

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический  
университет»

Кафедра «Ракетные двигатели»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических и самостоятельных работ по  
дисциплине «Проектирование комбинированных реактивных  
двигателей» для студентов специальности 160700.65, 24.05.02  
«Проектирование авиационных и ракетных двигателей»  
очной формы обучения

Воронеж 2015

Составители: д-р техн. наук В.Д. Горохов  
канд. техн. наук Д.П. Шматов

УДК 621.453/.457

Методические указания к выполнению практических и самостоятельных работ по дисциплине «Проектирование комбинированных реактивных двигателей» специальности 160700.65, 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» очной формы обучения / ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет"; сост. В.Д. Горохов, Д.П. Шматов. Воронеж, 2015. 58 с.

В методических указаниях собраны задачи, которые соответствуют основным разделам дисциплины «Проектирование комбинированных реактивных двигателей».

Рецензент: д-р техн. наук проф. А.Ф. Ефимочкин.

Ответственный за выпуск зав. кафедрой д-р техн. наук проф. В.С. Рачук

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета.

© ФГБОУ ВПО "Воронежский  
государственный технический  
университет", 2015

## ВВЕДЕНИЕ

Глубокое понимание общих проблем и задач цикла курсов по теории и расчёту жидкостных ракетных двигателей невозможно без систематической работы, контроля и самоконтроля в течение всего учебного семестра.

Определённую помощь в этой работе окажут настоящие методические указания. В них представлены типовые и оригинальные вопросы и задачи, своевременная проработка и изучение которых будут способствовать более глубокому усвоению материала цикла, а также успешной подготовке к курсовому и дипломному проектированию.

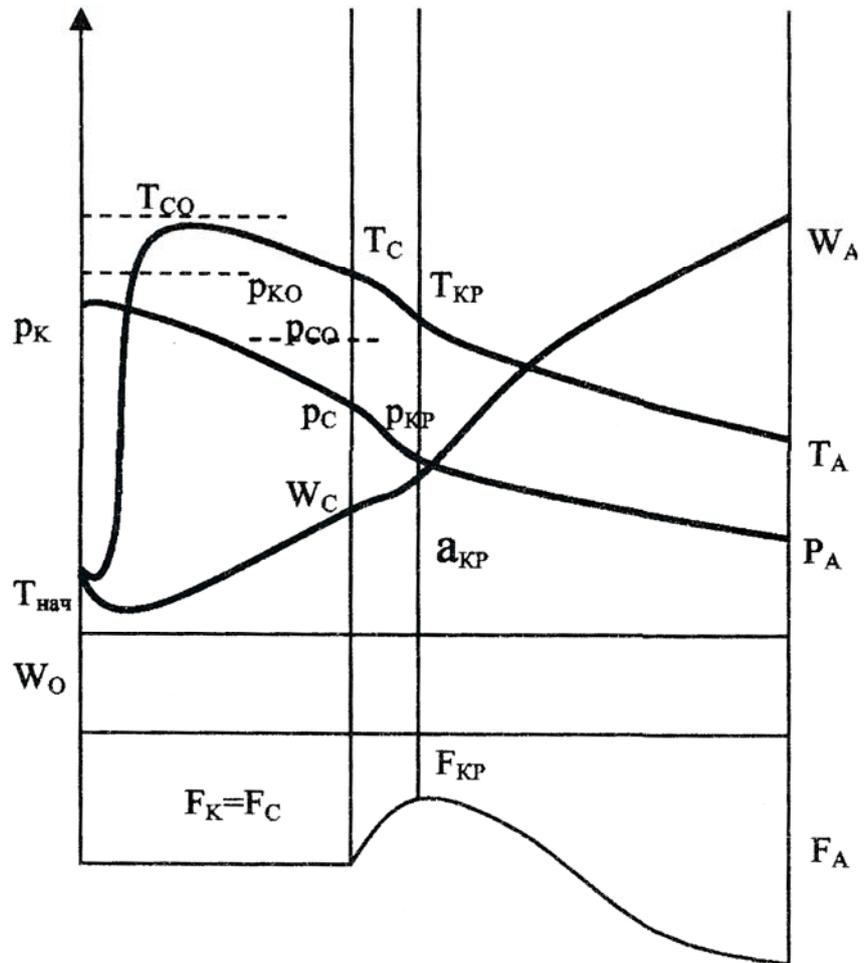
Вопросы и задачи, помещённые в методических указаниях, опираются на изучаемый лекционный материал и требуют, кроме того, знания принципов и соотношений термодинамики и гидрогазодинамики. Они имеют сплошную нумерацию и в основном расположены в соответствии с последовательностью разделов курса «Проектирование комбинированных реактивных двигателей»: основы реактивного движения, основы устройства ЖРД, теория тяги идеальной камеры, характеристики реальной камеры двигателя.

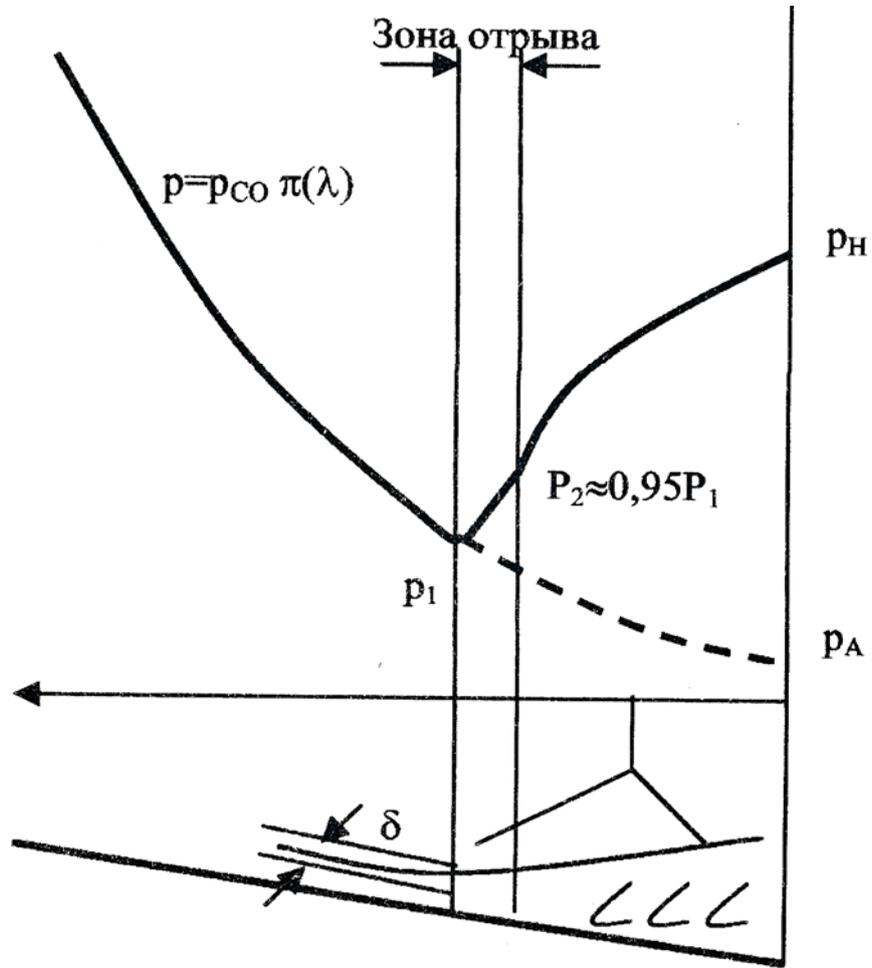
Все вопросы и задачи можно разделить на три группы. В первой группе для правильного ответа достаточно знание физической сущности и полного понимания проблемы - ответ носит качественный характер. Задачи второй группы требуют знания числовых значений некоторых параметров и характеристик двигателей. В третьей группе задач для получения правильного ответа необходимо провести несложные приближённые вычисления.

Структура вопросов и ответов соответствует известной схеме: каждый сформулированный вопрос содержит четыре

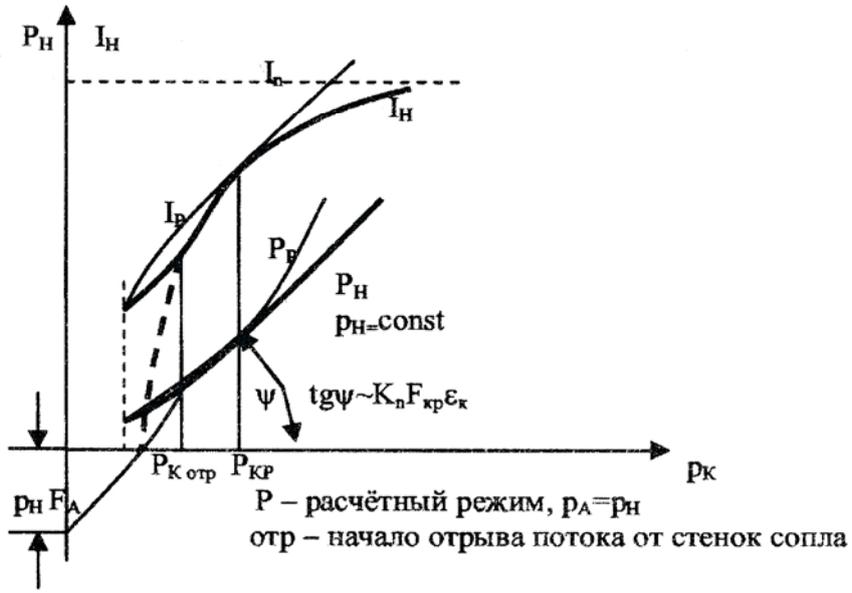
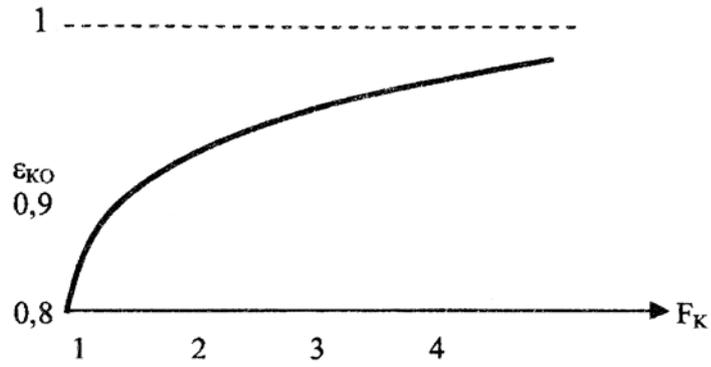
варианта ответа, каждый из которых имеет соответствующий номер (1, 2, 3, 4). Задача студента - найти правильный вариант ответа, соответствующий данной постановке вопроса. Необходимо стараться решить задачу самому, обращаясь к первым страницам руководства, где даны основные обозначения и зависимости, а так же к конспекту лекций и учебникам.

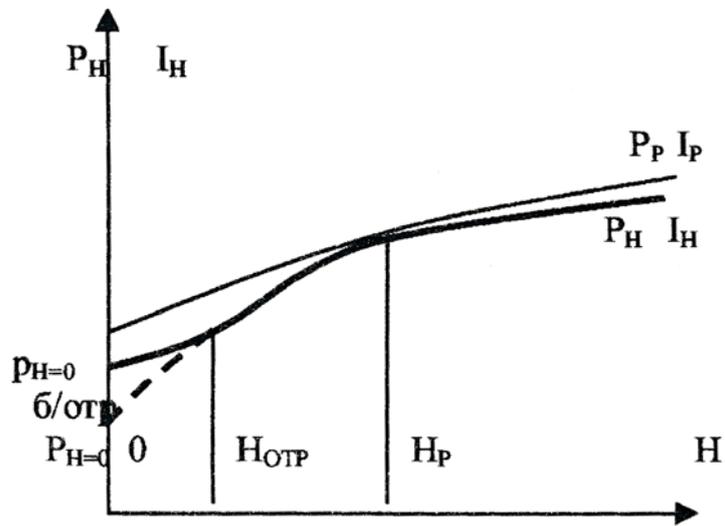
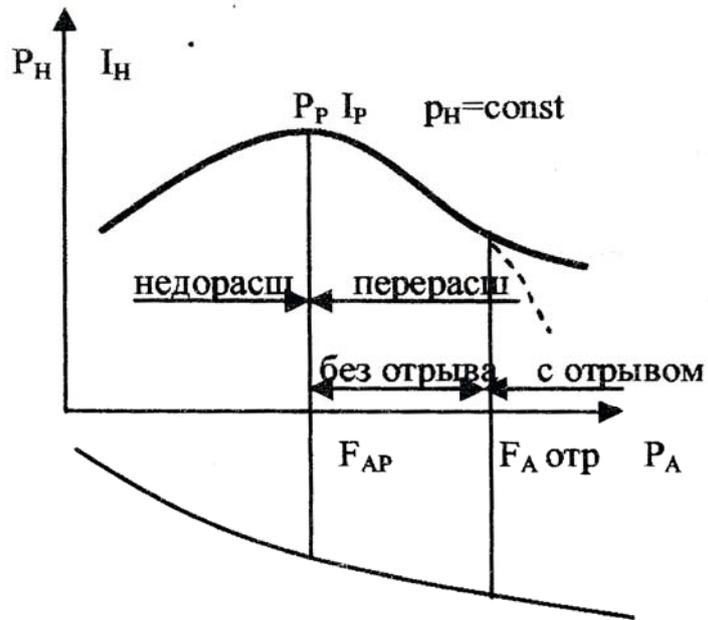
# ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И ЗАВИСИМОСТИ

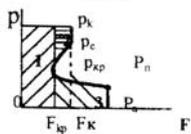
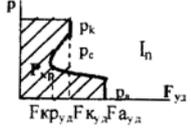
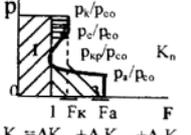




$\epsilon_K = P_{CO}/P_K$ ; в идеальной камере  $W_0 \rightarrow 0, p_K \rightarrow P_{KO}$   $p_1/p_H = 0,067 (p_K/p_H)^{-0,2} \epsilon_K^{-0,2}$   
 и  $\epsilon_K \rightarrow \epsilon_{KO} = 1/f(\lambda_C)$  – газодинамическая функция  $(p_A/p_H) = 0,713 (p_K/p_A)^{-0,167} \epsilon_K^{-0,167}$





Величина	Выражение величины		
	В пустоте $p_n=0$	На расч. высоте $p_n=p_a$	В атмосфере $p_n>0$
<p><b>тяга</b></p>  <p><math>P_n = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3</math> 1, 2, 3 – составляющие тяги в пустоте</p>	$P_n$  $p_n + F_a p_n$  $K_p F_{кр} p_k \epsilon_k$  $m W_a + F_a p_a$  $m I_n$	$P_p$  $p_n - F_a p_a$  $K_p F_{кр} p_k \epsilon_k$  $m W_a$  $m I_p$  $\frac{P_n}{m} \phi_p$	$P_n$  $P_n - F_a p_n$  $K_n F_{кр} p_k \epsilon_k$  $M$ $W_a + F_a (p_a - p_n)$  $m I_n$  $\frac{P_n}{m} \phi_n$
<p><b>Удельный импульс</b></p> 	$I_n$  $K_n C^*$  $W_a + F_a \gamma_a p_a$  $K_{n \max} C^* \phi_{нер}$  $I_{n \max} \phi_{нер}$	$I_p$  $K_p C^*$  $W_a$  $I_n \phi_p$  $I_n - F_a p_a / (p_k \epsilon_k) C^*$	$I_n$  $K_p C^*$  $W_a + F_a \gamma_a (p_a - p_n)$  $I_n \phi_n$  $I_n - \bar{F}_a p_n / (p_k \epsilon_k) C^*$
<p><b>Коэффициент тяги</b></p>  <p><math>K_n = \Delta K_{n1} + \Delta K_{n2} + \Delta K_{n3}</math> 1, 2, 3 – составляющие коэф. тяги в пустоте</p>	$K_n$  $P_n / F_{кр} p_k \epsilon_k$  $2 / (K+1)^{1/2} (\lambda_a^{-2} + 1) / \lambda_a$  $I_n / C^*$  $(P_n + F_a p_n) / F_{кр} p_k \epsilon_k$  $K_{n \max} \phi_{нер}$	$K_p$  $P_p / F_{кр} p_k \epsilon_k$  $K_n - \bar{F}_a p_a / (p_k \epsilon_k)$  $I_p / C^*$  $K_{n \min} K (K+1) \lambda_a$	$K_n$  $P_n / F_{кр} p_k \epsilon_k$  $K_n - \bar{F}_a p_n / (p_k \epsilon_k)$  $I_n / C^*$  $K_n \phi_n$  $K_n \phi_{нер}$
<p><b>Эквивалентная скорость <math>W_e</math></b></p>	$P_n / m$  $W_a + F_a \gamma_a p_a$	$P_p / m$  $W_a$	$P_n / m$  $W_a + F_a \gamma_a (p_a - p_n)$
<p><b>Атмосферный коэффициент <math>\phi_n</math></b></p>	$\phi_n = 1$	$\phi_p = (P_p / P_n)$  $\bar{F}_a / K_n p_a / (p_k \epsilon_k)$	$\phi_n = (P_n / P_p)$  $\bar{F}_a / K_n p_n / (p_k \epsilon_k)$
<p><b>Коэффициент <math>\phi_{нер}</math> перасчёта</b></p>	$\phi_{нер} = (P_n / P_{n \max})$  $K_n / K_{n \max}$	1	$\phi_{нер} = (P_n / P_p)$  $K_n / K_p$

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что определяет в реактивном движении соотношение а) И.В.Мещерского; б) К.Э.Циолковского?
  - 1) Тягу реактивного двигателя;
  - 2) Скорость движения ракеты;
  - 3) Уравнение движения ракеты;
  - 4) Распределение массы по ступеням ракеты.
  
2. Какая примерно идеальная скорость ракеты  $V_{ид}$  необходимая для вывода спутника на околоземную орбиту?
  - 1) 8 км/с;
  - 2) 9 км/с;
  - 3) 10 км/с;
  - 4) 11 км/с.
  
3. Какие причины вызывают наибольшие потери скорости ракеты?
  - 1) Аэродинамическое сопротивление;
  - 2) Снижение  $I_p$  в атмосфере;
  - 3) Сила тяжести;
  - 4) Одновременно сопротивление и снижение  $I_p$ .
  
4. Как влияет на идеальную скорость ракеты а) ускорение ракеты; б) тяга двигателя; в) время работы двигателя?
  - 1) Слабо;
  - 2) Сильно;
  - 3) Не влияет;
  - 4) Неопределённо, влияние сложное.
  
5. Какой фактор определяет идеальную скорость ракеты  $\mu_k = \text{const}$  при разных двигателях?
  - 1) Род топлива;
  - 2) Удельный импульс;
  - 3) Масса двигателя;
  - 4) Запас топлива

6. Какое значение скорости входит в формулу Циолковского  $v=W \dots \ln(1/\mu)$ ?

- 1)  $W_a$ ;
- 2)  $W_a + F_{a_{уд}} p_a$ ;
- 3)  $W_a + F_{a_{уд}} (p_a - p_n)$ ;
- 4)  $W_{a_{max}}$

7. Какое значение удельного импульса следует использовать при расчёте идеальной скорости  $v=I \dots \ln(1/\mu)$ , если ракета стартует с земли?

- 1)  $I_{max}$ ;
- 2)  $I_n$ ;
- 3)  $I_p$ ;
- 4)  $I_{n=0}$

8. Что понимается под "автономностью" работы ракетного двигателя?

1. Независимость параметров от внешней среды.
2. Рабочее тело двигателя находится на борту летательного аппарата.
3. Источник энергии находится на борту летательного аппарата.
4. Двигатель работает без использования внешней среды.

9. Укажите характерные значения удельного импульса в метрах в секунду: а) ЖРД; б) РДТТ; в) ЯРД; г) ЭРД.

1. 2200...2500.
2. 3500...4500.
3. 8000...10000.
4. 50000...100000.

10. Какие параметры оказывают решающее влияние на выбор: а) ЖРД; б) РДТТ?

1. Удельная масса, продолжительность работы, величина миделевой тяги.

2. Удельный импульс, возможность регулирования тяги, возможность многократного запуска в полете.
3. Суммарный импульс, габариты двигателя, ресурс двигателя.
4. Сложность эксплуатации, готовность к пуску, сложность изготовления, стоимость.

11. Какие показатели определяют выбор ЖРД: а) с насосной подачей; б) с вытеснительной подачей?

1. Регулирование тяги, ресурс двигателя, удельная масса двигателя.
2. Удельный импульс, габариты двигателя, масса ракеты.
3. Готовность к пуску, надежность, стоимость.
4. Длительность работы, многократность запуска, давление на срезе сопла.

12. Укажите летательные аппараты, на которых целесообразнее применять ЖРД с подачей компонентов а) вытеснительной; б) турбонасосной без дожигания; в) турбонасосной с дожиганием одного газа; г) турбонасосной с дожиганием двух газов.

1. Автоматические космические корабли.
2. Орбитальные космические станции.
3. Первая ступень ракетносителя.
4. Верхние ступени ракетносителя.

13. Какое давление в камере сгорания характерно для ЖРД с подачей компонентов а) вытеснительной; б) турбонасосной без дожигания; в) турбонасосной с дожиганием одного газа; г) турбонасосной с дожиганием двух газов?

1.  $(10...30)10^5$  Па.
2.  $(50...100)10^5$  Па.
3.  $(150...200)10^5$  Па.
4.  $(250...350)10^5$  Па.

14. При модернизации двигателя увеличили удельный импульс, но одновременно возросла и его масса. Как оценить конечный эффект?

1. Сравнить новый удельный импульс с прежним.
2. Сравнить новую массу с прежней.
3. Сравнить одновременно новые значения импульса и массы двигателя с их прежними значениями.
4. Определить эффективное изменение удельного импульса, введя массовый эквивалент.

15. На ракете не вырабатывается полностью топливо из баков. Как нагляднее оценить этот недостаток системы питания?

1. Найти уменьшение времени работы двигателя.
2. Найти уменьшение суммарного импульса.
3. Найти соответствующее число единиц удельного импульса через массовый эквивалент.
4. Найти новое значение относительной конечной массы ракеты.

16. Вычислить приращение идеальной скорости ракеты, если при модернизации массу ее конструкции уменьшили на 300 кг. Массовый эквивалент 8,55 (кг·с)/м, удельный импульс в пустоте 3500 м/с.

1. 0,5%.
2. 1,0%.
3. 2,5%.
4. 3,5%.

17. Вычислить приращение идеальной скорости ракеты, если при модернизации увеличили удельный импульс на 60 м/с, но при этом масса конструкции возросла на 100 кг. Массовый эквивалент 10 (кг·с)/м; прежний удельный импульс в пустоте 3300 м/с.

1. 0,5%.
2. 1,0%.

3. 1,5%.
4. 2,0%.

18. Сколько килограммов можно добавить к полезной нагрузке ракеты, если при модернизации возросли удельный импульс на 100 м/с и масса конструкции на 200 кг; массовый эквивалент 10 (кг·с)/м.

1. 1000 кг.
2. 800 кг.
3. 600 кг.
4. 400 кг.

19. Остатки не вырабатываемого топлива уменьшили с 1,0 до 0,5% от запаса топлива. Найти прирост идеальной скорости ракеты, если начальная масса ракеты 50т, относительная конечная масса 0,3, пустотный удельный импульс 3500 м/с, массовый эквивалент 10 (кг·с)/м.

1. 0,5%.
2. 1,0%.
3. 1,5%.
4. 2,0%.

20. Кто первым в нашей стране а) разработал принципиальную схему ЖРД; б) испытал ЖРД; в) испытал ракету с ЖРД; г) испытал планер с ЖРД?

1. В.П. Глушко.
2. С.П. Королев.
3. Ф.А. Цандер
4. К.Э. Циолковский.

21. В каком году был испытан первый ЖРД в СССР?

1. 1929 г.
2. 1930 г.
3. 1931 г.
4. 1932 г.

22. В каком году был организован Ракетный научно – исследовательский институт (РНИИ).

1. 1930 г.
2. 1931 г.
3. 1932 г.
4. 1933 г.

23. Когда совершен в СССР первый полет человека на летательном аппарате с ЖРД?

1. 1933 г.
2. 1936 г.
3. 1939 г.
4. 1942 г.

24. Когда совершен в СССР первый полет ракетного самолета "БИ" с ЖРД?

1. 1936 г.
2. 1939 г.
3. 1942 г.
4. 1945 г.

25. Кто конструктор двигателя ракетного самолета "БИ" а) совершившего первые полеты; б) предназначенного для последующих полетов?

1. А.Я. Березняк.
2. В.Ф. Болховитинов.
3. Л.С. Душкин.
4. А.М. Исаев.

26. Кто из конструкторов первым испытал в СССР а) ракету с ЖРД в полете; б) ЖРД с насосной подачей топлива; в) ЖРД с подачей топлива турбонасосным агрегатом – ТНА; г) ЖРД с связными оболочками?

1. В.П. Глушко.

2. Л.С. Душкин.
3. А.М. Исаев.
4. Ф.А. Цандер.

27. Когда впервые в мире был осуществлен запуск первого искусственного спутника Земли?

1. 1955 г.
2. 1956 г.
3. 1957 г.
4. 1958 г.

28. Когда впервые космический аппарат достиг Луны?

1. 1957 г.
2. 1958 г.
3. 1959 г.
4. 1960 г.

29. Когда произошел первый пролет человека на космическом корабле?

1. 1957 г.
2. 1959 г.
3. 1961 г.
4. 1963 г.

30. Когда совершен первый полет человека на Луну?

1. 1966 г.
2. 1967 г.
3. 1968 г.
4. 1969 г.

31. Кто главный конструктор систем "Восток" а) ракетносителя; б) двигателей первой и второй ступени; в) двигателя третьей ступени; г) тормозной двигательной установки космического корабля?

1. В.П. Глушко.

2. А.М. Исаев.
3. С.П. Королев.
4. С.А. Косберг.

32. На каком топливе работают двигатели ракеты – носителя и космического корабля "Восток" а) первой ступени; б) второй ступени; в) третьей ступени; г) тормозной двигательной установки?

1. Жидкий кислород + углеводород.
2. Жидкий кислород + водород.
3. Азотнокислотный окислитель + тонка.
4. Четырехокись азота + несимметричный диметилгидразин.

33. Сколько камер двигателей ракетносителя "Восток" включается при старте?

1. 8.
2. 16.
3. 24.
4. 32.

34. Сколько ступеней имеет ракетноситель "Сатурн 5", который выводил космический аппарат "Аполлон" для полета на Луну?

1. Меньше трех.
2. Три.
3. Четыре.
4. Больше четырех.

35. Какое топливо используется в двигателях а) первой; б) второй; в) третьей ступени ракетносителя "Сатурн 5"?

1. Жидкий кислород + углеводород.
2. Жидкий кислород + водород.
3. Жидкий фтор + водород.
4. Четырехокись азота + несимметричный диметилгидразин.

36. Какое топливо в настоящее время а) энергетически наиболее мощное; б) используется на первой ступени космических ракетносителей; в) используется на второй ступени космических ракетносителей; г) используется на третьей ступени космических ракетносителей; д) используется на космических кораблях?

1. Жидкий кислород + углеводород.
2. Жидкий кислород + водород.
3. Жидкий фтор + водород.
4. Четырехокись азота + несимметричный диметилгидразин.

37. Какие из четырех соотношений определяют мощность ракетного двигателя: 1.  $\dot{m} \cdot w_a^2 / 2$ ; 2.  $P_p I_p / 2$ ; 3.

$\dot{m} \cdot w_a / 2$ ; 4.  $C \cdot K_p$ ?

1. 1; 2.
2. 1; 4.
3. 2; 3.
4. 3; 4.

38. Какова мощность ракетного двигателя:

а) кислород – углеводородного при  $P_p = 10 \cdot 10^4$  Н,  $K_p = 2$ ?

1.  $180 \cdot 10^3$  кВт.
2.  $150 \cdot 10^3$  кВт.
3.  $120 \cdot 10^3$  кВт.
4.  $90 \cdot 10^3$  кВт.

б) кислородно – водородного при  $P_p = 1$  МН,  $K_p = 2$ ?

1.  $2,5 \cdot 10^6$  кВт.
2.  $2,2 \cdot 10^6$  кВт.
3.  $1,8 \cdot 10^6$  кВт.

4.  $1,5 \cdot 10^6$  кВт.

39. Какие индексы пропущены в формулах тяги:

$$P_{\text{?}} = (\rho_a w_a^2 + p_a) \cdot F_a \dots\dots\dots$$

$$P_{\text{?}} = \left( m \cdot w_3 \right) \dots\dots\dots$$

1)	2)	3)	4)
п	р	н	п
н	п	п	р

40. В каком случае эффективная скорость численно равна скорости истечения  $w_a$ ?

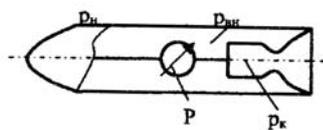
1. При  $p_a < p_n$ .
2. При  $p_a = p_n$ .
3. При  $p_a > p_n$ .
4. Всегда.

41. Какое соотношение скоростей при работе сопла на режиме  $p_a > p_n$ ?

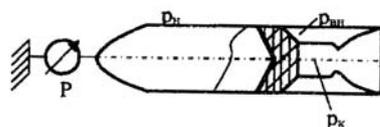
1.  $w_3 < w_a$ .
2.  $w_3 = w_a$ .
3.  $w_3 > w_a$ .
4.  $w_3 = w_{\text{max}}$ .

42. Что показывает тягометр  $P$ , установленный, как показано на рисунке, если

а)  $p_{\text{вн}} > p_n$ ;



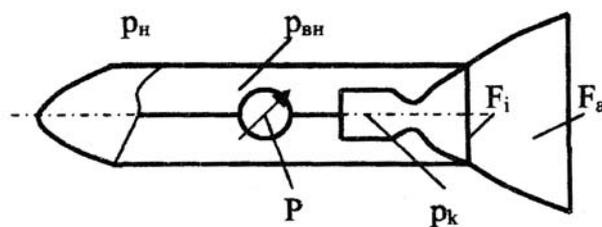
б)  $p_{\text{вн}} < p_n$ ; в)  $p_{\text{вн}} = p_n$ ; г)  $p_{\text{вн}} > p_n$



- 1)  $P = m W_a + p_a F_a$
- 2)  $P = m W_a$
- 3)  $P = m W_a + p_a F_a - p_n F_a$

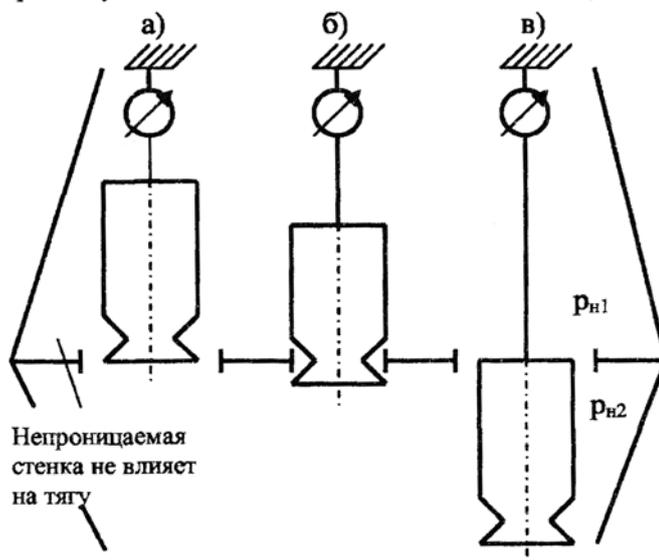
$$4) P = mW_a + p_a F_a - p_{вн} F_a$$

43. Какую тягу  $P$  покажет тягометр, если  $p_k = \text{const}$ ,  $p_n > 0$ ,  $p_{вн} = 0$ ?



- 1)  $P = mW_a + p_a F_a$
- 2)  $P = mW_a + p_a F_a - p_n F_a$
- 3)  $P = mW_a + p_a F_a - p_n F_i$
- 4)  $P = mW_a + p_a F_a - p_n (F_a - F_i)$

44. Какая из формул справедлива при  $p_{n1} > 0$ ,  $p_{n2} = 0$  для каждого из трёх случаев?



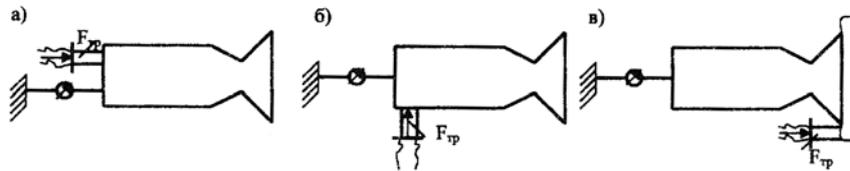
$$1) P_n = mW_a + p_a F_a - p_n F_a$$

- 2)  $P_H = mW_a + p_a F_a - p_H F_K$
- 3)  $P_H = mW_a + p_a F_a - p_H F_{кр}$
- 4)  $P_H = mW_a + p_a F_a$

45. Какая из формул справедлива при  $p_{H1}=0$ ,  $p_{H2}>0$  для каждого из трёх случаев предыдущей задачи?

- 1)  $P_H = mW_a + p_a F_a - p_H F_a$
- 2)  $P_H = mW_a + p_a F_a - p_H (F_a - F_K)$
- 3)  $P_H = mW_a + p_a F_a - p_H (F_a - F_{кр})$
- 4)  $P_H = mW_a + p_a F_a$

46. С учётом входного импульса тяга камеры  $P_H = [mW_a + (p_a - p_H) F_a] - [mW_{тр} + (p_{тр} - p_H) F_{тр}]$ , какую тягу покажет измерительное устройство на стенде при указанном вводе топлива (расположении трубопровода)?



- 1)  $mW_a + (p_a - p_H) F_a$
- 2)  $mW_a + p_a F_a$
- 3)  $mW_a$  4)  $P_H$

47. Какие выражения соответствуют коэффициенту тяги  $K_{П}$ :

1.  $(2/\kappa + 1)^{1/(\kappa-1)} \cdot (1 + \lambda_a^2) / \lambda_a$ ; 2.  $f(\lambda_a) / q(\lambda_a)$ ;
  3.  $\int_0^{\bar{F}_a} (p/p_{co}) \cdot d\bar{F}$ ; 4.  $P_{П} / (p_{co} \cdot F_{кр})$ ?
1. Все.
  2. 1, 2.
  3. 3, 4.
  4. Не все.

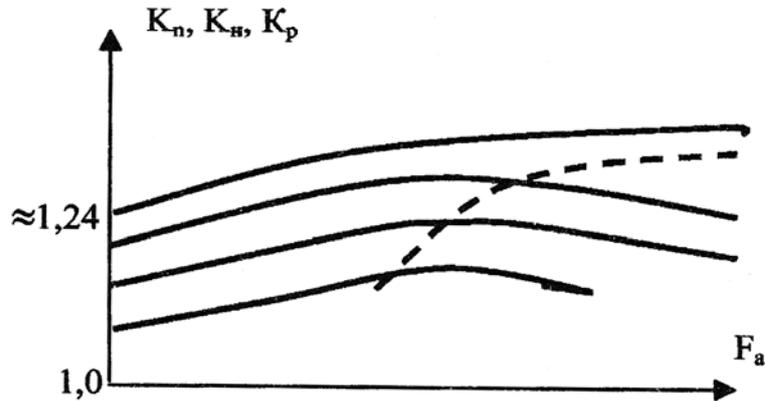
48. Какие значения коэффициентов тяги рассчитываются по формулам? .

$$? = K_{\Pi \min} [2/(k+1)] \cdot \lambda_a \dots\dots\dots$$

$$? = K_{\Pi \max} \sqrt{1 - (p_a/p_{co})^{(k-1)/k}} \dots\dots\dots$$

1)	2)	3)	4)
$K_p$	$K_p$	$K_{\Pi}$	$K_{\Pi}$
$K_{\Pi}$	$K_p$	$K_p$	$K_{\Pi}$

49. Какое значение коэффициента тяги соответствует пунктирной линии?

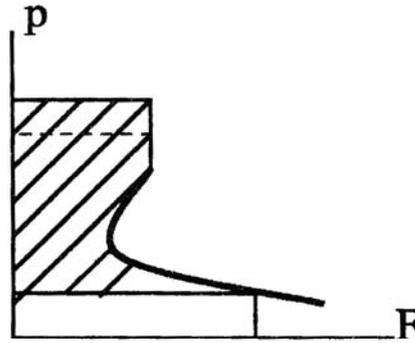


- 1)  $K_n$  при  $H = \text{const}$
- 2)  $K_p$  при  $H = \text{const}$
- 3)  $K_n$
- 4)  $K_{n=0}$

50. Как надо записать коэффициент  $\varphi$  в формулах:  $P_n = P_p$   
 $\varphi$ ;  $K_n = K_p \varphi$

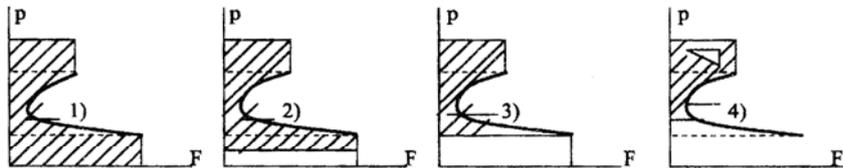
- 1)  $\varphi_n$
- 2)  $\varphi_p$
- 3)  $\varphi_{\text{нер}}$
- 4)  $\varphi_{\Pi}$

51. Какой тяге соответствует заштрихованная на силовой диаграмме площадь?

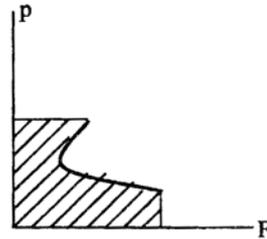


- 1)  $P_p$
- 2)  $P_n \neq P_p$
- 3)  $P_n$
- 4)  $P_{n \max}$

52. На какой диаграмме заштрихованная площадь эквивалентна а)  $mW_a$  б)  $mW_a + p_a F_a$  в)  $P_n$  при  $p_a > p_n$  г)  $P_n$  при  $p_a < p_n$



53. На каком режиме работает камера, если её тяга эквивалентна заштрихованной площади?



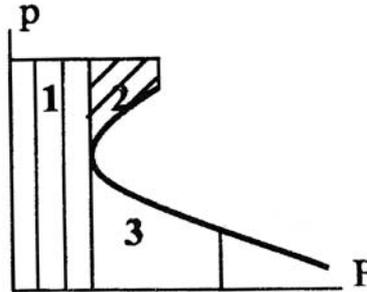
- 1) На расчётном

- 2) С недорасширением
- 3) С перерасширением
- 4) С отрывом потока

54. Какую силу называют основной составляющей силы тяги?

- 1)  $p_k F_k$
- 2)  $p_{co} F_k$
- 3)  $p_k F_{kp}$
- 4)  $p_{co} F_{kp}$

55. Какая площадь на силовой диаграмме эквивалентна основной составляющей силы тяги?

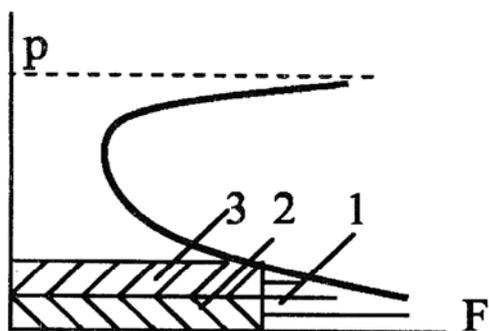


- 1) 1
- 2) 2
- 3) 1+2
- 4) 1+2+3

56. Отношение каких площадей на диаграмме предыдущей задачи характеризует роль сопла в создании тяги?

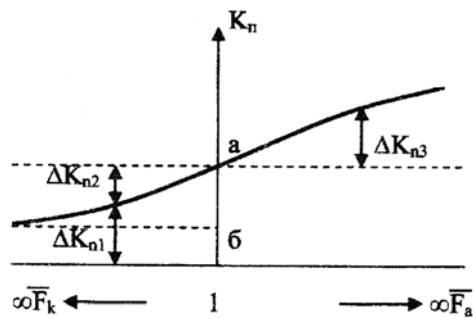
- 1)  $1+2+3 / 1$
- 2)  $1+2 / 1$
- 3)  $2+3 / 1$
- 4)  $3 / 1$

57. Какая площадь эквивалентна: а) потери тяги из-за конечной величины площади выходного сечения сопла  $F_a$ ? б) снижению тяги в атмосфере при работе сопла на расчётной высоте?



- 1) 1
- 2) 1+2
- 3) 2+3
- 4) 1+2+3

58. На оси  $K_n$  графика отсутствует шкала. Какие цифры следует нанести в точках а и б?



Точка	1)	2)	3)	4)
а	1,24	2,0	2,24	2,95
б	1,0	1,2	2,0	2,24

59. Какую долю тяги создаёт основная составляющая силы тяги при: а)  $K_n=1,5$ ? б)  $K_n=2,0$ ?

- 1) 0,43
- 2) 0,50
- 3) 0,58
- 4) 0,67

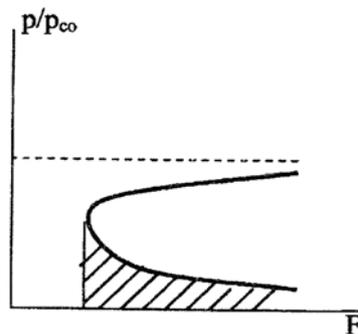
60. При каком значении  $K_n$  доля тяги, создаваемая камерой без сверхзвуковой части сопла, больше?

- 1) 1,6
- 2) 1,8
- 3) 2,0
- 4) 2,2

61. Тяга камеры  $P_n=84 \cdot 10^4$  Н, коэффициент тяги  $K_n=1,75$ . Какую тягу создаст камера, если отнять сверхзвуковую часть сопла?

- 1)  $75 \cdot 10^4$  Н
- 2)  $60 \cdot 10^4$  Н
- 3)  $45 \cdot 10^4$  Н
- 4)  $30 \cdot 10^4$  Н

62. Какой составляющей тяги или коэффициента тяги эквивалентна заштрихованная площадь?



- 1)  $\Delta P_{n2}$

- 2)  $\Delta K_{п2}$
- 3)  $\Delta P_{п3}$
- 4)  $\Delta K_{п3}$

63. В каком случае доля тяги, создаваемая сверхзвуковой частью сопла, больше?

- 1)  $K_{п}=2,2$
- 2)  $K_{п}=2,1$
- 3)  $K_{п}=2,0$
- 4)  $K_{п}=1,9$

64. Сколько процентов тяги создаёт сверхзвуковая часть сопла при коэффициенте тяги  $K_{п}=1,75$ ?

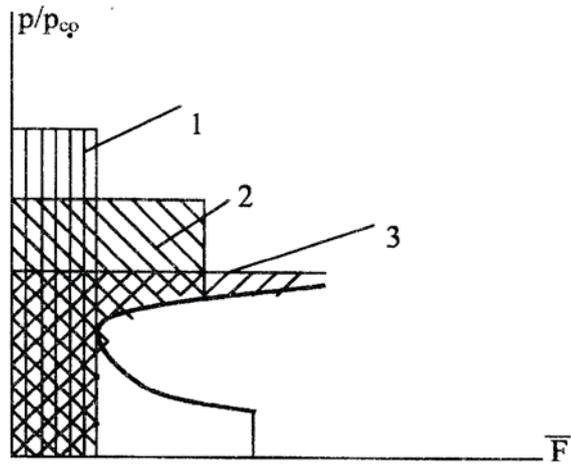
- 1) ~20%
- 2) ~30%
- 3) ~40%
- 4) ~50%

65. Тяга камеры  $P_{п}=1$  МН, коэффициент тяги  $K_{п}=2,05$ . Какой вклад даёт сверхзвуковая часть сопла?

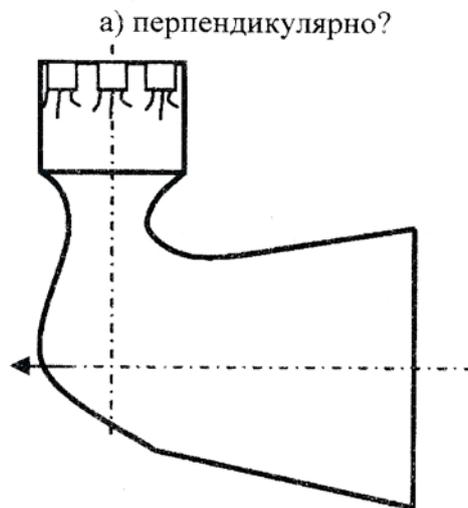
- 1) ~0,3 МН
- 2) ~0,4 МН
- 3) ~0,5 МН
- 4) ~0,6 МН

66. На диаграмме совмещены циклы трёх камер различной геометрии. В каком отношении находятся заштрихованные площади?

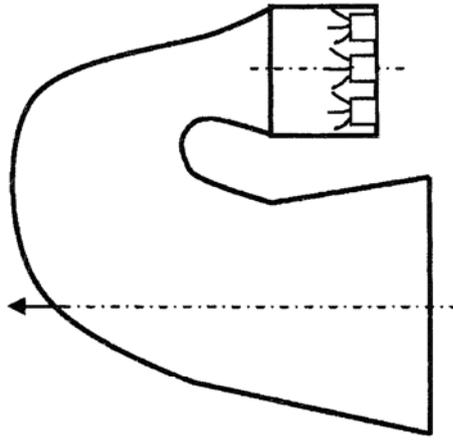
- 1) равны
- 2)  $1 < 2 < 3$
- 3)  $1 > 2 > 3$
- 4)  $1 \geq 2 \geq 3$



67. Чему равны составляющие коэффициента тяги в пустоте, если камера сгорания расположена по отношению к оси среза сопла:

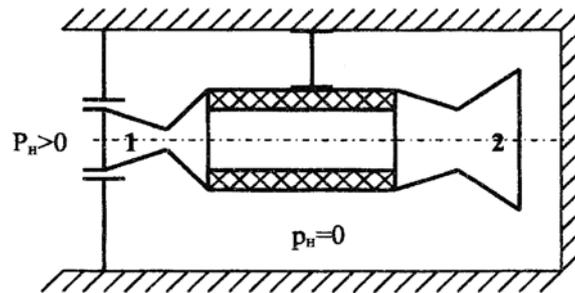


б) параллельно



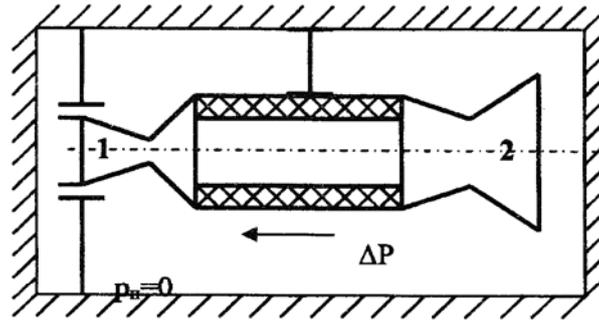
- 1)  $\Delta K_{n1}=0; \Delta K_{n2}=0; \Delta K_{n3}=K_n$
- 2)  $\Delta K_{n1}=1/\epsilon_k; \Delta K_{n2}=0; \Delta K_{n3}=K_n - 1/\epsilon_k$
- 3)  $\Delta K_{n1}=1/\epsilon_k; \Delta K_{n2}=K_{n \min} - 1/\epsilon_k; \Delta K_{n3}=K_n - K_{n \min}$
- 4)  $\Delta K_{n1}=-1/\epsilon_k; \Delta K_{n2}=-(K_{n \min} - 1/\epsilon_k); \Delta K_{n3}=K_n + K_{n \min}$

68. При каком соотношении компонентов тяги двух сопел равнодействующая тяги  $\Delta P=0$ , если  $F_{кр2}=1,25 F_{кр1}$ ?



- 1)  $K_{n2}/K_{n1}=0,8$
- 2)  $K_{n2}/K_{n1}=0,95$
- 3)  $K_{n2}/K_{n1}=1,05$
- 4)  $K_{n2}/K_{n1}=1,25$

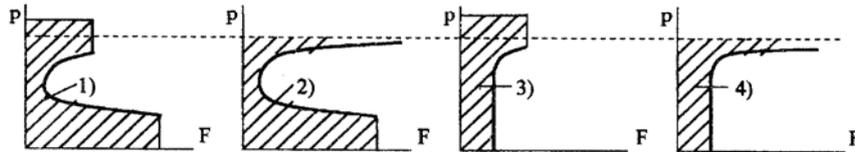
69. При каком соотношении площадей двух сопел камеры равнодействующая тяги направлена по стрелке и по величине равна  $\Delta P = p_k F_{kp1} K_{n1}$ ?



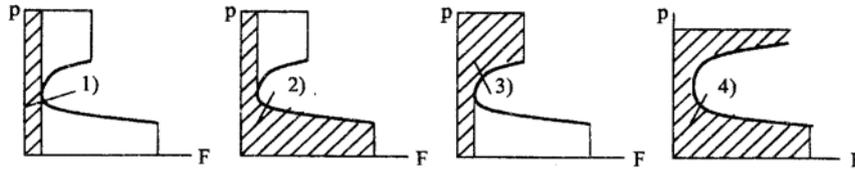
- 1)  $F_{kp2} = F_{kp1}$ ;  $F_{a2} = F_{a1}$
- 2)  $F_{kp2} = F_{kp1} \cdot 2$ ;  $F_{a2} = F_{a1}$
- 3)  $F_{kp2} = F_{kp1} / 2$ ;  $F_{a2} = F_{a1}$
- 4)  $F_{kp2} = F_{kp1}$ ;  $F_{a2} = F_{a1} \cdot 2$

70. На какой диаграмме заштрихованная площадь эквивалентна тяге в пустоте, если

а)  $1 < \bar{F}_k < \infty$ ,  $\bar{F}_a = 1$ ?



б)  $F_k = 1$ ,  $1 < F_a < \infty$ ?



71. По каким выражениям можно вычислить удельный импульс в пустоте?

1.  $(w_a + p_a F_a) / \dot{m}$
2.  $C^* K_{\Pi}$ .
3.  $C^* K_{\Pi \max} \varphi_{\text{нер}\cdot\Pi}$
4.  $p_{co} F_{\text{кр}\cdot\text{уд}} K_{\Pi}$

- 1) По любому.
- 2) По 1 и 2.
- 3) По 1, 2 и 3.
- 4) Не по всем.

72. В каком выражении для вычисления удельного импульса  $I_H$  имеется ошибка?

1.  $w_a + F_{a\cdot\text{уд}} (p_a - p_H)$ .
2.  $C^* K_{\Pi} - C^* \bar{F}_a \cdot p_H / p_K \varepsilon_K$ .
3.  $C^* K_{\Pi} \varphi_H$ .
4.  $I_p \varphi_H$ .

73. По скольким выражениям при расчете идеального процесса получим одинаковые значения характеристической скорости  $C^*$ ?

$$C^* = I_{\Pi} / K_{\Pi}; \quad C^* = p_{co} F_{\text{кр}\cdot\text{уд}};$$

$$C^* = I_H / K_H; \quad C^* = \sqrt{(RT)_{co}} / \left( \frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa+1}{2(\kappa-1)}} \sqrt{\kappa}.$$

- 1) По двум.
- 2) По трем.
- 3) По четырем.
- 4) Все ответы разные.

74. Какие параметры надо измерить для определения экспериментального значения характеристической скорости  $C_*$ ?

- 1)  $p_k; P_{H=0}; \bar{F}_{кр}$ .                      3)  $p_k; P_{H=0}; F_a$ .  
 2)  $p_k; m; F_{кр}$ .                              4)  $p_k; m; F_a$ .

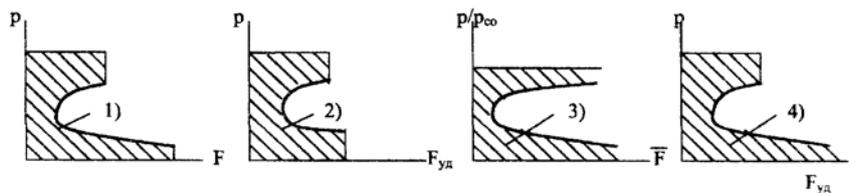
75. Чем различаются формулы для определения расхода?

$$\dot{m} = m \frac{p^* F q(\lambda)}{\sqrt{T^*}} \quad \dot{m} = \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}} \sqrt{k} \frac{p_{co} F_{кр}}{(RT)_{co}}$$

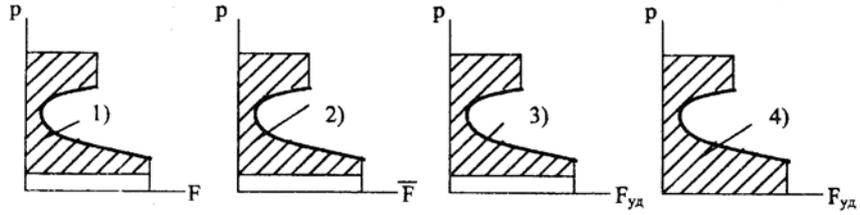
$$\dot{m} = \frac{p_{co} F_{кр}}{C_*} \quad \dot{m} = \frac{p_k \varepsilon'_k F_{кр}}{C_*}$$

- 1) Величиной расхода.  
 2) Formой записи.  
 3) Физическим смыслом.  
 4) Ничем.

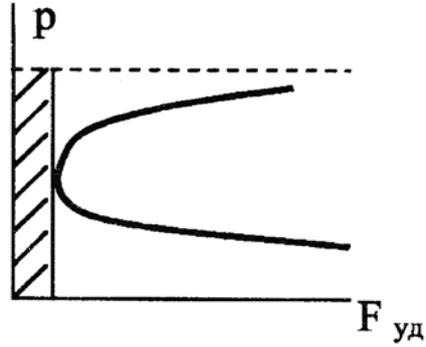
76. На какой диаграмме заштрихованная площадь характеризует  $I_{n \max}$ ?



77. На какой диаграмме заштрихованная площадь эквивалентна: а)  $I_n$ ? Б)  $K_n$ ?



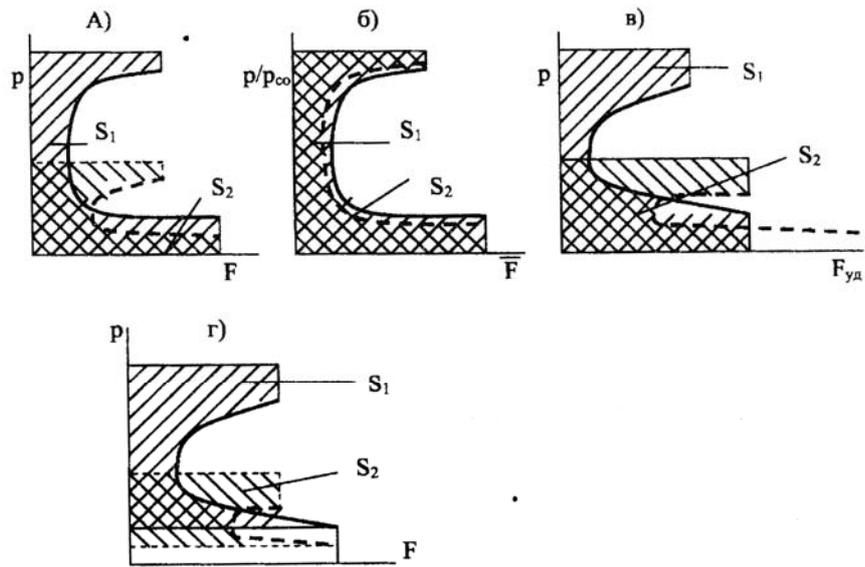
78. Какой параметр характеризует заштрихованная площадь?



- 1)  $I_p$
- 2)  $I_H$
- 3)  $C_*$
- 4)  $W_a$

79. На четырёх диаграммах построены циклы камеры для двух режимов:  $r_{k2}=r_{k1}/2$ ;  $r_{n2}=r_{n1}/2$ . В каком отношении находятся площади циклов  $S_2$  и  $S_1$  (заштрихованы в разные стороны)?

- 1)  $S_2=2S_1$
- 2)  $S_2=S_1$
- 3)  $S_2=S_1/2$
- 4)  $S_2=S_1/4$



80. Чему примерно равно теоретическое значение характеристической скорости  $C^*$  топлива азотный тетраксид и несимметричный диметилгидразин?

- 1) 1500м/с
- 2) 1750м/с
- 3) 2000м/с
- 4) 2250м/с

81. продукты сгорания какого топлива имеют теоретическое значение  $C^*$ : а) 1800м/с б) 2200м/с?

- 1)  $\text{HNO}_3 + \text{CH}_2$
- 2)  $\text{O}_2 + \text{CH}_2$
- 3)  $\text{O}_2 + \text{H}_2$
- 4)  $\text{F}_2 + \text{H}_2$

82. Какой примерно импульс в пустоте может создать двигатель, работая на топливе: а) жидкий кислород и углеводород? б) жидкий кислород и жидкий водород?

- 1) 2000 м/с
- 2) 2500 м/с
- 3) 3500 м/с
- 4) 4500 м/с

83. Во сколько раз примерно изменится удельный импульс, если вместо топлива кислород - углеводород рассмотреть топливо кислород - водород?

- 1) в 0,75 раз
- 2) в 1 раз
- 3) в 1,25 раз
- 4) в 1,5 раз

84. В камеру для достижения давления  $p_k$  подаётся расход азотной кислоты и керосина, равный  $m$ . Какой надо назначить расход, если перейти на топливо кислород и углеводород?

- 1)  $0,7 m$
- 2)  $0,85 m$
- 3)  $1 m$
- 4)  $1,15 m$

85. Как надо изменить геометрические размеры сопла для сохранения заданных тяги  $P_n$  и удельного импульса  $I_n$ , если снизить первоначально запланированное давление в камере,  $p_{k2} < p_{k1}$ ?

- 1)  $d_{kp2} < d_{kp1}$ ;  $D_{a2} = D_{a1}$
- 2)  $d_{kp2} < d_{kp1}$ ;  $D_{a2} = D_{a1}$
- 3)  $d_{kp2} > d_{kp1}$ ;  $D_{a2} = D_{a1}$

4)  $d_{кр2} > d_{кр1}; D_{a2} = D_{a1}$

86. По каким из четырех выражений можно вычислить термический КПД идеального цикла камеры?

1.  $?\ = 1 - (p_a / p_{co})^{\frac{k-1}{k}}$  .

3.  $?\ = (w_a / w_{max})^2$  .

2.  $?\ = (\lambda_a / \lambda_{max})^2$  .

4.  $?\ = \hat{E}_\delta / \hat{E}_\Gamma$  .

1) 1.

2) 1;2.

3) 1;2;3.

4) По любому.

87. Какие значения имеет термический КПД при  $\kappa=1,2$  для отношения давления?

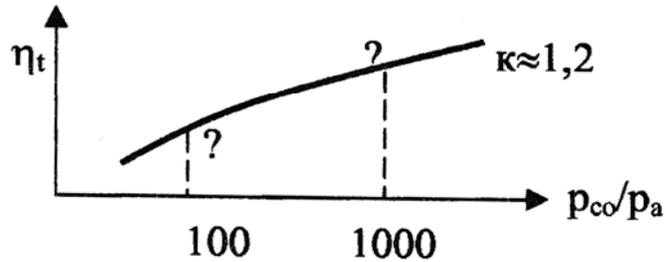
а)  $\frac{P_{co}}{P_a} = 100$  ?    б)  $\frac{P_{co}}{P_a} = 1000$

1) 0,43;

2) 0,53;

3) 0,68;

4) 0,78.



88. При каком составе продуктов термический КПД  $\eta_t$  больше, если  $p_{co}/p = \text{const}$  ?

1)  $\kappa = 1,10$ .

2)  $\kappa = 1,15$ .

3)  $\kappa = 1,20$ .

4)  $\kappa = 1,25$ .

89. Как влияют состав продуктов сгорания на величину термического КПД цикла  $\eta_t$  при  $p_{co}/p_a = 200$ ? При изменении  $k = (1,1 \dots 1,25)$  КПД:

- 1) не изменяется;                      3) увеличивается в 1,3 раза;  
 2) уменьшается в 1,25 раз;        4) увеличивается в 1,7 раз.

90. По какому выражению можно вычислить термический КПД цикла:

- а) изобарной камерой работающей на расчетном режиме;  
 б) неизобарной, работающей на нерасчетном режиме?

$$1. \eta_t = \left[ 1 - \left( p_a / p_{ko} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right].$$

$$2. \eta_t = \left[ 1 - \left( p_a / p_{ko} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right] \cdot \frac{\left[ 1 - \left( p_a / p_{co} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}{\left[ 1 - \left( p_a / p_{ko} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}.$$

$$3. \eta_t = \left[ 1 - \left( p_a / p_{ko} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right] \cdot \frac{\left[ 1 - \left( p_a / p_{co} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}{\left[ 1 - \left( p_a / p_{ko} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]} \cdot \left[ 1 + \frac{1}{kM_a^2} \cdot \left( 1 - \frac{p_H}{p_a} \right) \right]^2.$$

- 1) По 1  
 2) По 2.  
 3) По 3.  
 4) По любому.

91. Какие значения при изменении  $\bar{F}_K = 1 \dots \infty$  может принимать коэффициент:

- а)  $\varepsilon_{KO} = p_{CO} / p_{KO}$ ;    б)  $\varepsilon_K = p_{CO} / p_K$  ?

- 1)  $\varepsilon < 1$ .
- 2)  $\varepsilon \leq 1$ .
- 3)  $\varepsilon \geq 1$ .
- 4)  $\varepsilon > 1$ .

92. Какое примерное значение коэффициента

$$\varepsilon_{KO} = p_{CO} / p_{KO} \text{ при } \bar{F}_K = 1?$$

- 1)  $\approx 1,0$ .
- 2)  $\approx 0,9$ .
- 3)  $\approx 0,8$ .
- 4)  $\approx 0,7$ .

93. В каком случае отношение статического и полного давлений у головки камеры сгорания  $\delta_K = p_K / p_{KO}$  меньше? ( $W_\Phi$  – среднеосевая скорость ввода компонентов топлива).

- |  |  |
|--|--|
| 1) $\bar{F}_K \rightarrow \infty$ ; $W_\Phi = 60$ м/с. | 3) $\bar{F}_K \rightarrow \infty$ ; $W_\Phi = 30$ м/с. |
| 2) $\bar{F}_K = 1$ ; $W_\Phi = 60$ м/с.                | 4) $\bar{F}_K = 1$ ; $W_\Phi = 30$ м/с.                |

94. В каком направлении изменяются оба параметра, если уменьшить относительную площадь камеры сгорания, не изменяя  $p_K$  и сопло:

- а) секундный расход и давление на срезе сопла?
  - б) удельный импульс в пустоте и скорость истечения?
  - в) скорость на входе в сопло и давление на срезе?
- |                 |                                      |
|-----------------|--------------------------------------|
| 1) Возрастут.   | 3) Останутся неизменными.            |
| 2) Уменьшаться. | 4) Изменяться в разных направлениях. |

95. В каком направлении изменяются оба параметра, если уменьшить относительную площадь камеры сгорания, не изменяя  $p_K$  и  $p_a$ :

- а) секундный расход и скорость истечения;

- б) удельный импульс и скорость на входе в сопло;  
 в) температура и плотность газа на срезе сопла;  
 г) критическая скорость и степень расширения газа?
1. Возрастут.
  2. Останутся неизменными.
  3. Уменьшаться.
  4. Изменяться в разных направлениях.

96. Чему равно отношение статических давлений при расширении для камер  $\bar{F}_{K1} \rightarrow \infty$  и  $\bar{F}_{K2} \rightarrow 1$ , если  $p_{K1} = p_{K2}$ ?

- 1)  $p_2/p_1 = 1$ .
- 2)  $p_2/p_1 = \varepsilon_K$ .
- 3)  $p_2/p_1 = 1/\varepsilon_K$ .
- 4)  $p_2/p_1 < > 1$ .

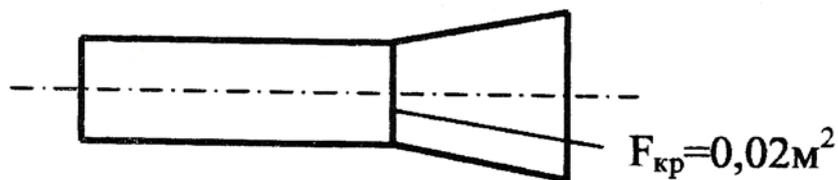
97. Как влияет относительное изменение площади камеры сгорания от  $\bar{F}_K \rightarrow \infty$  до  $\bar{F}_K \rightarrow 1$  на величину тяги в пустоте при неизменных  $p_K$  и  $\bar{F}_a$ ?

- 1)  $R_{II}$  уменьшится пропорционально  $\varepsilon_K$ .
- 2)  $R_{II}$  увеличится пропорционально  $1/\varepsilon_K$ .
- 3)  $R_{II}$  остается неизменной.
- 4)  $R_{II}$  увеличится, затем уменьшится.

98. В каком случае обеспечивается равенство тяг и удельных импульсов двух камер с одинаковыми соплами, если  $F_{K1} = 10$ ,  $F_{K2} = 2,0$ ?

- 1)  $p_{K2} = p_{K1}$ .
- 2)  $p_{K2} = p_{K1} \cdot \varepsilon_K$ .
- 3)  $p_{K2} = p_{K1} \cdot (1/\varepsilon_K)$ .
- 4)  $m_2 = m_1 \cdot \varepsilon_K$ .

99. Какую тягу в пустоте может создать камера, геометрия которой показана на рисунке, при давлении  $p_k = 50 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ ?



- 1) 100 кН.
- 2) 130 кН.
- 3) 200 кН.
- 4) 250 кН.

100. Какую тягу в пустоте создает камера при  $p_{к2} = 100 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$  имеющая геометрические размеры:  $F_{\text{вд}} = 0,06 \text{ м}^2$ ;

$$\bar{F}_k \approx 6; \bar{F}_a \approx 40?$$

- 1)  $\sim 0,6 \text{ МН}$ .
- 2)  $\sim 0,8 \text{ МН}$ .
- 3)  $\sim 1,1 \text{ МН}$ .
- 4)  $\sim 1,5 \text{ МН}$ .

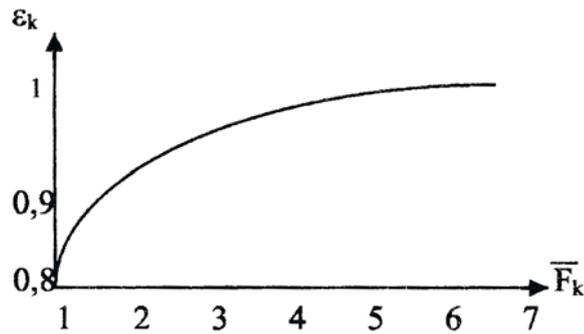
101. Какую тягу в пустоте создает камера при  $p_k = 50 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$  имеющая геометрические размеры:  $F_{\text{вд}} = 0,01 \text{ м}^2$ ;

$$\bar{F}_k \approx 2; \bar{F}_a \approx 75?$$

- 1)  $\approx 45000 \text{ Н}$ .
- 2)  $\approx 60000 \text{ Н}$ .
- 3)  $\approx 90000 \text{ Н}$ .
- 4)  $\approx 130000 \text{ Н}$ .

102. Найти относительную площадь камеры сгорания  $F_K$ , если  $F_{KP} = 31 \text{ см}^2$ ,  $p_{co} = 30 \cdot 10^5 \text{ Па}$  и основная составляющая тяги камеры  $\Delta P_{T1} = 10000 \text{ Н}$ . Для определения  $\bar{F}_K$  использовать график.

- 1)  $\bar{F}_K = 1,0$ .
- 2)  $\bar{F}_K = 2,25$ .
- 3)  $\bar{F}_K = 4,0$ .
- 4)  $\bar{F}_K = 6,25$ .



103. Как определить по результатам испытания коэффициенты, характеризующие полноту рабочего процесса в камере: а)  $\varphi_k$ ? б)  $\varphi_c$ ? в)  $\varphi_{удп}$ ? ( $\tau$  – теоретическое значение).

- 1)  $P_{II} / P_{II T}$ .
- 2)  $K_{II} / K_{II T}$ .
- 3)  $I_{II} / I_{II T}$ .
- 4)  $C^* / C^* T$ .

104. Каковы основные причины неполноты удельного импульса на земле ( $\varphi_{удп=0} < 1$ )?

- 1) Потери в камере сгорания и потери из-за внешней среды.
- 2) Потери в сопле и потери из-за внешней среды.
- 3) Потери в камере сгорания и в сопле.
- 4) Только из-за внешней среды.

105. Сколько выражений можно использовать для расчета камеры?

$$P_H = P_{\Pi} \left( 1 - \frac{P_H}{P_K \varepsilon_K} \cdot \frac{\bar{F}_a}{K_{\Pi.T} \varphi_C} \right).$$

$$I_H = C_{*T} \cdot K_{\Pi.T} \cdot \varphi_K \varphi_C - C_{*T} \varphi_K \frac{P_H}{P_K \varepsilon_K} \cdot \bar{F}_a.$$

$$K_{\Pi} = I_{\Pi.T} \varphi_C / C_{*T}.$$

$$C_* = C_{*T} \varphi_K.$$

- 1) Одно.
- 2) Два.
- 3) Три.
- 4) Четыре.

106. В каком выражении имеется ошибка?

$$1) P_H = P_K \varepsilon_K F_{кр} K_{\Pi.T} \varphi_C - P_H F_a.$$

$$2) I_H = C_{*T} K_{\Pi.T} \varphi_C - C_{*T} \varphi_K \frac{P_H}{P_K \varepsilon_K} \cdot \bar{F}_a$$

$$3) P_H = P_{\Pi} \left( 1 - \frac{P_H}{P_K \varepsilon_K} \cdot \frac{\bar{F}_a}{K_{\Pi.T} \varphi_C} \right).$$

$$4) I_H = I_{ПТ} \left( 1 - \frac{p_H}{p_K \varepsilon_K} \cdot \frac{\bar{F}_a}{K_{П.Т} \varphi_C} \right) \cdot \varphi_{y\partial}.$$

107. Определить расход топлива ( $O_2 + H_2$ ) поступающий в камеру при  $p_K = 98 \cdot 10^5$  Па, если  $\varepsilon_K = 0,88$ ,  $F_{кр} = 100 \text{ см}^2$ , потери в камере сгорания 2%.

- 1) 80 кг/с.
- 2) 60 кг/с.
- 3) 40 кг/с .
- 4) 20 кг/с.

108. Определить расход топлива ( $O_2 + CH_2$ ) поступающий в камеру при  $p_K = 90 \cdot 10^5$  Па, если  $\varepsilon_K = 0,95$ ,  $F_{кр} = 100 \text{ см}^2$ ,  $\Delta\varphi_K = 0,05$ .

- 1) 200 кг/с.
- 2) 150 кг/с.
- 3) 100 кг/с .
- 4) 50 кг/с.

109. Определить коэффициент  $\varphi_{y\partial.П} = I_{П} / I_{П.Т}$  при теоретическом значении удельного импульса  $I_{П.Т} = 3400$  м/с, если при  $p_H = 10^5$  Па тяга камеры  $P_{H=0} = 30000$  Н; расход  $\dot{m} = 10$  кг/с; удельная площадь среза сопла  $F_{a\text{уд}} = 0,0023 \frac{\text{м}^2}{\text{кг/с}}$ .

- 1) 0,98.
- 2) 0,95.
- 3) 0,92.
- 4) 0,89

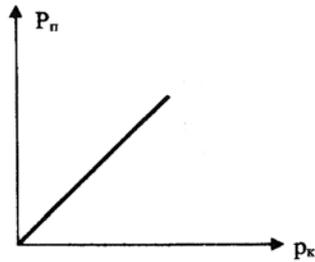
110. Определить потери удельного импульса, если при  $p_n = 10^5$  Па тяга составляет  $P_{n=0} = 30000$  Н; расход  $m = 100$  кг/с. Принять  $I_{П.Т} = 3450$  м/с,  $F_{ауд} = 24,5 \frac{см^2}{кг/с}$ .

- 1) 4%.
- 2) 6%.
- 3) 8%.
- 4) 10%.

111. Определить коэффициент  $\varphi_{уд.П} = I_{П} / I_{П.Т}$  при  $p_n = 10^5$  Па, если тяга составляет  $P_{n=0} = 90000$  Н; расход  $m = 40$  кг/с. Известны  $I_{П.Т} = 3200$  м/с,  $F_{ауд} = 0,007 \frac{м^2}{кг/с}$ .

- 1) 0,98.
- 2) 0,94.
- 3) 0,90.
- 4) 0,86.

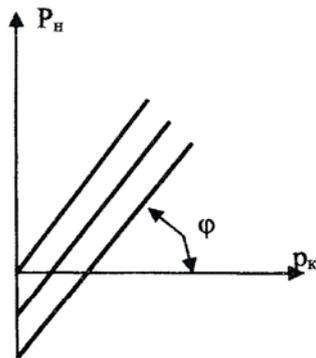
112. Сколько выражений соответствует графику?



- ? =  $mW_a + p_a F_a$
- ? =  $(p_a + \rho_a W_a^2) F_a$
- ? =  $p_k F_{кр} \varepsilon_k K_{п}$
- ? =  $mI_n$

- 1) Одно
- 2) Два
- 3) Три
- 4) Четыре

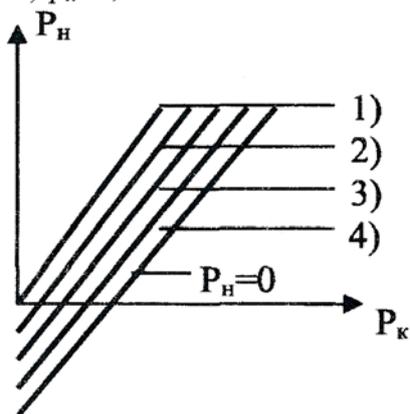
113. Из четырёх выражений только одно определяет тангенс угла наклона характеристик к оси  $p_k$  ( $\operatorname{tg}\varphi$ ), укажите, которое.



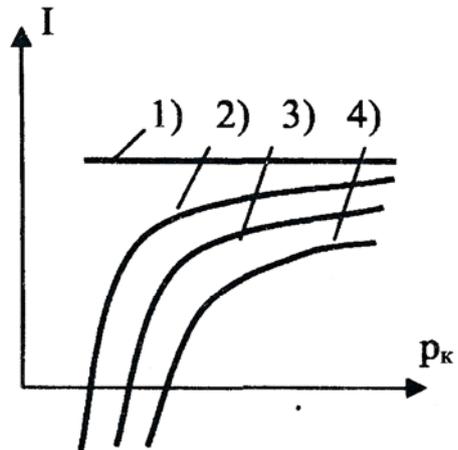
- 1)  $K_{\Pi} F_{\text{кр}} \varepsilon_k = ?$
- 2)  $P_H / p_k = ?$
- 3)  $P_{\Pi} - F_a p_H / p_k = ?$
- 4)  $I_{\Pi} / C^* = ?$

114. Какая характеристика соответствует изменению тяги в атмосфере при давлении:

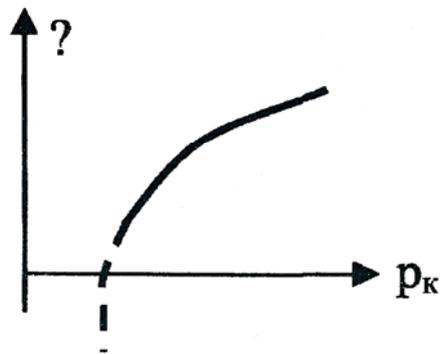
- а)  $0,5 p_H = 10^5 \text{ Па}$     б)  $p_H = 0,25 \cdot 10^5 \text{ Па}$



115. Какая из линий является характеристикой удельного импульса в пустоте?

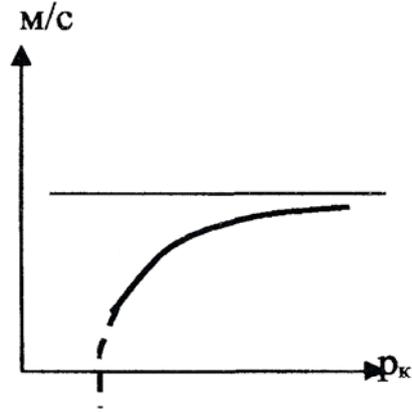


116. По какой формуле построен график?



- 1)  $? = W_a + p_a F_{a \text{ уд}}$
- 2)  $? = W_a + (p_a - p_n) F_{a \text{ уд}}$
- 3)  $? = I_n + p_n F_{a \text{ уд}}$
- 4)  $? = I_n / K_n$

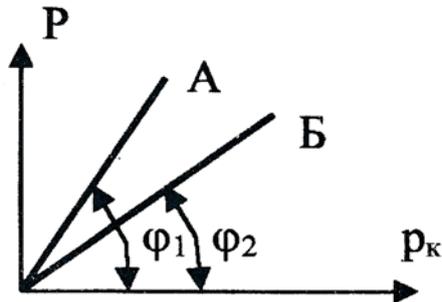
117. В какой формуле в явном виде записана величина  $\Delta$ ?



- 1)  $\Delta = m W_a + (p_a - p_n) F_a$
- 2)  $\Delta = W_a + p_a F_{a \text{ уд}}$
- 3)  $\Delta = P_n - p_n F_a$
- 4)  $\Delta = I_n - p_n F_{a \text{ уд}}$

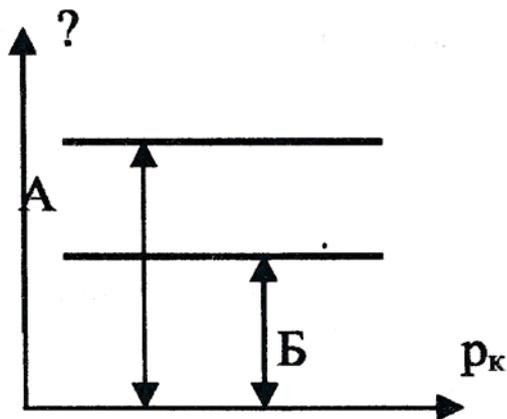
118. Каким силам соответствуют линии характеристик А и Б, если  $\tan \varphi_1 / \tan \varphi_2 = K_n$ ?

Линия	1)	2)	3)	4)
А	$P_n$	$P_n$	$P_n$	$P_p$
Б	$p_k F_k$	$P_k \varepsilon_k F_{кр}$	$p_k F_k$	$P_k \varepsilon_k F_{кр}$

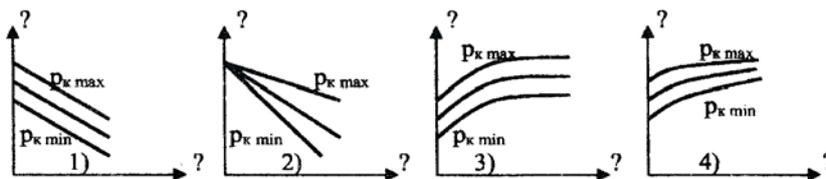


119. Каким параметрам соответствуют линии характеристик, если отношение их координат  $A/B=K_n$ ?

Линия	1)	2)	3)	4)
A	$I_n$	$I_p$	$P_n$	$P_n$
B	$C_*$	$P_k \epsilon_k F_{кр\ уд}$	$C_* m$	$P_k \epsilon_k F_{кр}$



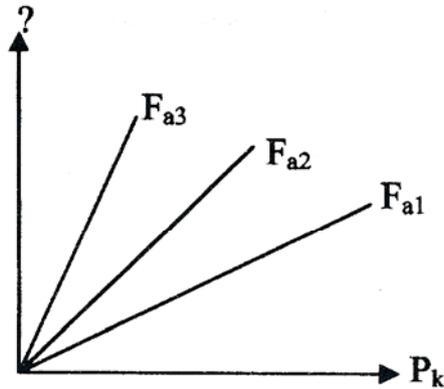
120. На каком графике приведены высотные характеристики камеры в координатах: а)  $P_n - p_n$ ? б)  $P_n - H$ ? в)  $I_n - p_n$ ? г)  $I_n - H$ ?



121. Сколько единиц прибавится при подъёме двигателя с параметрами  $F_{кр}=100 \text{ см}^2$ ,  $\bar{F}_a=28,5$ ,  $\varepsilon_{к}=1,0$ ,  $C^*=1750 \text{ м/с}$  с Земли на высоту с атмосферным давлением  $p_n=0,4 \cdot 10^5 \text{ Па}$ :

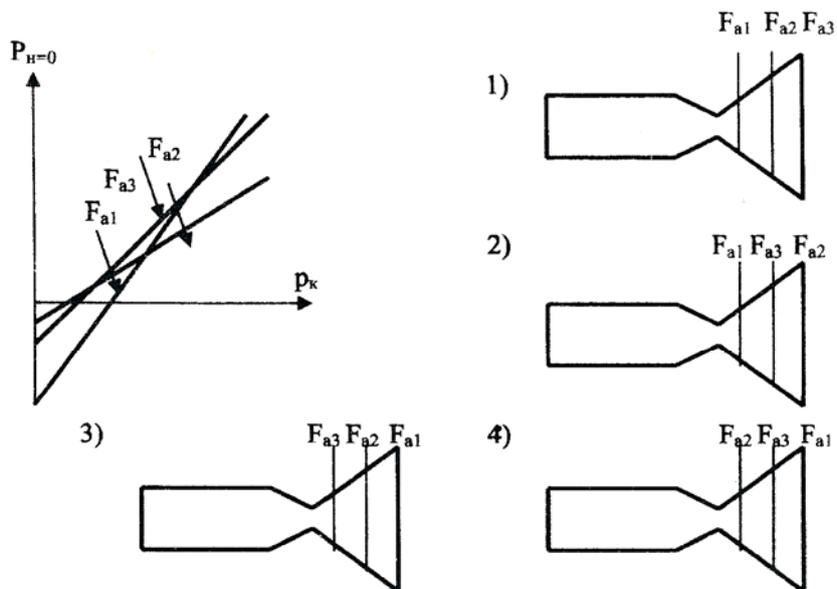
- а) тяги кН, если  $p_k=100 \cdot 10^5 \text{ Па}$
  - б) тяги кН, если  $p_k=150 \cdot 10^5 \text{ Па}$
  - в) удельного импульса м/с, если  $p_k=100 \cdot 10^5 \text{ Па}$
  - г) удельного импульса м/с, если  $p_k=150 \cdot 10^5 \text{ Па}$
- 1) 17
  - 2) 35
  - 3) 200
  - 4) 300

122. В каких координатах и для какого семейства камер построены характеристики?

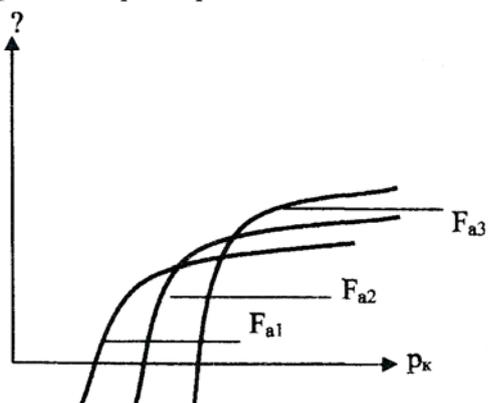


- 1)  $P_n - p_k; F_{a1} > F_{a2} > F_{a3}$
- 2)  $I_n - p_k; F_{a1} > F_{a2} > F_{a3}$
- 3)  $P_n - p_k; F_{a3} > F_{a2} > F_{a1}$
- 4)  $I_n - p_k; F_{a3} > F_{a2} > F_{a1}$

123. Для какого семейства камер построены характеристики?



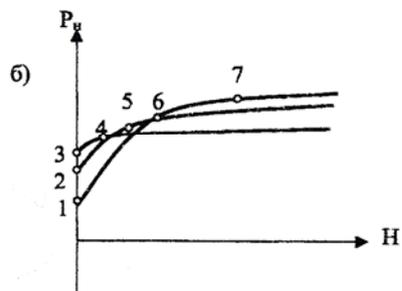
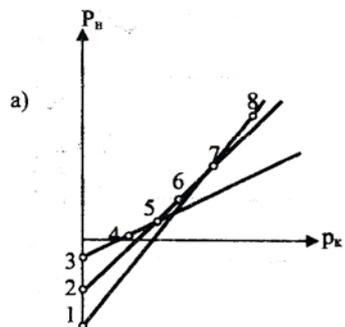
124. В каких координатах и для какого семейства камер  $F_{кр} = \text{const}$  построены характеристики?



1)  $P_H - P_K; F_{a1} < F_{a2} < F_{a3}$

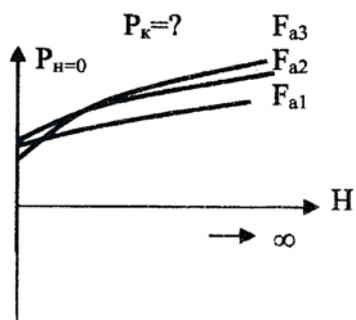
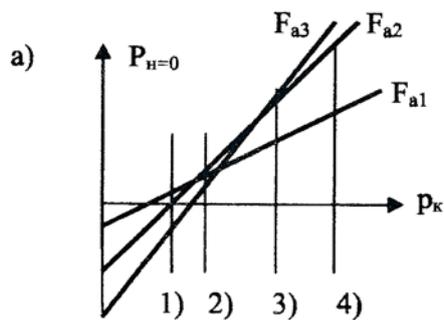
- 2)  $I_H - p_k; F_{a1} < F_{a2} < F_{a3}$
- 3)  $P_H - p_k; F_{a1} > F_{a2} > F_{a3}$
- 4)  $I_H - p_k; F_{a1} > F_{a2} > F_{a3}$

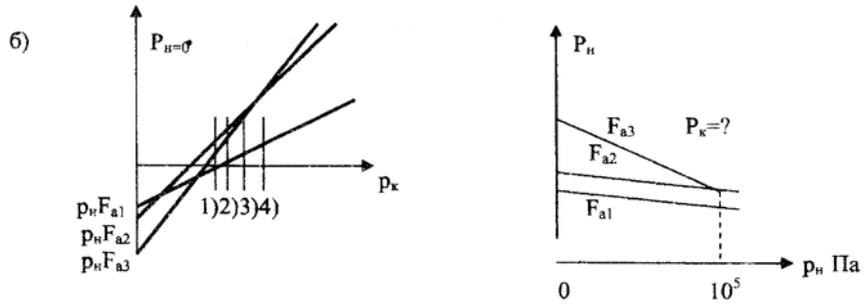
125. В каких точках касается характеристик семейства трёх камер  $F_{кр} = \text{const}$ ,  $F_a = \text{var}$  характеристика камеры с идеально регулируемым соплом?



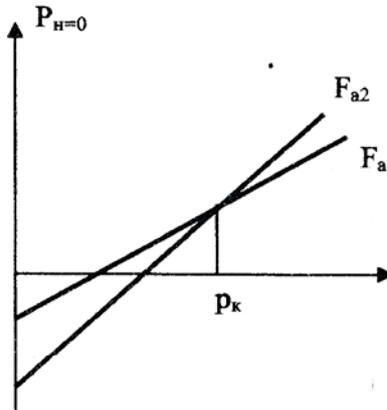
- 1) 1; 3; 5.
- 2) 2; 4; 6.
- 3) 3; 5; 7.
- 4) 4; 6; 8.

126. При каком давлении в камере  $p_k$  построены высотные характеристики семейства камер  $F_{кр} = \text{const}$ ,  $F_a = \text{var}$ ?



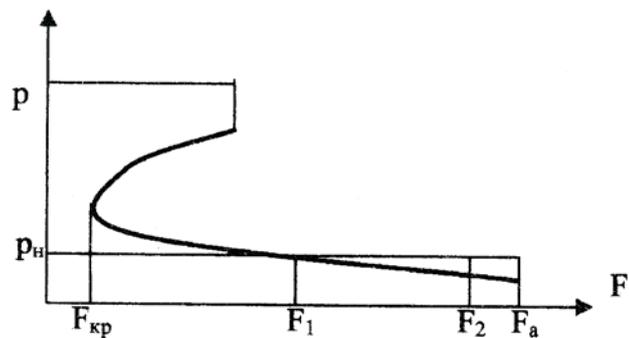


127. Какую площадь сопла  $F_a$  имеет камера, работающая на расчетном режиме при давлении  $p_k$ ?



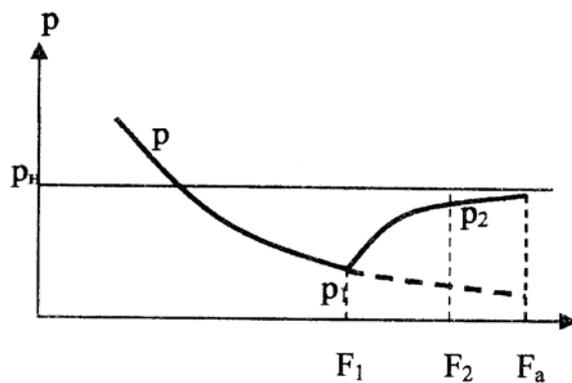
- 1)  $F_a = F_{a1}$
- 2)  $F_{a1} < F_a < F_{a2}$
- 3)  $F_a = F_{a2}$
- 4)  $F_a > F_{a2}$

128. На режиме перенасыщения потока внутри сопла разместился скачок уплотнения. В каком сечении произойдет отрыв от стенок при давлении в атмосфере  $p_n$ ?



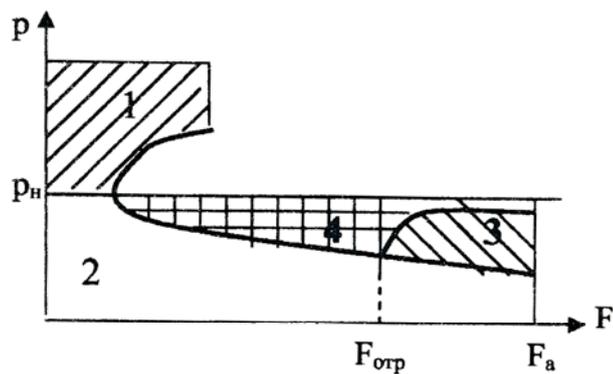
- 1)  $F_{кр}$
- 2)  $F_1$
- 3)  $F_2$
- 4)  $F_a$

129. На участке отрыва потока от стенок сопла давление восстанавливается от  $p_1$  до  $p_2 \approx 0,95p_n$ . Как меняется протяжённость зоны отрыва (расстояние  $F_1-F_2$ ) при перемещении скачка вглубь сопла?



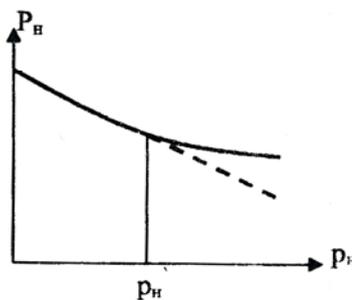
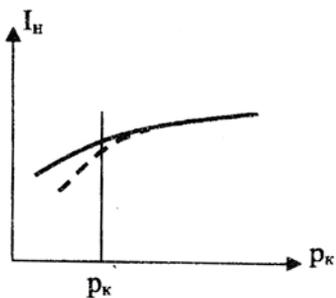
- 1) Не меняется
- 2) Увеличивается
- 3) Уменьшается
- 4) Вначале увеличивается, затем уменьшается.

130. Сумма каких площадей на диаграмме  $p\Gamma$  эквивалентна тяге в атмосфере на режиме отрыва потока от стенок?



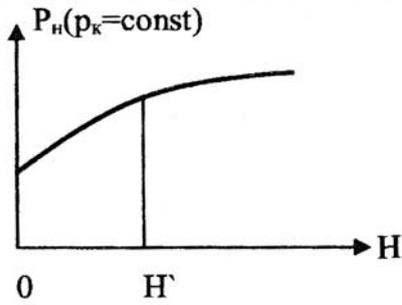
- 1) 1+2
- 2) 1+2 - 3 - 4
- 3) 1 - 3
- 4) 1 - 4

131. В каком сечении сопла расположен скачок:  
 а) при давлении в камере  $p_k$ ? б) при давлении в атмосфере  $p_n$ ?



- 1) За срезом сопла
- 2) На срезе сопла
- 3) Внутри сопла
- 4) В критическом сечении сопла

132. На какой высоте сопло работает на расчётном режиме, если на высоте  $H'$  скачок расположен на срезе сопла?

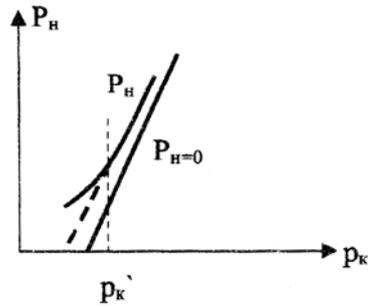
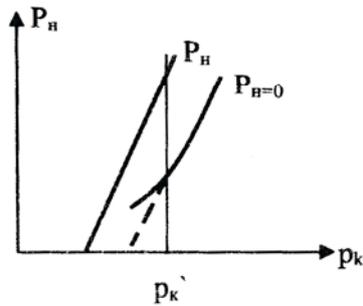


- 1)  $H_p > H'$
- 2)  $H_p = H'$
- 3)  $H_p < H'$
- 4)  $H_p = 0$  км

133. При каком давлении в камере  $p_k$  возникнут режимы с отрывом потока в сопле, если высота

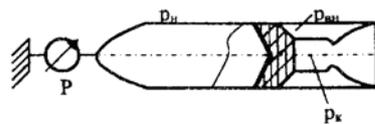
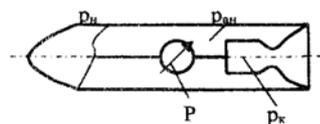
а)  $H > 0$  км?

б)  $H = 0$  км?

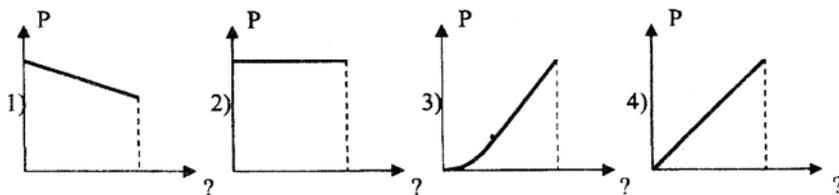


- 1)  $p_k > p_k'$
- 2)  $p_k = p_k'$
- 3)  $p_k < p_k'$
- 4)  $p_k >> p_k'$

134. Какую зависимость покажет тягомер P, установленный как показано на рисунках, если

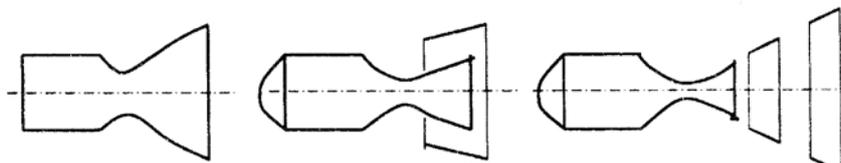


- а)  $p_k = \text{const}, p_n = \text{const}, p_{вн} = \text{var}$   
 б)  $p_k = \text{const}, p_n = \text{var}, p_{вн} = \text{const}$   
 в)  $p_k = \text{var}, p_n = \text{const}, p_{вн} = \text{const}$   
 г)  $p_k = \text{var}, p_n > 0, p_{вн} = 0?$   
 д)  $p_k = \text{const}, p_n = \text{const}, p_{вн} = \text{var}$   
 е)  $p_k = \text{const}, p_n = \text{var}, p_{вн} = \text{const}$   
 ж)  $p_k = \text{var}, p_n = \text{const}, p_{вн} = \text{const}$   
 з)  $p_k = \text{var}, p_n = 0, p_{вн} > 0?$

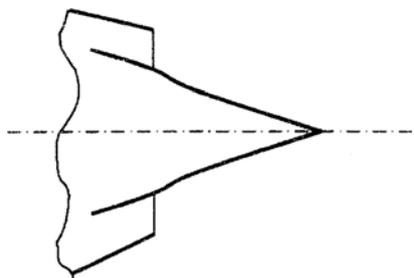


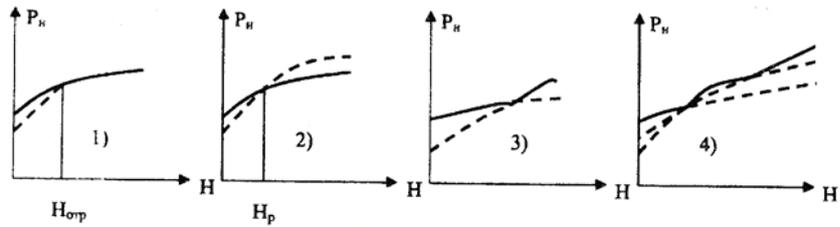
135. Какая высотная характеристика соответствует случаям

- а) б) в)

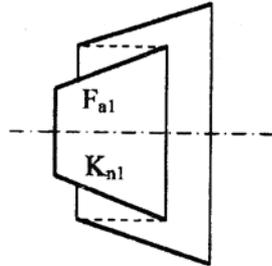


г)



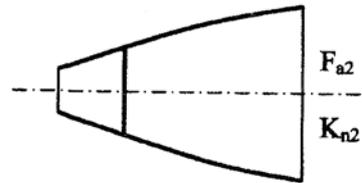


136. Двигатель работает при  $p_k=200 \cdot 10^5$  Па и снабжён регулируемым двухпозиционным соплом, имеющим соответственно высотности  $p_{n1}=0,8 \cdot 10^5$  Па и  $p_{n2}=0,1 \cdot 10^5$  Па. При каком атмосферном давлении  $p_n$  следует осуществлять переключение сопла с первой позиции на вторую?



1 позиция

$$\bar{F}_{a1}=27,3 \quad K_{n1}=1,899$$

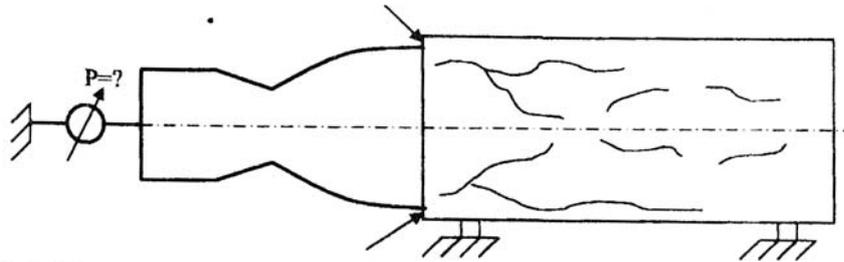


2 позиция

$$\bar{F}_{a2}=149,9 \quad K_{n2}=2,054$$

- 1)  $\sim 0,1 \cdot 10^5$  Па
- 2)  $\sim 0,25 \cdot 10^5$  Па
- 3)  $\sim 0,45 \cdot 10^5$  Па
- 4)  $\sim 0,80 \cdot 10^5$  Па

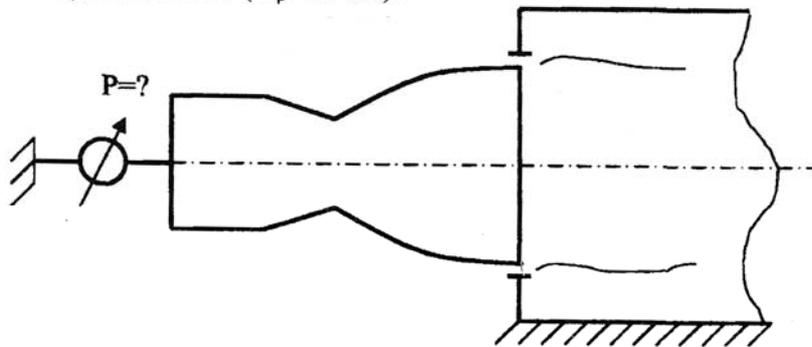
137. Какая тяга  $P$  будет зарегистрирована при стендовых испытаниях высотного ( $H_p=10$  км) двигателя с выхлопным диффузором?



- 1)  $P = P_n$
- 2)  $P > P_p$
- 3)  $P = P_p$
- 4)  $P < P_p$

138. Какую тягу покажет тягомер при стендовых испытаниях двигателя с выхлопом в барокамеру; давление в барокамере соответствует  $H = 10$  км:

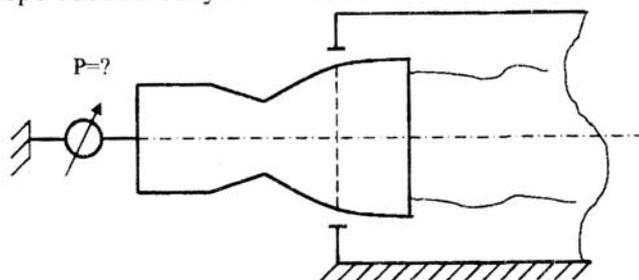
- а) невысотного ( $H_p = 5$  км)?
- б) высотного ( $H_p = 10$  км)?



- 1)  $P = P \quad H = 10$  км
- 2)  $P = P \quad H = 5$  км
- 3)  $P = P \quad H = 0$  км
- 4)  $P = P \quad H < 0$  км

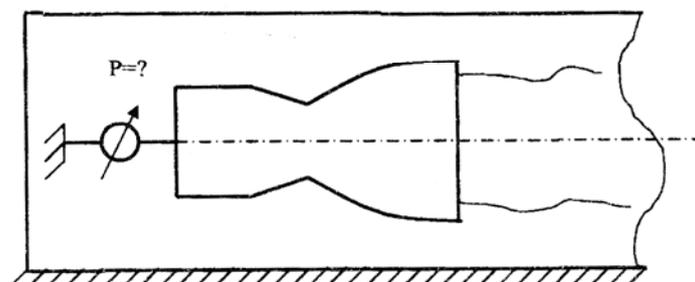
139. Какая тяга  $P$  будет зарегистрирована при стендовых испытаниях высотного двигателя ( $H_p = 15$  км) с выхлопом в ба-

рокамеру, установленную как показано на рисунке; давление в барокамере соответствует  $H=10$  м?



- 1)  $P=P$   $H=0$  км
- 2)  $P$   $H=0$  км  $<P < P$   $H=10$  км
- 3)  $P$   $H=10$  км  $<P < P$   $H=15$  км
- 4)  $P$   $H=15$  км  $<P < P_{п}$

140. Какая тяга будет зарегистрирована при стендовых испытаниях камеры с высотным соплом ( $H_p=10$  км); камера помещена в барокамеру, давление в которой соответствует давлению на высоте  $H=15$  км?



- 1)  $P=P$   $H=0$  км
- 2)  $P=P$   $H=10$  км
- 3)  $P=P$   $H=15$  км
- 4)  $P=P_{п}$

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	
1. Основные обозначения и зависимости.....	3
2. Контрольные вопросы.....	8

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению практических и самостоятельных работ по дисциплине «Проектирование комбинированных реактивных двигателей» по специальности 160700.65, 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» очной формы обучения.

Составители: Горохов Виктор Дмитриевич  
Шматов Дмитрий Павлович

В авторской редакции

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»  
394026 Воронеж, Московский пр., 14