

**Національний центр аерокосмічної освіти
молоді України**
Заочна аерокосмічна школа
«Всесвіт»

"Затверджено"

.....

Л.С. Павлікова,
завідуюча навчальною
частиною ЗАКШ

Ракетно-космічна техніка
Космічні літальні апарати
Методична розробка і завдання №3

В.Ю.Шевцов

Підготували
к.т.н., доцент ДНУ

к.т.н., доцент ДНУ М.П.Резвін

м.Дніпропетровськ
2009р

1. Завдання на розробку КЛА. Вибір принципової схеми.

Будова КЛА залежить від поставлених перед ним завдань. Конструктор, перш ніж приступити до визначення складу та будови КЛА, розробляє його принципову схему, в якій шляхом аналізу альтернативних засобів вирішення того чи іншого питання вибирає послідовність виконання завдання та засоби вирішення всіх питань, що виникають в процесі розробки КЛА. Щоб краще зрозуміти початковий етап розробки КЛА, розглянемо його на прикладі розробки КЛА для польоту екіпажу з трьох чоловік навколо Землі, виконання наміченої програми досліджень протягом тижня та повернення на Землю. В програму досліджень входять спостереження зоряного неба за допомогою спеціальних приладів в видимому, ультрафіолетовому та рентгенівському діапазонах випромінювання, дослідження геолого-географічних характеристик поверхні Землі та медико-біологічні спостереження за станом здоров'я членів екіпажу.

Згідно з завданням на розробку КЛА виберемо його принципову схему. Склад робіт, які повинен виконати екіпаж на орбіті, можна забезпечити шляхом використання оптичного телескопа, системи телескопів "Оріон-2" для спостережень в ультрафіолетовому діапазоні та приладів фіксації інтенсивності рентгенівського випромінювання з фіксованої ділянки неба. Для дослідження геолого-географічних характеристик поверхні можна використати багатоканальну фотоапаратуру, для медико-біологічних досліджень - прилади для виміру тиску крові, її складу, частоти пульсу, знімання електрокардіограм, часу реакції, зміни тону м'язів та інше.

Щоб виконати заплановані дослідження, потрібно, щоб один з членів екіпажу був фахівцем з медико-біологічних досліджень, бажано лікарем, другий член екіпажу міг працювати з відповідною науковою, оптичною та електронною апаратурою, тобто був інженером-дослідником. У функції другого космонавта входить також обслуговування інформаційного та радіотехнічного комплексу КЛА. І, нарешті, третім членом екіпажу повинен бути пілот-космонавт, що може керувати польотом і досконало володіє всіма системами КЛА.

Для забезпечення роботи наукових приладів та нормальної життєдіяльності екіпажу на борту КЛА потрібно передбачити відповідний інформаційний комплекс, до складу якого ввійдуть системи телеметричного, радіо-, ТВ-зв'язку з наземними структурами; системи передачі команд та керування КЛА, прилади для проведення траєкторних вимірів, системи обробки наукової інформації.

Ефективність праці членів екіпажу, роботи апаратури досліджень та інформаційного комплексу залежить від параметрів атмосфери всередині КЛА, енергозабезпечення, від санітарно-гігієнічних умов. Щоб підтримувати параметри атмосфери КЛА, до складу системи життєзабезпечення КЛА потрібно включити блоки регенерації повітря, систему забезпечення теплового режиму. Для живлення апаратури передбачаються системи енергопостачання; для підтримання необхідних санітарно-гігієнічних умов - запаси харчів та питної води, санітарно-асенізаційний пристрій. На випадок виходу в відкритий космос або розгерметизації КЛА - скафандри.

Для підтримки параметрів руху КЛА навколо центру мас, виконання маневрів при зближенні та стиковці до складу СЖЗ включена система керування орієнтації та стабілізації, а для підтримки траєкторних параметрів - маневрові двигуни на двохкомпонентному паливі.

За траєкторію польоту приймаємо кругову з кутом нахилу площини орбіти до площини екватора, рівним кутові широти розташування космодрому. Вивід КЛА на орбіту можна здійснити ракетою-носієм "Зеніт", яка виводить на орбіту висотою 200 км більше 14т корисного вантажу.

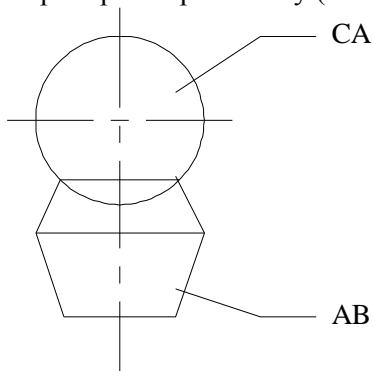
Для повернення та посадки екіпажу на Землю слід передбачити апарат спуску, облаштований парашутною системою та двигунами м'якої посадки. Спусковий апарат повинен бути міцним, жаростійким, не тонути, якщо посадка здійснюватиметься на воду, мати запас харчів та води на декілька діб на випадок приземлення в важкодоступних місцях або при несприятливих умовах.

2. Конструктивно-компоновачна схема КЛА.

Конструктивно-компоновачна схема є матеріальною реалізацією принципової схеми. Вона визначає взаємне розташування всіх систем і конструкцій таким чином, щоб впродовж польоту можна було вирішити всі завдання поставлені перед КЛА.

Найбільш раціональною конструктивно-компоновочною схемою при наявності на борту екіпажу є модульна, яка дозволяє будувати КЛА з ізованих відсіків і отримувати вигоду у масі за рахунок відокремлення їх на визначених етапах польоту та за рахунок того, що засобами повернення облаштовується не весь КЛА, а тільки СА, а це в свою чергу, зменшує кількість палива, потрібного для повернення. Модульна компоновка дозволяє спростити конструкцію, бо орбітальний та апаратний відсіки не потребують теплозахисного покриття. Це, в свою чергу, спрощує установку на корпусі орбітальних модулів антен, радіаторів та інших елементів. Крім

того, модульний принцип дозволяє доопрацювання КЛА при вирішенні інших завдань шляхом модифікації і навіть заміни одного з модулів. Конструктивно-компоновочну схему КЛА можуть складати два і більше відсіків. Розглянемо декілька варіантів компоновки. В першому варіанті екіпаж весь час знаходиться в одному відсіку - в СА, всі допоміжні системи - в приборно-агрегатному (АВ на мал. 1).



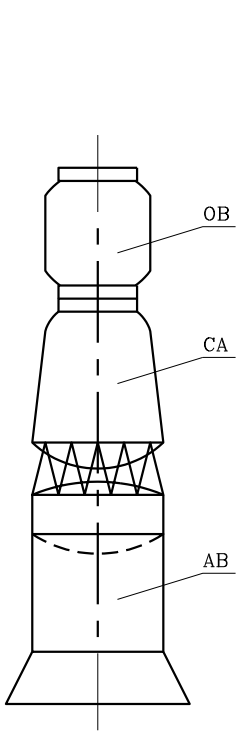
Мал. 1

Про недоліки цієї схеми уже йшла мова при виборі модуля СА. Головне протиріччя такої схеми знаходиться в тому, що для повернення спусковий апарат СА повинен мати мінімальний об'єм (відповідно і вагу), а для роботи та відпочинку екіпажу - якомога більший.

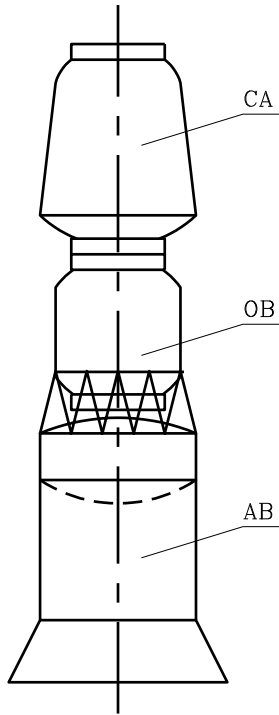
Це протиріччя можна зняти використанням додаткового відсіку як основного для праці екіпажу. Додатковий, або орбітальний відсік - ОВ, повинен з'єднуватись з СА люками. Розташування СА зверху обумовлюється його кінчною формою, яка вдало

вписується в конус головного обтікача (мал. 2а), але в цьому разі люк для переходу потрібно облаштувати на дніщі СА, покритому теплозахисним покриттям, цільність якого не бажано порушувати. Незважаючи на гірший варіант розташування ОВ зверху, цей варіант все ж кращий з точки зору безпеки СА при поверненні, бо має не порушене теплозахисне покриття (мал. 2б). Можливий і третій компромісний варіант (мал. 2в), але він вимагає перебудови КЛА на орбіті з порушенням комунікацій, що не бажано.

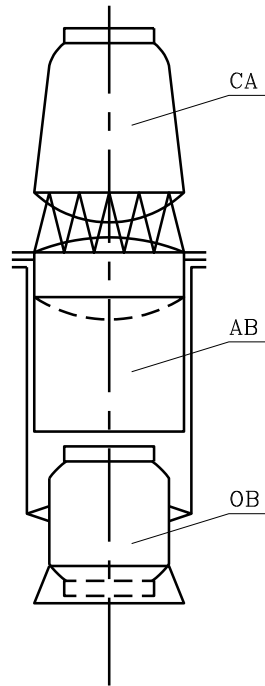
Під аеродинамічним обтікачем КЛА прикріплюється до силового шпангоуту другої ступені (мал. 3а), а система аварійного порятунку (САП) вільно переміщується відносно конструкції обтікача і фіксується лише в мить аварії. Якщо політ протікає успішно, то після закінчення роботи двигуна першої ступені і до виходу двигуна другої ступені на режим спочатку скидається САП (мал. 3б), а потім головний обтікач (мал. 3в).



Мал. 2б



Мал. 2а

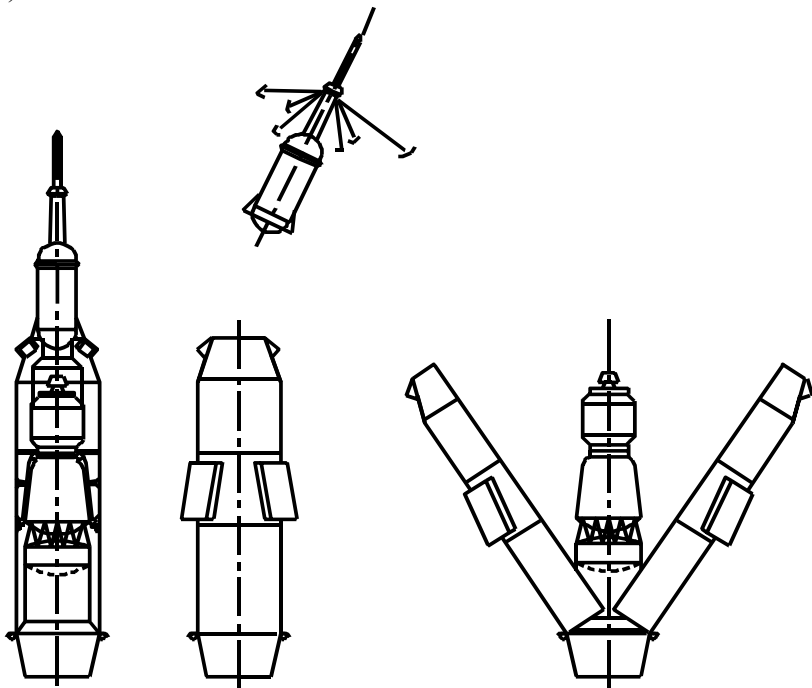


Мал.2в

Агрегатний відсік, в якому знаходяться основні агрегати КЛА, розташований останнім. Щоб не виділяти відсік з приладами в окремий, його поєднують з агрегатним, залишаючи в якійсь мірі автономним. В агрегатному відсіку розташовані маршовий двигун, сопло якого виходить через донний екран, баки з паливом, балони з газом наддуву, блоки системи електроживлення та агрегати системи терморегуляції. На корпусі АВ знаходяться радіатори системи терморегуляції, сонячні батареї, блоки мікрореактивних двигунів причалювання та орієнтації, різні датчики та інше.

3. Конструкція КЛА

Конструкція КЛА складається з трьох відсіків, які механічно з'єднуються між собою і розділяються з допомогою піротехнічних пристроїв (мал. 4).



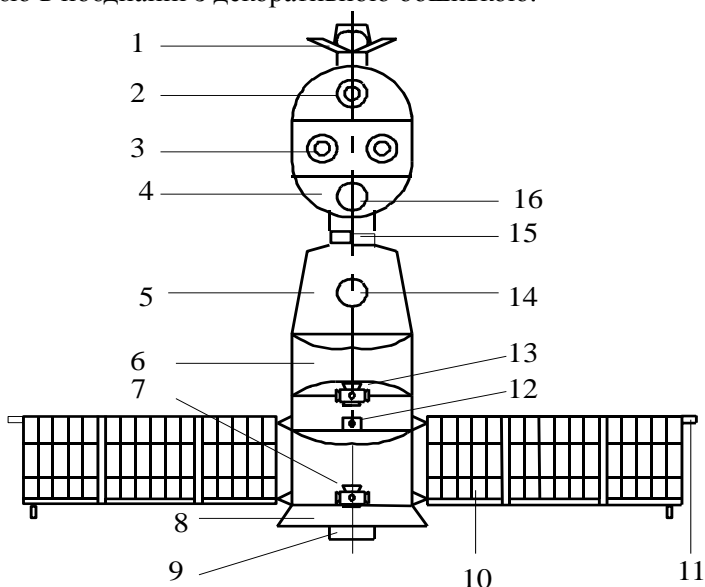
Мал. 3а

Мал. 3б

Мал. 3в

Герметичний корпус СА зроблений з алюмінієвого сплаву, має конічну форму, яка в нижній і верхній частинах переходить у сфери. Для зручності монтажу апаратури та обладнання в середині СА лобова частина корпусу зроблена з'ємною. Зовні корпус має теплоізоляцію, до складу якої входить лобовий екран, що відстрілюється на ділянці парашутування, та бокового і донного теплозахисного покриття. У верхній частині корпусу знаходиться люк для сполучення з ОВ і виходу екіпажу після приземлення з СА. СА обладнаний трьома ілюмінаторами, з яких два мають трискляну, а один двоскляну конструкцію.

В корпусі також розташовані два герметичних закритих відстрілюваними кришками парашутних контейнери: один для основного, другий для запасного парашутів. На лобовій частині корпусу розташовані 4 двигуна м'якої посадки. З середини корпус і обладнання СА покриті теплоізоляцією в поєднанні з декоративною обшивкою.



Мал. 4

1 - стиковий агрегат; 2 - УКВ антена; 3- РТВ антена; 4 - орбітальний відсік; 5 - спусковий апарат; 6 - перехідний відсік; 7 - двигуни СКОС; 8 - агрегатний відсік; 9 - двигуни корекції траєкторії; 10 - панелі сонячних батарей; 11 - бортові сигнальні вогні; 12 - датчик орієнтації на Сонце; 13 - двигуни причалювання та орієнтації; 14 - ілюмінатор; 15 - стиковочний вузол; 16 - люк посадки екіпажу.

Герметичний корпус ОВ зроблений з магнієвого сплаву і складається з двох напівсферичних оболонок, з'єднаних циліндричною вставкою. Відсік має два оглядових ілюмінатора. В корпусі розташовують два люки, один з яких з'єднує ОВ з СА, інший - використовується для посадки екіпажу в КЛА на старті і для виходу в космос. Конструктивно цей люк поєднується з агрегатом стикування з іншим КЛА та орбітальними станціями. Агрегат стикування виконує функції поглинання енергії при зближенні, робить початкове зчеплення, вирівнювання та стягування двох КЛА між собою, жорстке з'єднання конструкцій КЛА з утворенням герметичного стику між ними, розстиківку і роз'єднання.

Агрегатний відсік (в нашому випадку і відсік для приладів) складається з перехідної, приладової та агрегатної секцій. В перехідній секції, виконаній у вигляді фермової конструкції, що з'єднує СА з приладовою секцією, знаходиться 10 двигунів причалювання та орієнтації тягою 100н (10 кГ) кожний, паливні баки і система подачі однокомпонентного палива (ОН). Герметична приладова секція зроблена з алюмінієвого сплаву в формі циліндру з двома з'ємними кришками. Корпус агрегатної секції зроблено також з алюмінієвого сплаву в вигляді циліндричної оболонки, яка переходить в конічну і закінчується базовим шпангоутом для розміщення КЛА на РН. Зовні на агрегатній секції знаходиться великий радіатор-випромінювач системи терморегуляції, 4 двигуни причалювання і орієнтації з тягою 100 н кожний, 8 двигунів орієнтації з тягою 10-15н кожний. В агрегатній секції розміщені основний і дублюючий двигуни зближення та корекції. Двигуни мають тягу 4,1 кН (410кг), паливні баки і систему подачі двокомпонентного палива.

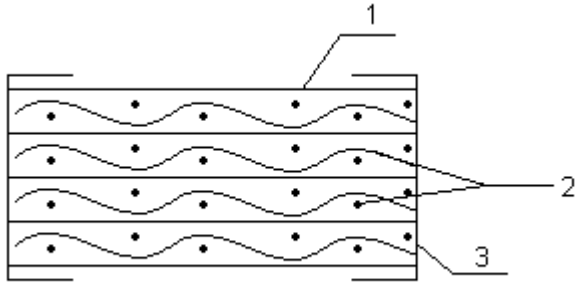
Біля базового шпангоуту при потребі розміщуються сонячні батареї, виконані у вигляді двох "крил", кожне з яких має 3-4 секції. Всі відсіки КЛА зовні закриті екранно-вакуумною теплоізоляцією, конструкція якої показана на мал. 5, де 1 - металізована плівка, 2 - сітка з теплоізоляційного матеріалу.

4. Конструктивно - компоновочні схеми сучасних КЛА

Розробка та будова КЛА, про які йшла мова вище, відносяться до відомих космічних кораблів "Союз". Цей КЛА розглядався нами тому, що в доступній для вас літературі ви зможете знайти найбільш вичерпні відповіді по найбільш актуальних питаннях будови КЛА. Та якщо ви маєте змогу працювати з відповідною літературою, то зустрінетесь з великим розмаїттям компоновочних схем і конструкцій КЛА. І все ж, зважаючи на найбільш загальні особливості будови, всі КЛА за схемами компоновки можна розділити на:

- герметичні моноблоки,
- негерметичні моноблоки,
- герметичні модульні;
- негерметичні модульні.

Розглянемо недоліки та переваги вказаних схем.

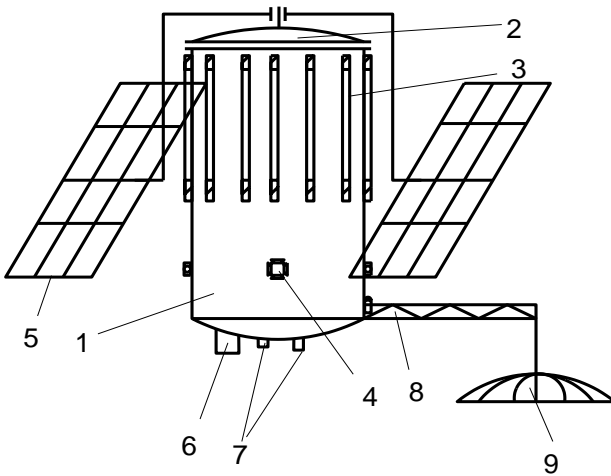


Мал. 5

1 – екрано-вакуумна ізоляція (металізована плівка)

2 – каркасна дротова теплоізоляційна сітка (може використовуватись як термоелектрична в деяких вузлах для підігріву)

3 – елемент конструктивного оформлення



Мал. 6

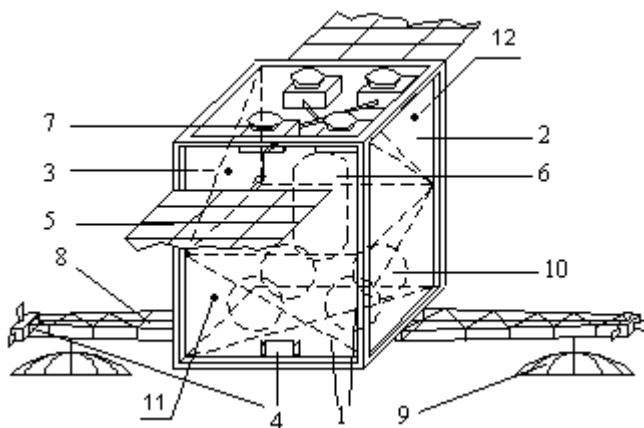
На мал. 6 приведена схема будови герметичного моноблочного КЛІА, де 1 - циліндричний оболонковий корпус, 2 - днище, 3 - жалюзі системи терморегуляції, 4 - мікродвигуни системи СКОС - керування, орієнтації, стабілізації; 5 - сонячні батареї, 6 - гермоввід, 7 – оптична

апаратура

8 - ферма, 9 - направлена параболічна антена.

Схеми компоновки, подібні до приведеної, дозволяють підтримувати необхідні для експлуатації умови всередині КЛІА. Недоліками такої схеми є складність монтажу комплектуючих систем, більша маса конструкції, неможливість термінової заміни несправної системи чи конструкції, малий

термін надійного функціонування герметичних конструкцій внаслідок втрати герметичності. Подібний КЛА важко і переспеціалізувати на вирішення інших завдань.



Мал. 7

На мал. 7. приведена схема будови негерметичного блочного КЛА, де 1 - силова ферма, на якій збираються блоки всіх комплектуючих систем, 2,3 - навісні панелі з розташованими на них приладами комплектуючих систем; та науковою апаратурою, 4 - мікродвигуни системи СКОС, 5 - сонячні батареї, 6 - паливний бак двигуна корекції траєкторії, 7 - двигуни корекції траєкторії, 8 - ферми для приладів, які повинні бути розташовані як можна далі від корпусу, 9 - направлена параболічна антена, 10 - шаробалони з газом високого тиску для роботи мікродвигунів системи СКОС. Схема мал. 7. вирішує багато проблем першої схеми; особливо вдало вирішено питання блокової комплектації систем інформаційного комплексу та обслуговуючих систем. Та все ж і ця схема попри всі свої переваги непридатна для таких КЛА, як "Союз", та їм подібних. Модульну, герметичну компоновку КЛА ми детально розглянули на прикладі розробки КЛА "Союз". Цю схему також можна поліпшити шляхом виконання відсіків, в яких не обов'язково мати атмосферу, в негерметичному варіанті.

На схемі мал. 8 обслуговуючі системи приладового відсіку СКОС, СЕП та системи інформаційного комплексу змонтовані у вигляді стандартних блоків 3,6,7, які неважко замінити на аналогічні чи модернізовані, відсік двигунів виділено в окремий, а відсік наукової чи технологічної апаратури (на малюнку відсутній) можна змінювати в залежності від завдання досліджень. На мал. 8:1 - форма приладового

відсіку, 2- корпус відсіку двигунів, 4 - двигун корекції траєкторії, 5 - направляючі штирі для стиковки модульних відсіків КЛА.

мал.8

5. Домашнє завдання

Завдання полягає в тому щоб:

1. Вивчити будову КЛА різних класів, у тому числі і того КЛА, який ти побажав вивчити.

2. Намалювати, або краще накреслити у розрізі компоновку КЛА, а якщо зможеш, то більш детально її складові частини.

3. Позначити на малюнках та описати в тексті назву основних елементів КЛА, їх призначення.

Поміркуйте і дайте відповідь на такі запитання!

4. Чому деякі прилади науково-дослідної апаратури розташовують найдалі від двигунів?

5. Які елементи системи СЗТР ти знаєш? В яких випадках і які елементи краще використовувати?

6. Які засоби стабілізації КЛА ти знаєш? Приведи схеми різних засобів стабілізації.

7. Як можна домогтись такого стану, щоб прилади спостереження та зв'язку весь час були зорієнтовані на Землю, а сонячні батареї на Сонце?

8. Конструкція СА та ОВ (в розглянутому нами прикладі) повинна задовольняти багатьом вимогам. Яким саме? Накресли розріз корпусу СА і розріз корпусу ОВ.

Додаткове завдання для самостійної творчості

9. Спробуй придумати просту, надійну конструкцію стикового вузла двох КЛА. Конструкція повинна відповідати вимогам, приведеним у параграфі 3.

10. За десятки років з початку космічної ери в навколосемному просторі накопичилась велика кількість "космічного сміття" з "мертвих" КЛА та їх уламків. Спробуй розробити систему знищення або самознищення КЛА, чи очищення космосу від "сміття" іншими засобами.

11. Спробуй розробити цікаву ідею створення власного КЛА, бажано, щоб він був простим і не потребував великих матеріальних затрат та грошових коштів.

Примітка. Не кожен з вас має можливість працювати з необхідною літературою. Тому цінуватись твоя робота буде не стільки за об'єм матеріалу, скільки за ретельність, старанність, розумну фантазію, особливо за власні ідеї та конструкції. Дуже важливо, щоб робота виконувалась самостійно.

Рекомендована література.

1. К.Гэтланд. Космическая техника, изд-во "Мир", М, 1986.
2. Космические аппараты. П/р. К.П.Феоктистова, Воениздат, М, 1983.
3. Космонавтика, энциклопедия, из-во «Советская инцклопедия», М., 1985.
4. Н.И.Паничкин, Ю.В.Слепушкин и др. Конструкция и проектирование КЛА, Машиностроение, М., 1986.
5. Инженерный справочник по космической технике. Воениздат, М., 1977.
6. Г.П.Дементьев, А.Г.Захаров, Ю.К.Козаров, Физико-технические основы создания и применения КА, Машиностроение, М., 1987.
7. Советские пилотируемые космические корабли и орбитальные станции , п-р Г.С.Нариманова, Машиностроение, М., 1976.
8. Краффт А.Эрике. Бущее космической индустрии. Пер. с англ., Машиностроение, 1979.
9. Н.А.Варваров, Популярная космонавтика, Машиностроение, М., 1981.
10. Космодром, п-р.А.П.Вольский, Воениздат, М., 1977.