

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)

Кафедра «Гидравлика, гидропневмоавтоматика и тепловые
процессы»

Методические указания
к выполнению контрольной работы по дисциплине
«САПР»

для студентов направления:
13.03.03 Энергетическое машиностроение

Ростов-на-Дону
2025 г.

САПР

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Содержание

Введение	3
1. Индивидуальные задания в Microsoft Excel (5 семестр)	4
2. Индивидуальные задания в Компас (5 семестр)	5
3. Индивидуальные задания в Mathcad (5 семестр)	11
4. Индивидуальные задания в NX Siemens (6 семестр)	16
5. Составление технического задания (6 семестр)	17
6. Стадии проектирования (6 семестр)	19

Введение

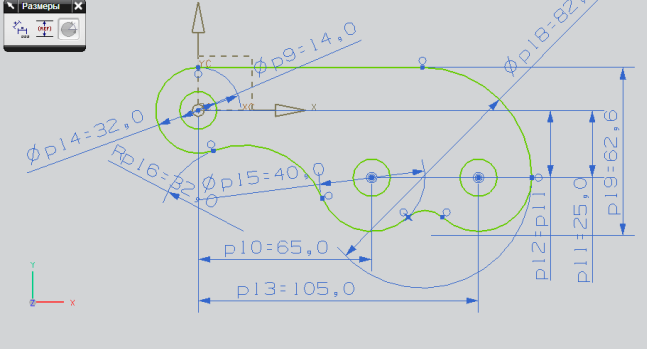
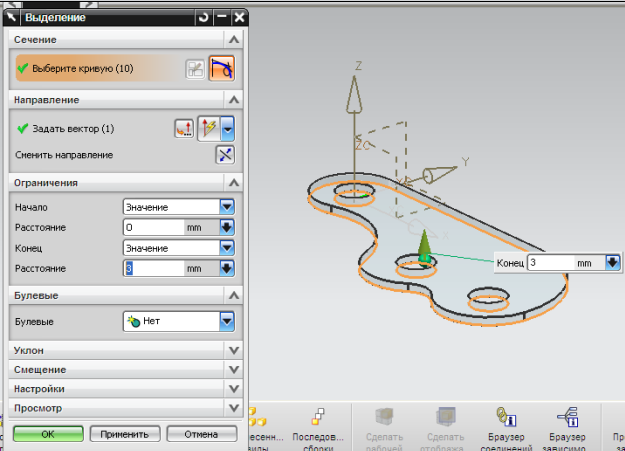
Отчет оформляется на листах формата А4. Шрифт Times New Roman 14, пробел 1.

Задания «Индивидуальные задания в Microsoft Excel» распечатываются на листах А4.

Задания «Составление технического задания» и «Стадии проектирования» оформляются на листах А4 в виде текстового документа.

Задания «Индивидуальные задания в AutoCAD» и «Индивидуальные задания в NX Siemens» оформляются в виде таблицы. Пример таблица 1.

Пример оформления. Таблица 1.

Эскиз операции	Описание операции
	<p>Создание замкнутого контура тела в модуле программы «Эскиз».</p> <p>Эскиз полностью определен, т.е. положение тела относительно абсолютных координат.</p>
	<p>После определения эскиза, переходим в модуль «Моделирование», выбираем команду «выделение». Придаем телу толщину 3 мм.</p>

Для выполнения задания «Индивидуальные задания в Mathcad» необходимо построить сопло Лаваля. Построение необходимо выполнить либо в программе AutoCad либо NX Siemens. Чертеж необходимо расположить на листе А4. Расчеты перенести на лист А4 и так же распечатать и сшить.

Все работы сшиваются в один отчет и сдается на кафедру. Отчет должен содержать подпись преподавателя ведущего лабораторные и практические работы и является допуском к зачету/экзамену.

1. Индивидуальные задания в Microsoft Excel

ВСЕ ССЫЛКИ АКТИВНЫЕ (выделены синим цветом)

Нажимаете CTRL и подводите мышкой к ссылке

1. Сумма прописью скачать.

Функция переводит число и сумма прописью (словами). Можно указать тип валюты в параметрах функции. Готовый пример написанного макроса для пользовательской функции «ЧислоПрописьюВалюта».

2. Таблица с сортировкой по столбцам.

Макрос для кнопок в заголовках столбцов таблицы, которые позволяют при нажатии отсортировать столбец в соответствии с другими столбцами. Файл xlsx с примером работы макроса на таблице.

3. Интерактивный кроссворд в Excel.

Готовый шаблон для выполнения кроссвордов с использованием стандартных функций (без использования VBA-макросов) создающих интерактивность: проверка правильных ответов, подсчет количества ответов.

4. Таблица расчета стажа сотрудников с формулами.

Автоматизированная таблица для точного расчета стажа с учетом високосных годов (366 дней) и с учетом месяцев с разным количеством календарных дней (30, 31, 28 и 29) С разбиением периодов

5. Сокращенный инвестиционный проект.

Базовый инвестиционный проект, в который включены только основные показатели для анализа: сроки окупаемости, рентабельность инвестиций, риски.

6. Табель учета рабочего времени.

Скачать таблицу учета рабочего времени в Excel с формулами для автозаполнения таблицы + ведение справочников для удобства работы.

7. Чувствительности инвестиционного проекта.

Анализ динамики изменений результатов в соотношении с изменениями ключевых параметров является чувствительностью инвестиционного проекта.

8. Динамические диаграммы скачать пример.

Примеры построения динамических диаграмм и графиков. Создание диаграммы Ганта.

9. Скачать бюджет предприятия в Excel с учетом скидок для клиентов.

Готовое решение для создания программы лояльности клиентов. В зависимости от количества приобретенного товара клиент получает разные скидки. Программа контролирует прибыль в бюджете фирмы при расходах на клиентские скидки. Для анализа применяются: таблица данных, матрица чисел и условное форматирование.

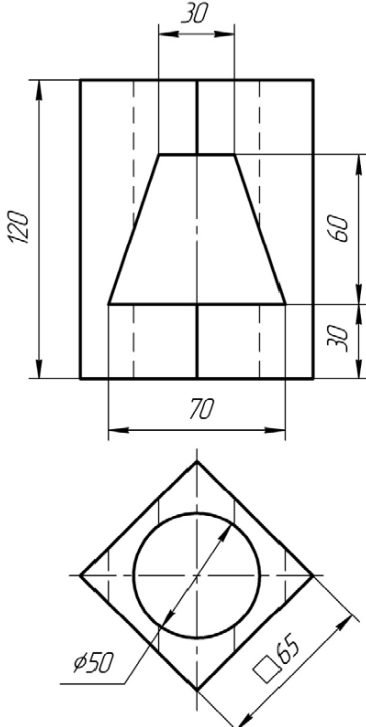
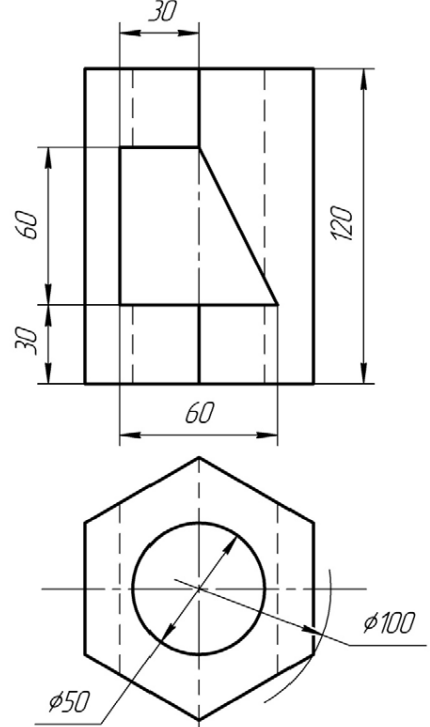
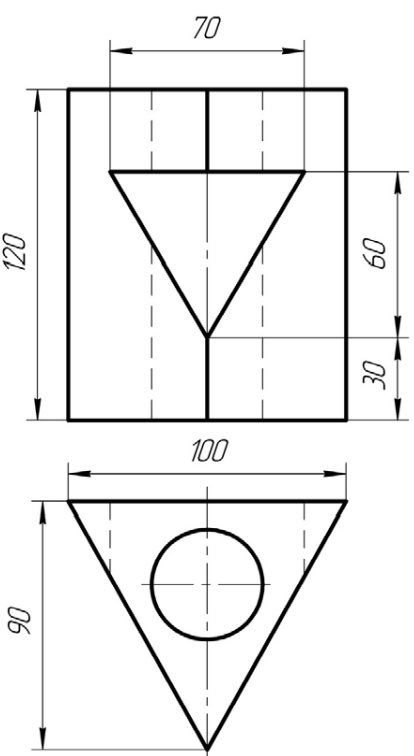
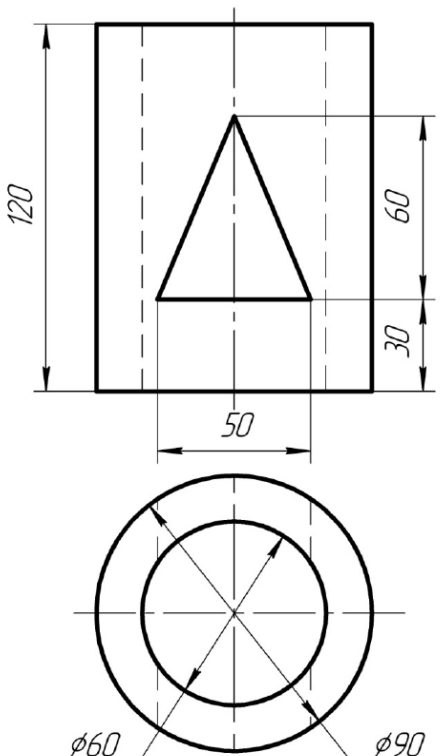
<https://exceltable.com/uroki-excel/samouchitel-excel-s-primerami>

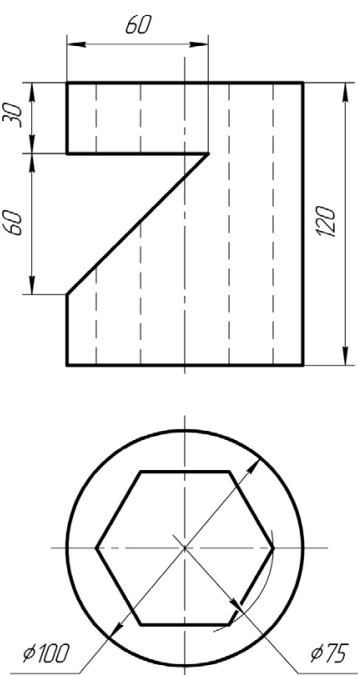
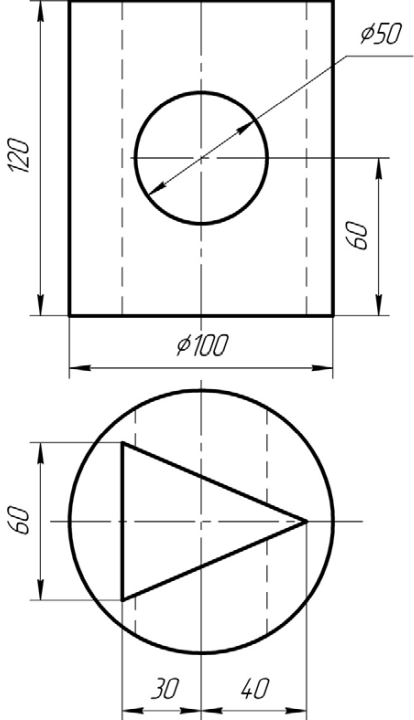
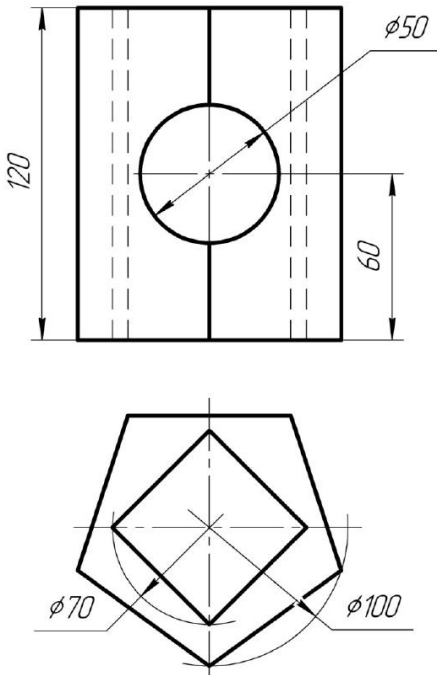
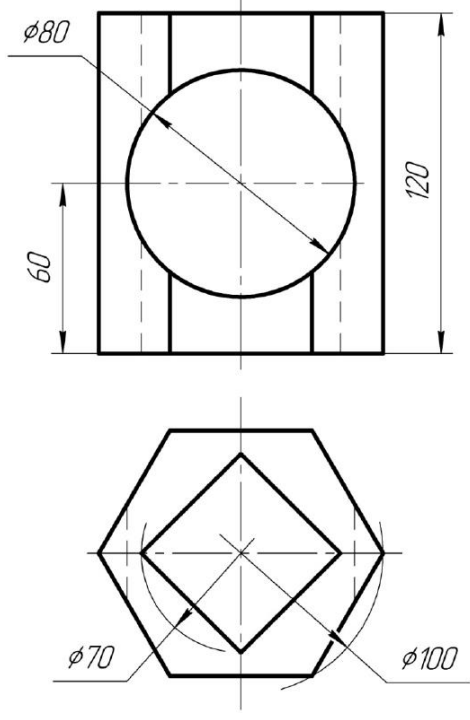
2. Индивидуальные задания в КОМПАС

1. Выполнить построение 3 д модели по 2 видам пирамиды представленной в задании.

2. Построить 3 вида, совместить часть вида с частью разреза. Вариант задания в соответствии с порядковым номером в списке группы. Типы линии в соответствии с требованиями ГОСТ. На чертеже указать все необходимые размеры. Чертеж оформить на листе формата А3

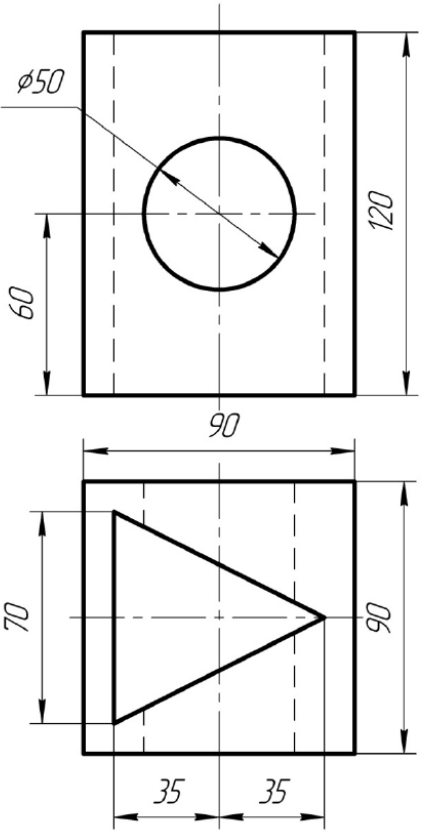
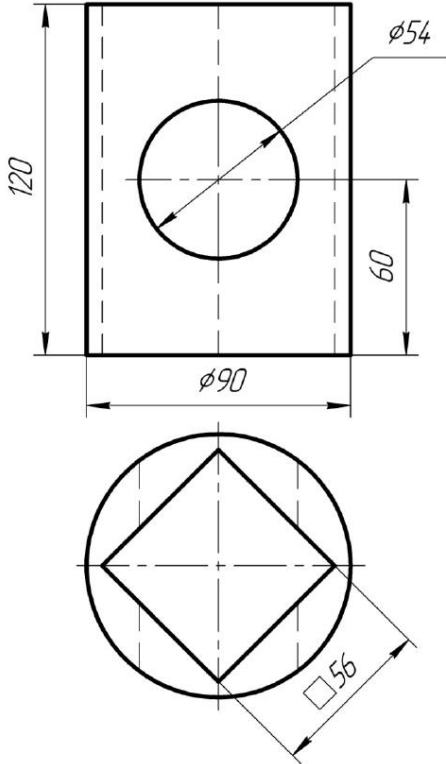
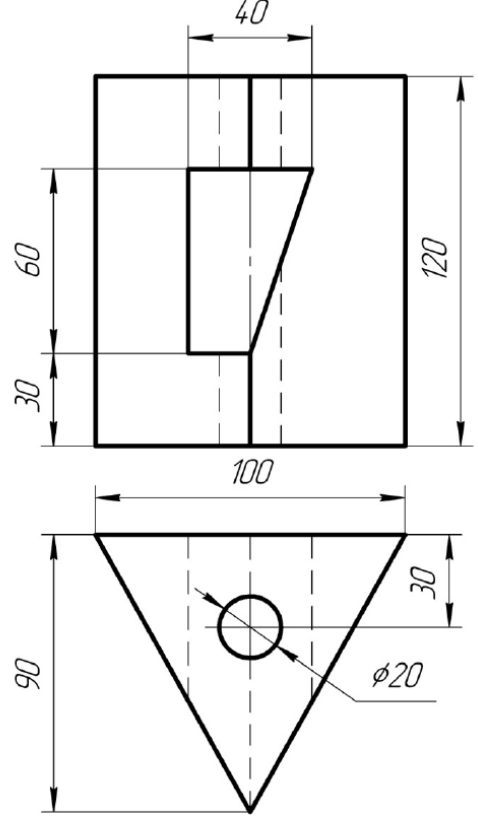
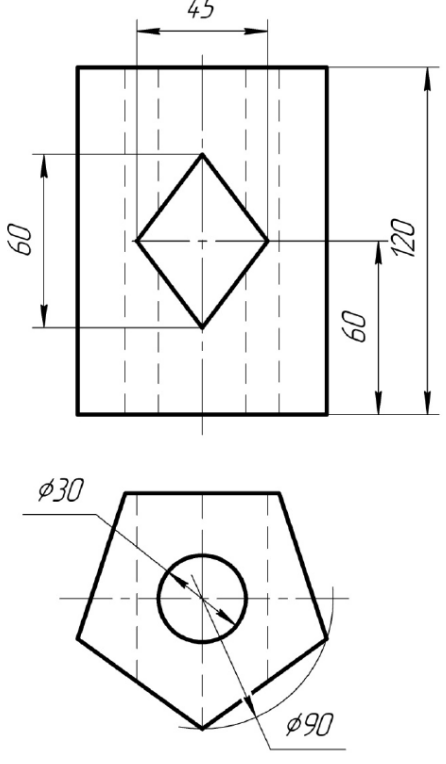
Индивидуальные задания.

Вариант и задание		Вариант и задание	
1		2	
3		4	

5	
7	
6	
8	

9	
10	
11	
12	

13	
15	
14	
16	

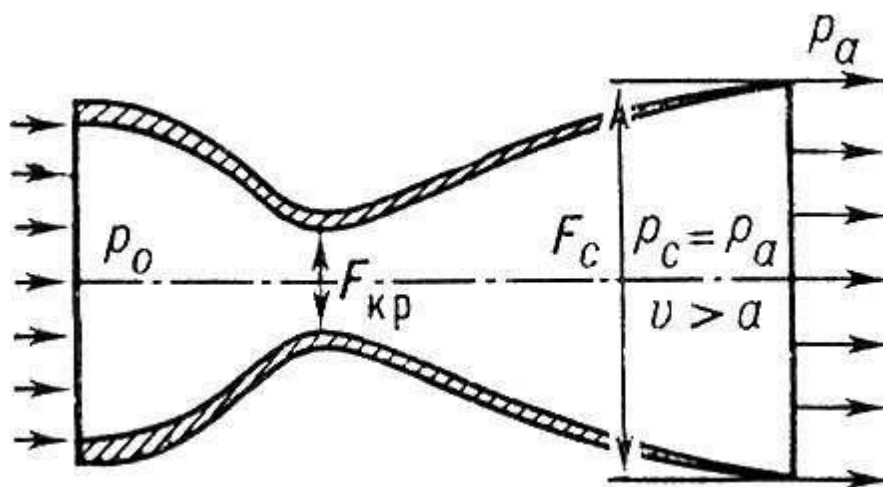
17	 <p>Orthographic projections of a square block. The front view shows a square with a width of 90 and a height of 120. A circular hole with a diameter of $\phi 50$ is centered horizontally and 60 units from the top edge. The top view shows a square with a width of 90 and a height of 90. A triangular cutout is located on the left side, with its base on the left edge (70 units from the top) and its vertex on the right edge (90 units from the top). The base of the triangle is 35 units from the left edge and 35 units from the right edge.</p>
19	 <p>Orthographic projections of a square block. The front view shows a square with a width of $\phi 90$ and a height of 120. A circular hole with a diameter of $\phi 54$ is centered horizontally and 60 units from the top edge. The top view shows a square with a width of 56 and a height of 56, inscribed within a circle with a diameter of $\phi 90$.</p>
18	 <p>Orthographic projections of a rectangular block. The front view shows a rectangle with a width of 100 and a height of 120. A trapezoidal cutout is located on the right side, with its top edge 40 units from the right edge and its bottom edge 30 units from the right edge. The top view shows an inverted triangle with a base of 100 and a height of 90. A circular hole with a diameter of $\phi 20$ is centered within the triangle, 30 units from the top edge.</p>
20	 <p>Orthographic projections of a rectangular block. The front view shows a rectangle with a width of 45 and a height of 120. A diamond-shaped cutout is located on the right side, with its top edge 60 units from the right edge and its bottom edge 60 units from the right edge. The top view shows a pentagon with a width of $\phi 90$ and a height of 30. A circular hole with a diameter of $\phi 30$ is centered within the pentagon.</p>

3. Индивидуальные задания в Mathcad

Выполнить в среде AutoCAD построение сопла Лаваля, по полученным данным выполнить расчет сопла.

Сопло Лаваля – техническое приспособление, которое служит для ускорения газового потока проходящего по нему до скоростей, превышающих скорость звука. Широко используется на некоторых типах паровых турбин и является важной частью современных ракетных двигателей и сверхзвуковых реактивных авиационных двигателей.

Сопло представляет собой канал, суженный в середине. В простейшем случае такое сопло может состоять из пары усеченных конусов, сопряжённых узкими концами. Эффективные сопла современных ракетных двигателей профилируются на основании специальных газодинамических расчётов.



Сопло было предложено в 1890 г. шведским изобретателем Густафом де Лавалем для паровых турбин. В ракетном двигателе сопло Лаваля впервые было использовано генералом М. М. Поморцевым в 1915 г.

Феномен ускорения газа до сверхзвуковых скоростей в сопле Лаваля был обнаружен в конце XIX в. экспериментальным путём. Позже это явление нашло теоретическое объяснение в рамках газовой динамики.

При анализе течения газа в сопле Лаваля принимаются следующие допущения:

- газ считается идеальным.
- газовый поток является изоэнтропным (то есть имеет постоянную энтропию, силы трения и диссипативные потери не учитываются) и адиабатическим (то есть теплота не подводится и не отводится).
- газовое течение является стационарным и одномерным, то есть в любой фиксированной точке сопла все параметры потока постоянны во времени и меняются только вдоль оси сопла, причём во всех точках выбранного поперечного сечения параметры потока одинаковы, а вектор скорости газа всюду параллелен оси симметрии сопла.
- массовый расход газа одинаков во всех поперечных сечениях потока.

– влиянием всех внешних сил и полей (в том числе гравитационного) пренебрегается.

– ось симметрии сопла является пространственной координатой.

На входе в сопло поток движется с дозвуковой скоростью. В критическом сечении скорость потока достигает скорости звука a , называемой критической скоростью звука. Отношение скорости v к критической скорости a называют коэффициентом скорости

$$\lambda = \frac{v}{a}; \quad (3.1)$$

Отношение площадей, занятых невязким ядром в критическом и анализируемом сечениях, представляет собой газодинамическую функцию $q(\lambda)$:

$$q(\lambda) = \left[\frac{d_{кр} - 2\delta_{кр}''}{d - 2\delta''} \right]^2; \quad (3.2)$$

где $d_{кр}$, d – диаметры критического и анализируемого сечений соответственно, мм;

$\delta_{кр}''$, δ'' – толщина вытеснения пограничного слоя критического и анализируемого сечений соответственно, мм.

При расчете функций $q(\lambda)$ в первом приближении величины $\delta_{кр}''$, δ'' – принимают равным 0, а в последующих приближениях их значения определяются из расчета пограничного слоя.

Максимальное значение, равное 1 функция $q(\lambda)$ принимает в критическом сечении. В этом же сечении коэффициент скорости λ равна 1.

Связь между функцией $q(\lambda)$ и коэффициентом скорости λ выражается соотношением:

$$q(\lambda) = \left(\frac{k+1}{2} \right)^{\frac{1}{k-1}} \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \lambda^2 \right)^{\frac{1}{k-1}} \lambda; \quad (3.3)$$

где k – показатель адиабаты (для воздуха $k=1,4$, для продуктов сгорания $k=1,33$).

Получить точное аналитическое решение уравнения (3.3) невозможно. Искомое решение может быть найдено методом последовательных приближений.

Суть метода состоит в замене уравнения вида $f(x) = 0$ эквивалентным уравнением $x = f(x)$.

Переход от уравнения (3.3) к эквивалентному уравнению может быть выполнено двумя способами:

$$\lambda = \frac{q(\lambda)}{\left(\frac{k+1}{2}\right)^{\frac{1}{k-1}} \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \lambda^2\right)^{\frac{1}{k-1}}}; \quad (3.4)$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{k+1}{k-1} \left[1 - \frac{q(\lambda)^{2-1}}{\left(\frac{k+1}{2}\right) \lambda^{k-1}} \right]}; \quad (3.5)$$

Корень в уравнении (3.4) или (3.5) отыскивается методом последовательных итераций с многократным использованием итерационной формулы:

$$\lambda_{n+1} = f(\lambda_n) \quad (3.6)$$

где λ_n – первое приближение.

Итерационный процесс сходится, если $\lambda_n \rightarrow \bar{\lambda}$ при $n \rightarrow \infty$.

Итерационный процесс заканчивают при достижении условия:

$$|\lambda_i - \lambda_{i+1}| \leq \varepsilon$$

где ε – заданная погрешность вычислений.

В сужающейся части сопла Лавалья, где поток движется с дозвуковой скоростью, а коэффициент скорости λ принимает значения меньше 1, сходимость решения обеспечивает уравнения (3.4). В расширяющейся части сопла Лавалья, где поток движется со сверхзвуковой скоростью, а коэффициент скорости λ принимает значения больше 1, сходимость решения обеспечивает уравнение (3.5). По найденному значению коэффициента скорости для данного сечения сопла Лавалья рассчитывают газодинамические функции:

$$\pi(\lambda) = \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \lambda^2\right)^{\frac{k}{k-1}}; \quad (3.7)$$

$$\tau(\lambda) = 1 - \frac{k-1}{k+1} \lambda^2; \quad (3.8)$$

$$\varepsilon(\lambda) = \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \lambda^2\right)^{\frac{1}{k-1}}; \quad (3.9)$$

Критическая скорость $a_{кр}$ равна:

$$a_{кр} = \sqrt{\frac{k}{k+1} RT}; \quad (3.10)$$

где R – газовая постоянная; T - температура заторможенного потока, К.
Газовая постоянная 1 кг рабочего тела равна:

$$R = \frac{8314}{\mu}; \quad (3.11)$$

Где μ - молярная масса рабочего тела. Для воздуха $\mu = 29$ кг/кмоль.
Массовый расход рабочего тела в анализируемом сечении сопла рассчитывается по формуле:

$$G = \frac{m F p q(\lambda)}{\sqrt{T}}; \quad (3.12)$$

где $F = \pi(d - 2\delta)^2 / 4$ - площадь сечения потенциального ядра, м²;

Входящий в уравнение (3.12) коэффициент m определяют по выражению:

$$m = \sqrt{\frac{k}{R} \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}; \quad (3.13)$$

Абсолютные значения скорости в ядре потока, его давление, температура и плотность определяют по выражениям:

$$\begin{aligned} v &= \lambda a_{кр}; p = p' \pi(\lambda); \\ T &= T' \tau(\lambda); \rho = \rho' \varepsilon(\lambda); \end{aligned} \quad (3.14)$$

Найденные значения параметров могут быть использованы при расчете пограничного слоя в качестве граничных условий на его внешней границе.

Порядок расчета.

По рассчитанным размерам на листе формата А4 изобразить профиль сопла Лаваля. В сужающейся и расширяющейся частях сопла выделить 3...5 расчетных сечений. Измерить параметры расчетных сечений.

По выражению (3.2) определить газодинамическую функцию $q(\lambda)$. Толщины пограничного слоя $\delta'_{кр}$ и δ' принять равным 0.

Определить коэффициент скорости λ в сужающейся части сопла по выражению (3.4) методом последовательных итераций. Первоначальное приближение выбрать менее 1. Итерационный процесс заканчивают при достижении погрешности вычислений $\varepsilon = 0,001$.

Определить коэффициент скорости λ в расширяющейся части сопла по выражению (3.5) методом последовательных итераций. Первоначальное приближение выбрать больше 1. Итерационный процесс заканчивают при достижении погрешности вычислений $\varepsilon = 0,001$.

Определить газодинамические функции для расчетных сечений по выражениям (7) – (9).

Определить критическую скорость по выражению (3.10).

Определить массовый расход рабочего тела для расчетных сечений по выражению (3.12).

Определить для расчетных сечений абсолютные значения скорости v , давления p и температуры T по выражениям (3.14).

Данные расчета сводим в таблицу 3.1.

Сеч.	d , мм	$q(\lambda)$	λ	$\pi(\lambda)$	$\tau(\lambda)$	$\varepsilon(\lambda)$	F , м ²	v , м/с	P , Па	T , К°
1										
2										

Построить графики изменения скорости v , давления p и температуры T по длине сопла Лавалья.

Исходные данные для расчета сопла Лавалья:

$d_{кр}=10+0.9n$ (мм); $D=(2+0.06n) d_{кр}$ (мм); $L=(0.5+0.05n)D+(1+0.02n)D$ (мм);

$r_1=0.4D$ (мм); $r_2=0.5 d_{кр}$ (мм); $\theta_1=(30+0.2n)^\circ$;

$\theta_2=10^\circ$; $p'=(2+0.1n)$ МПа; $T'=(500+14n)$ К

n – две последние цифры номера зачётной книжки

4. Индивидуальные задания в NX Siemens

В соответствии с методическими указаниями в пособии «Основы САПР» размещённых на портале СКИФ (<https://de.donstu.ru/CDOCourses/8a03511c-4d53-47db-9f1c-3b40dab08897/3123/2919.pdf>) выполнить индивидуальные задания:

1. Построение эскиза;
2. Построение вала методом вращения;
3. Построение вала методом объединения тел;
4. Построение вала методом вытягивания;
5. Выполнить чертеж вала и построить деталь со связью.

5. Составление технического задания

Составить техническое задание на проектирование технического объекта (в соответствии с заданием см.ниже).

Техническое задание должно соответствовать ГОСТ 15.016-2016 Система разработки и постановки продукции на производство (СПП). Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению.

Техническое задание должно содержать:

1. Технические требования к изделию;
2. Состав изделия;
3. Требования назначения;
4. Конструктивные требования;
5. Стойкость к внешним воздействиям;
6. Требования к надёжности;
7. Требования эргономики, обитаемости и технической эстетики;
8. Требования к эксплуатации, хранению, удобству технического обслуживания и ремонта;
9. Транспортирование;
10. Требования безопасности;
11. Требования стандартизации, унификации и каталогизации;
12. Техничко-экономические требования;
13. Требования к видам обеспечения;
14. Требования к сырью, материалам и КИПМ;
15. Требования к консервации, упаковке и маркировке;
16. Специальные требования.

Вариант	Объект	Вариант	Объект
1	Многооперационный металлообрабатывающий станок	11	Комбайн зерноуборочный для работы в горной местности
2	Гусеничный экскаватор повышенной проходимости	12	Карьерный экскаватор
3	Легковой автомобиль	13	Самосвал
4	Экструзионный пресс	14	Манипулятор пневматический грузоподъемностью до 500 кг
5	Станок непрерывной экструзии	15	Гидравлический пресс
6	Цех по переработке вторсырья (макулатуры)	16	Пневматический пресс
7	Автоматизация торгового центра (не продуктовые товары)	17	Вездеход на гусеничном шасси
8	Цех по переработке молочной продукции Эльф	18	Цех по переработке металлолома

9	Морское лёгкое судно	19	Линия по выпуску розливу антисептика
10	Атомный ледокол	20	Линия по производству йогуртов

3. Стадии проектирования

Цели и задачи: Изучить ГОСТ 2.103-68 «Стадии разработки» (Единая система конструкторской документации). Изучить ГОСТ 34.602.89 «Техническое задание на создание автоматизированной системы» и ГОСТ 19.201-78 «Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению». Ознакомиться с типовыми проектными процедурами.

После занятия студент должен:

1. Знать: Стадии проектирования сложных технических систем и этапы разработки технического задания
2. Уметь: подготовить техническое задание и знать процедуры для обеспечения его реализации.

Для этой практической работы необходимо:

1. Ознакомиться с содержаниями и требованиями ГОСТов.
2. Ознакомиться с устройством, принципом действия, условиями эксплуатации, техническими характеристиками и т.д. объекта в соответствии с индивидуальным заданием.
3. Понимать порядок этапов проектирования и их содержание.
4. Понимать порядок подготовки технической документации и суть каждого этапа.
5. Составить техническое задание (ТЗ) на проектирование в соответствии с требованиями ГОСТов на объект, указанный в индивидуальном задании.

В ТЗ на проектирование объекта указывают, по крайней мере, следующие данные:

- Назначение объекта.
 - Условия эксплуатации наряду с качественными характеристиками (представленными в вербальной форме) имеются числовые параметры, называемые внешними параметрами, для которых указаны области допустимых значений.
 - Примеры внешних параметров: температура окружающей среды, внешние силы, электрические напряжения, нагрузки и т. п.
 - Требования к выходным параметрам, т. е. к величинам, характеризующим свойства объекта, интересующие потребителя.
 - Особые указания в соответствии с требованиями Заказчика.
6. Предложить этапы проектирования с описанием содержания для реализации технического объекта «в жизнь».

Индивидуальное задание:

Вариант	Объект
1	Легковой автомобиль
2	Многооперационный станок
3	Автоматическая линия

4	Сборочный участок цеха (с указанием инструмента, оснастки и оборудования)
5	Компьютерный класс на 30 посадочных мест
6	Зерноуборочный комбайн
7	Мусоровоз
8	Автоматическая система розлива жидких продуктов
9	Автомат фасовки сыпучих пищевых продуктов
10	Вакуумупаковщик
11	Токарный станок с ЧПУ
12	Элеватор
13	Линия сборки легковых автомобилей
14	Склад для хранения крупногабаритных грузов с полной автоматизацией

Контрольные вопросы

1. Что такое стадии проектирования?
2. Приведите примеры проектных процедур.
3. Приведите примеры проектных операций.
4. Расскажите о содержание технического задания на проектирование.
5. Какие этапы выполняются на стадии технического предложения?
6. Какие этапы выполняются на стадии эскизного проекта?
7. Какие этапы выполняются на стадии технического проекта?
8. Какие этапы выполняются на стадии рабочей конструкторской документации?