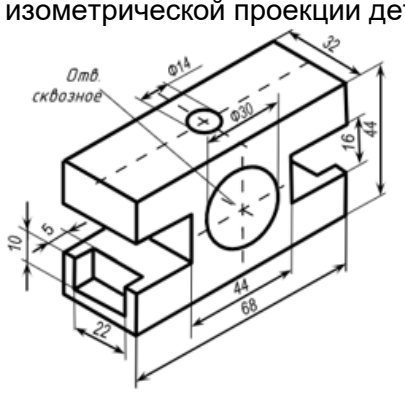
7. Выберете верное утверждение
a) Всегда нужно делать расчетную сетку очень мелкой.
b) Уменьшение размеров расчетной сетки может привести к неустойчивости решения.
c) С уменьшением размеров элементов сетка более точно аппроксимирует геометрию расчетной области, что позволяет получить более точное решение исходной задачи.

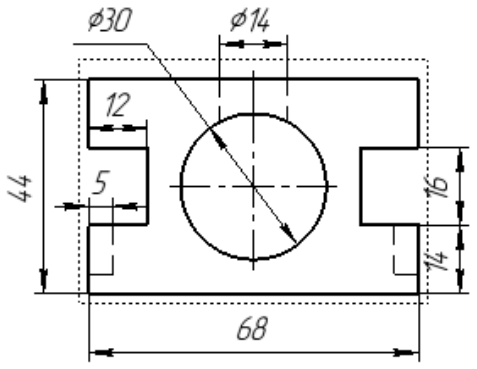
8. Что подразумевается под размером расчетной сетки?
a) Длина элемента
b) Высота элемента
c) Количество узлов, элементов сетки
d) Сумма длин элемента

9. Чем определяется размер сеточного элемента?
a) Максимально длинной гранью элемента
b) Высота элемента
c) Сумма длин элемента

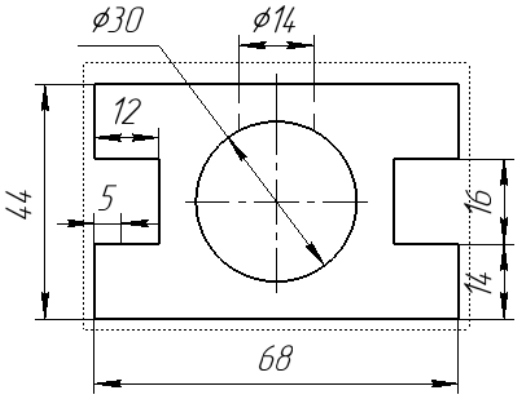
d) Длина элемента

10. Выберете для представленной изометрической проекции детали правильный вид справа

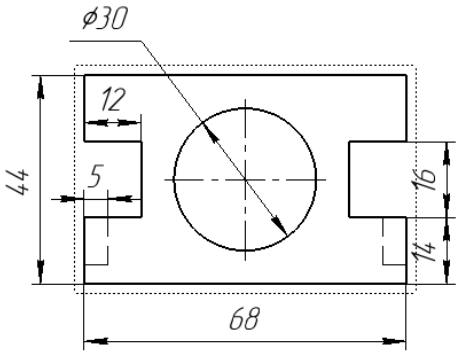




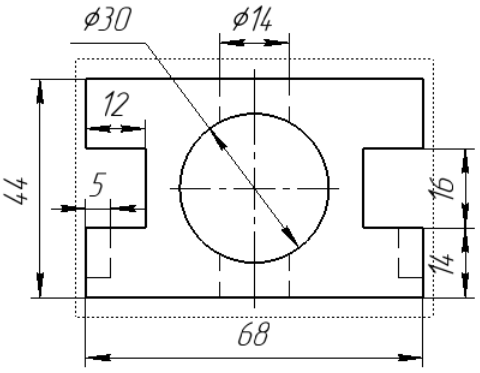
a)



b)



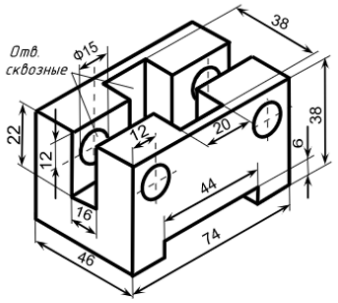
c)

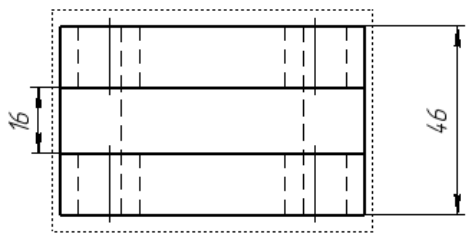


d)

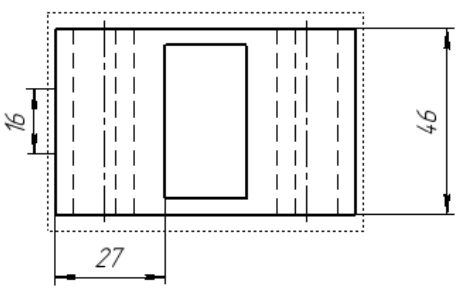
Ответ: а

11. Выберете для представленной изометрической проекции детали правильный вид сверху

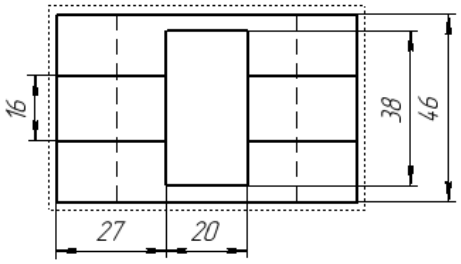




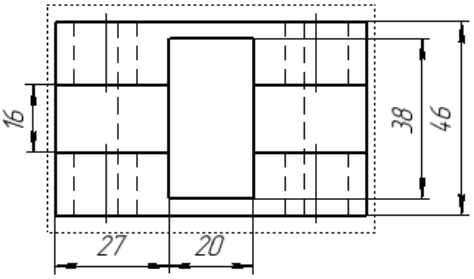
a)



b)



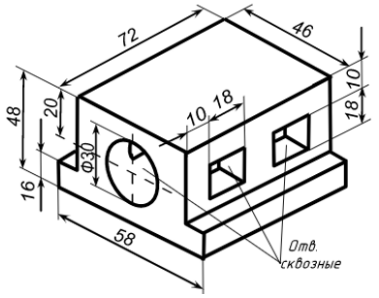
c)

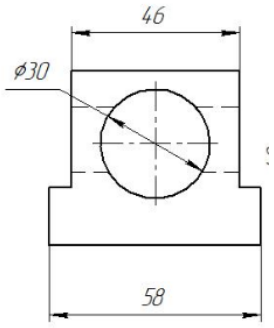


d)

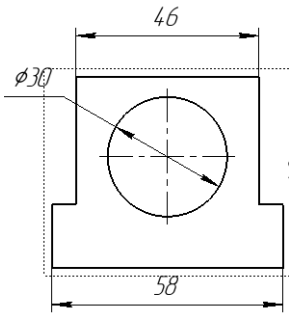
Ответ: d

12. Выберете для представленной изометрической проекции детали правильный вид спереди

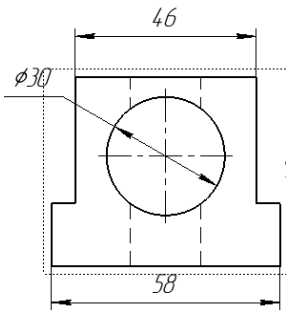




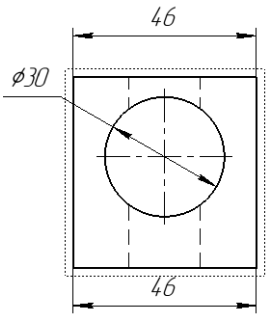
a)



b)



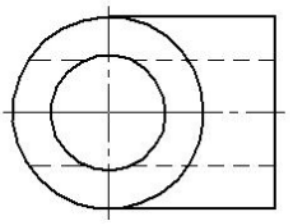
c)

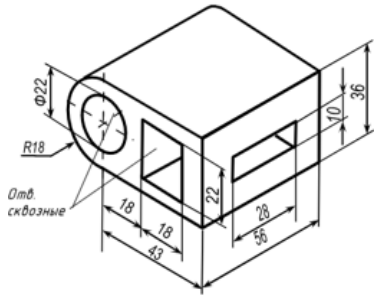


d)

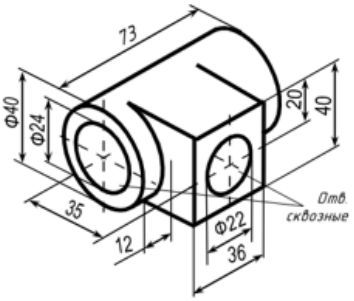
Ответ: a

13. Какой из деталей соответствует данный проекционный вид?

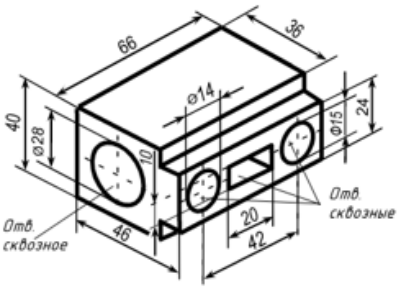




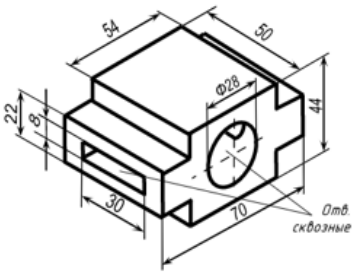
a)



b)



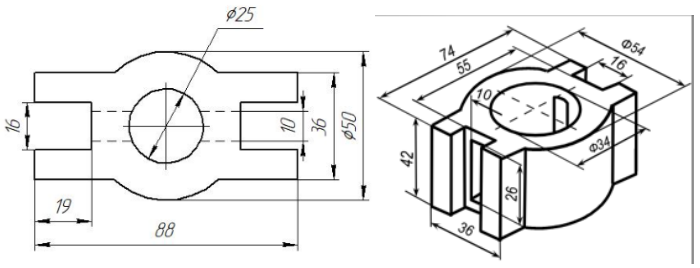
c)



d)

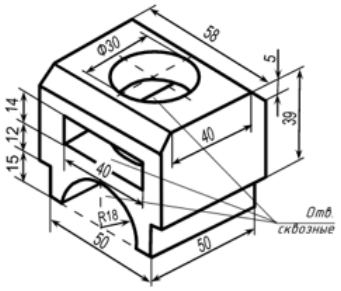
Ответ:b

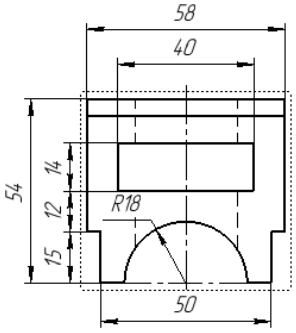
14. Соответствует ли данный проекционный вид представленной изометрической проекции детали?



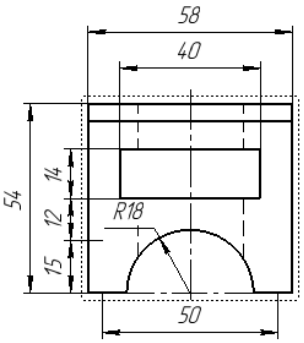
a) Да
b) Нет

15. Выберете для представленной изометрической проекции детали правильный вид спереди

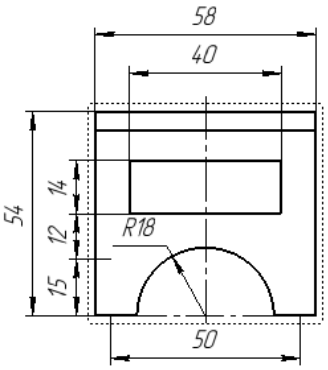




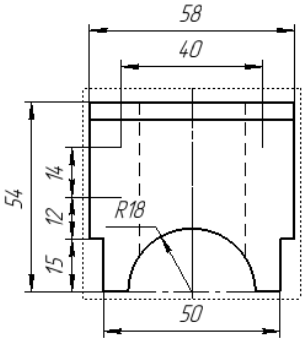
a)



b)



c)

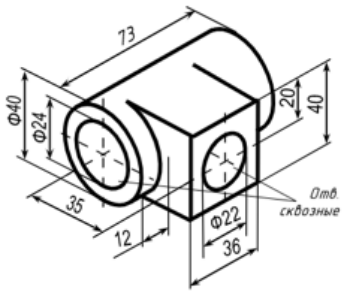


d)

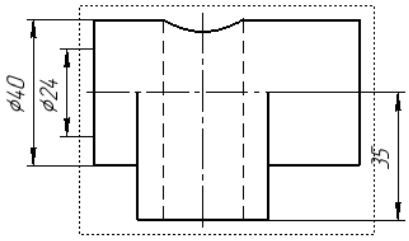
Ответ: a

16. Выберете для представленной изометрической проекции детали правильный вид сверху

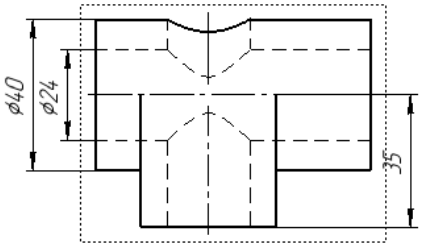
1



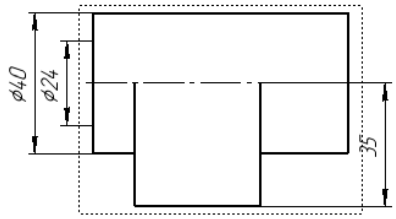
a)



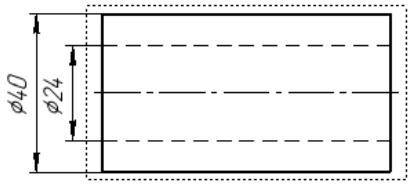
b)



c)

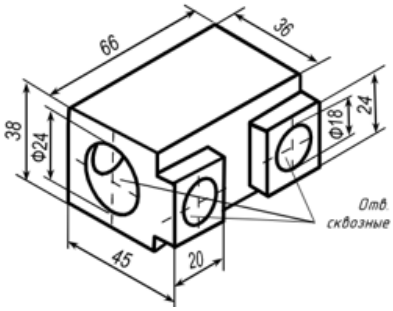


d)

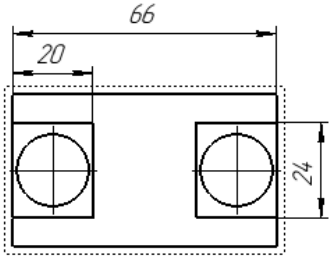


Ответ: b

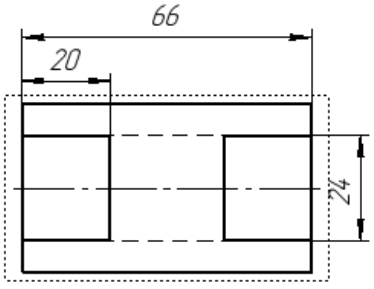
17. Выберете для представленной изометрической проекции детали правильный вид справа



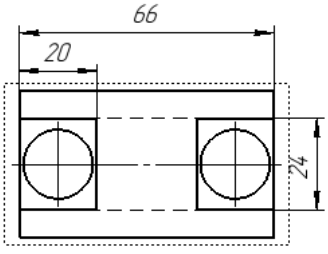
a)



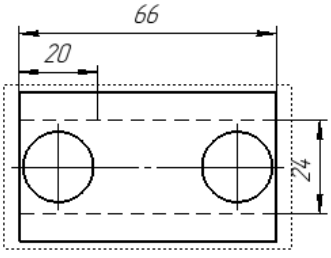
b)



c)

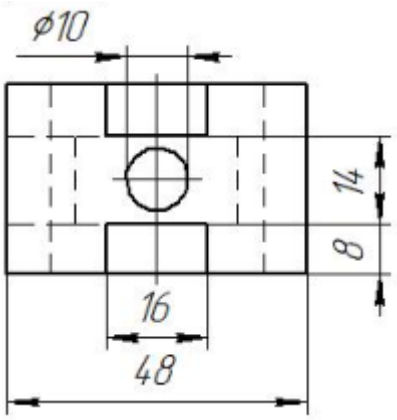


d)

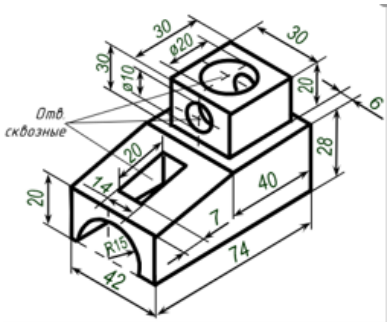


Ответ: c

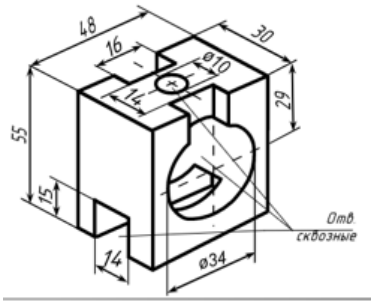
18. Какой из деталей соответствует данный проекционный вид?



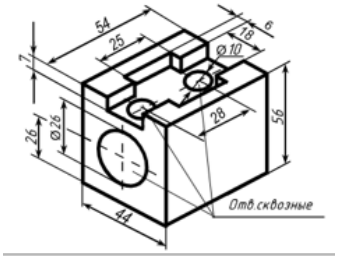
a)



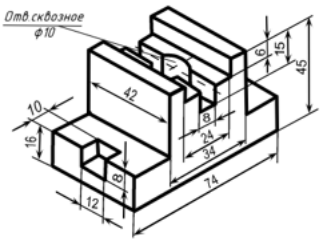
b)



c)



d)



Ответ: b

Вопросы с кратким текстовым ответом

1. Перечислите положительные моменты математической модели
Ответ: универсальность, экономия средств и времени, универсальность

2. Перечислите «минусы» математической модели
Ответ: адекватность

3. Перечислите свойства математической модели
Ответ:
полнота;
точность, границы применимости;
иерархичность;
корректность;

4. Дайте определение понятию «математическое моделирование»
Ответ: Метод исследования реальной действительности с помощью математических моделей

5. Внутренние усилия, возникающие в теле при действии на него внешних сил - это
Ответ: напряжения

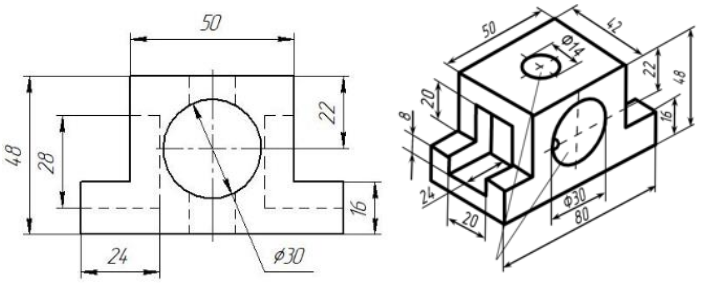
6. Деформация – это …
Ответ: относительное «удлинение» тела

7. Сколько составляющих имеет вектор перемещений в общем случае?
Ответ: 3

8. Сколько составляющих имеет вектор деформаций в общем случае?
Ответ: 6

9. Сколько составляющих имеет вектор напряжений в общем случае?
Ответ: 6

10. Соответствует ли данный проекционный вид представленной изометрической проекции детали?



Ответ: да

11. Сетки, элементы которых при пересечении имеют общую грань или ребро называются …
Ответ: конформными или согласованными

12. Назовите основные формы элементов для построения сетки в двумерной области
Ответ: треугольник, четырехугольник

13. Назовите основные формы элемента для построения сетки в трехмерной области
Ответ: гексаэдр, тетраэдр, призма

Описание технологии проведения. Для студента будет предложено десять вопросов, на один из которых необходимо дать письменный ответ (расчетные задачи, практико-ориентированные задачи). Остальные вопросы с выбором ответа, которые проверяются автоматически.

На прохождение теста отводится 30 минут. Максимальное число баллов, которое может получить абитуриент, пройдя тест, равно **35** баллам. Правила оценивания вопросов приведены в «**Критерии и шкалы оценивания**».

Критерии и шкалы оценивания:
Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:
1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):
- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

2) открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности):
- 5 баллов – задание выполнено верно;
- 2 балла – выполнение задания содержит незначительные ошибки;
- 0 баллов – задание не выполнено или выполнено неверно.

Оценка промежуточной аттестации формируется как интегральная оценка по следующей формуле:

$$Q_{проматтест} = 0{,}5Q_{текаттес} + 0{,}5Q_{зачет}$$

При округлении оценки используется правило округления. При получении оценки менее 3 баллов - выставляется «не зачтено». Считается, что контрольная работа и лабораторные работы должны быть зачтены.

Студент, выполнивший в полном объеме программу курса (выполнено практическое здание с оценкой «отлично» и/или «хорошо» (лабораторные работы и контрольная работа зачтена) и имеющий посещаемость занятий 75% и более, на усмотрение преподавателя может быть освобожден от вопросов к зачету. В этом случае промежуточная аттестация осуществляется по текущей аттестации. Итоговая оценка в этом случае, выставляется как балл по практическому заданию.

20.3 Задания раздела 20.1 и 20.2 рекомендуются к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных результатов освоения данной дисциплины (знаний, умений, навыков).