



Державне підприємство  
«Конструкторське бюро «Південне» ім. М.К. Янгеля»

**Наземні технічні комплекси. Експлуатація ракет-  
носіїв космічних апаратів і ракетних комплексів  
космічного призначення**

**Навчально-методичний посібник**

Розробник

Заступник начальника комплексу,  
к.т.н. Фролов В.П.

Дніпро

2022

## ЗМІСТ

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО КОСМОДРОМИ І КОСМІЧНІ РАКЕТНІ КОМПЛЕКСИ.....	6
1.1 Космодром, основні визначення, що пред'являються до космодромів при підготовці ракети-носія до пуску і пуску. Загальна структура, призначення і склад космодрому.....	6
1.2 Географічне розміщення і структура космодромів світу .....	8
2. КОСМІЧНИЙ РАКЕТНИЙ КОМПЛЕКС .....	34
2.1 Основні визначення, структура і класифікація космічних ракетних комплексів.....	34
2.2 Старт ракети-носія. Типи старту.....	35
3. НАЗЕМНИЙ КОМПЛЕКС .....	38
3.1 Призначення, склад і основні характеристики наземного комплексу.....	38
3.2 Критерії при створенні наземних комплексів.....	38
3.3 Підходи, вживані по зниженню вартості, термінів створення, чисельності обслуговуваного персоналу при створенні НК.....	39
3.4 Технологічний процес підготовки ракети і космічного апарату до пуску.....	39
3.4.1 Горизонтальне транспортування і зборка ракети-носія.....	40
3.4.2 Вертикальне транспортування і зборка ракети-носія.....	42
3.5 Комплекс будівельних споруд. ....	45
4. СТАРТОВИЙ КОМПЛЕКС. ПРИСТРІЙ, ВЖИВАНЕ УСТАТКУВАННЯ .....	52
4.1 Основні визначення. Структура, склад і облаштування стартового комплексу .....	52
5. ТЕХНІЧНИЙ КОМПЛЕКС РН І РКП. ПРИСТРІЙ, ВЖИВАНЕ УСТАТКУВАННЯ .....	56
5.1 Основні визначення .....	56
5.2 Типи монтажно-випробувальних корпусів для вертикальної і горизонтальної зборки РКП.....	58
6. ТЕХНІЧНИЙ КОМПЛЕКС КОСМІЧНОГО АПАРАТУ І ГОЛОВНОГО БЛОКУ .....	59
7. КОМАНДНИЙ ПУНКТ.....	63
8. ТЕХНОЛОГІЧНЕ УСТАТКУВАННЯ І ОКРЕМІ СИСТЕМИ КОСМІЧНИХ РАКЕТНИХ СИСТЕМ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ ПІДГОТОВКУ І ПУСК. РКП СТАЦІОНАРНИХ НАЗЕМНИХ КОСМІЧНИХ РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ.....	66

9. ОБ'ЄКТИ І СИСТЕМИ ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НАЗЕМНОГО КОМПЛЕКСУ .....	67
9.1 Система електропостачання наземного комплексу .....	67
9.2 Система зовнішнього освітлення НК.....	108
9.3 Система водопостачання і каналізації.....	110
9.4 Транспортні комунікації.....	111
9.5 Система виявлення і гасіння пожежі НК.....	112
9.6 Засоби збору відходів.....	114
9.7 Система охорони НК.....	114
9.8 Система телекомунікаційного забезпечення.....	117
10. ОБ'ЄКТИ І СИСТЕМИ ІНФРАСТРУКТУРИ КОСМОДРОМУ .....	119
10.1 Центр управління польотами.....	119
10.2 Комплект засобів вимірів, збору і обробки інформації.....	120
10.3 Морський порт.....	120
10.4 Аеропорт.....	121
10.5 Транспортні комунікації.....	121
10.6 Киснево-азотний завод.....	122
10.7 Зона зберігань компонентів палива.....	123
10.8 Фізико-хімічна лабораторія.....	136
10.9 Метрологічна лабораторія.....	138
10.10 Електротехнічна лабораторія.....	138
10.11 Засоби контролю ЕМІ і ЕМС.....	139
10.12 Система єдиного часу.....	140
10.13 Система виробництва стислих газів.....	141
10.14 Об'єкти житлово-побутового забезпечення.....	149
Висновок.....	149

## Список скорочень

- АДЕ – автономне джерело електроенергії;  
АСУ ПП – автоматизована система управління підготовки і пуску  
АЧХ – амплітудно-частотна характеристика;  
БР – балістична ракета;  
ГБ – головний блок  
ГО – головний обтічник;  
ГПП – головна понизительная підстанція  
ГРЩ – головний розподільний щит  
РУ – рухова установка  
ДЕУ – дизельна енергоустановка;  
ЗІП – запасні інструменти і приладдя;  
ЗЗ – зона зберігання  
ЄКА – Європейське космічне агентство  
ДБЖ – джерело безперебійного живлення  
ДЖ – джерело живлення  
КА – космічний апарат;  
КАЗ – киснево-азотний завод  
КБ – конструкторське бюро  
КПА – контрольнo-перевірочна апаратура;  
КП – командний пункт;  
КПП – контрольнo-перепускний пункт  
КРК – космічний ракетний комплекс;  
КРП – компоненти ракетного палива;  
КЗК – комплект засобів контролю  
КП – компоненти палива  
КЦ – контейнери цистерни;  
ЛЕП – лінія електропередач  
МБР – міжконтинентальна балістична ракета  
МКС – міжнародна космічна станція  
БТКК – багаторазовий транспортний космічний корабель  
БТКС – багаторазова транспортно-космічна система;  
НДЕУ – наземного допоміжного електричного устаткування  
НДУ – наземне допоміжне устаткування;  
НК – наземний комплекс;  
НТУ – наземне технологічне устаткування;  
ОТР – огнетушащее речовина  
ВЕР – відповідальні електроприймачі  
ОЕС – об'єднана електрична система  
ПУ – пускове устаткування

ПО СЗСГ – пневмооборудование системи забезпечення стислих газів  
РВСП – ракетні війська стратегічного призначення;  
РКП – ракета космічного призначення  
РН – ракета-носій  
РП – розподільний пункт;  
САВП – система автоматичного виявлення пожежі;  
САВГП – система автоматичного виявлення і гасіння пожежі  
САУ – система автоматичного управління  
САЕ – система автономного електропостачання  
СЗО – система зовнішнього освітлення  
СЄЧ – система єдиного часу  
СВнЕ – система внутрішнього електропостачання  
СЗЕ – система зовнішнього електропостачання  
ЗГП – засоби газопостачання;  
СГЕЖ – система гарантійного електроживлення  
СЗО – система заправки окисником  
ЗВТ – засоби вимірювальної техніки  
СЕП – система електропостачання  
СК – стартовий комплекс;  
СКС – складально-командне судно  
СВСГ – система виробництва стислих газів  
СТЗ – система телекомунікаційного забезпечення;  
СТС – система термостатування  
ТЗ – технічне завдання  
ТП – трансформаторні підстанції  
ТСТ – транспортна система термостатування;  
ТТЗ – тактико-технічне завдання;  
УАТ – універсальний агрегат транспортування  
ЦРБ – Центральний розподільний блок  
ЦРП – центральний розподільний пункт  
ЦУП – Центр управління польотом;  
ШПУ – шахтна пускова установка  
ЩГЖ – щити гарантованого живлення;  
ЩЖ – щит живлення  
ЩР – щит розподільний  
ЩРГ – щит розподільний головний  
ЕМО – електромагнітна обстановка  
ЕМС – електромагнітна сумісність  
ЕТЛ – електротехнічна лабораторія

# **1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО КОСМОДРОМИ І КОСМІЧНІ РАКЕТНІ КОМПЛЕКСИ**

## **1.1 Космодром, основні визначення. Вимоги, що пред'являються до космодромів при підготовці ракети - носія до пуску і пуску. Загальна структура, призначення і склад космодрому**

Космодром - спеціально відведена територія з комплексом споруд і технологічного устаткування, що забезпечує транспортування, прийом, зберігання, зборку, підготовку до пуску ракет космічного призначення (РКН), вимір параметрів руху РКП на ділянці виведення, прийом і відробіток телеметричної інформації про функціонування систем.

Космодроми є унікальними комплексами, на структуру і склад яких впливають багато чинників: географічні координати їх розташування, об'єм національних і міжнародних космічних програм, призначення, клас і тип тих, що запускаються РКП, а значить і склад космічних ракетних комплексів (КРК), рівень розвитку техніки і стан економіки країни, можливості забезпечення надійності і безпеки.

Вибір місця розташування космодрому є проблемою міжнародного масштабу, оскільки при пусках сучасних РКП їх траси польоту можуть зачіпати інтереси окремих держав. Це завдання вирішується комплексно з урахуванням можливості створення зон відчуження в місцях пусків РКП, падіння східців, що відпрацювали, а також з урахуванням розміщення наземних станцій або кораблів контрольно-вимірювального комплексу уздовж трас польоту. При цьому враховують міркування безпеки на випадок можливої аварії ракети при старті або на активній ділянці траєкторії.

На вибір місця для будівництва космодрому впливають багато чинників: геодезичні, геологічні, кліматологічні характеристики району, зовнішня інфраструктура району, де розміщуватиметься космодром і так далі. Зазвичай вибирають рівний, без великих перепадів рівнів ділянка місцевості, що здешевлює будівництво шосейних доріг і аеродромів і полегшує вирішення питань, пов'язаних з транспортуванням. При цьому спрощується і завдання спостереження за пуском РКП. Будівлі і спорудження космодромів групують по зонах залежно від їх функціонального призначення, мірі небезпеки робіт, що проводяться, і відповідно до технологічної послідовності підготовки РКП.

Космодроми повинні задовольняти цілому ряду експлуатаційно-технічних вимог, до яких відносять:

- забезпечення високої надійності пусків і безпеки робіт;
- мінімальний час підготовки космічних ракетних комплексів до пуску (серії пусків);
- мінімальна кількість обслуговуючого персоналу;
- підготовку до пуску і проведення пуску у будь-яку пору року і доби за певних метеорологічних умов.

Забезпечення високої надійності пусків обумовлюється безвідмовною роботою космічних ракетних комплексів.

Важливою вимогою є забезпечення безпеки робіт на космодромі. Можна вважати, що космодром є зоною підвищеної небезпеки, а у ряді випадків, образно виражаючись, "пороховою бочкою": тут є сусідами вибухонебезпечні речовини і джерела струму, горючі матеріали і самозаймісті компоненти, трубопроводи високого тиску і токсичні робочі рідини. Тому неправильні технічні рішення або незначні порушення заходів безпеки при експлуатації можуть привести до аварійної ситуації і навіть до катастрофи.

На великих космодромах можуть використовуватися по декілька різних РКП. Для кожного з цих РКП будуються і експлуатуються свої споруди і наземні системи, що забезпечують пуск РКП. Сукупність РКП, споруд і систем, що забезпечують пуск цієї РКП, складають космічний ракетний комплекс. Проте на таких космодромах є споруди і системи одного і того ж призначення, використовуваних для різних РКП. Таким чином, під інфраструктурою космодрому розуміється сукупність взаємозв'язаних матеріальних і організаційних структур, призначених для забезпечення космічної діяльності декількох РКП.

Історія створення космодромів тісно пов'язана з розвитком ракетної техніки. Особливістю більшості космодромів є те, що усі вони створювалися на базі ракетних полігонів.

Структура великого сучасного космодрому приведена на малюнку 1.1.1.



Малюнок 1.1.1 - Структура великого сучасного космодрому

## 1.2 Географічне розміщення і структура космодромів світу











Склад космодромів світу, їх географічне розміщення, терміни введення в експлуатацію, приналежність країні приведені в таблиці 1.2.1.

Таблиця 1.2.1













Склад космодромів світу, їх географічне розміщення, терміни введення в експлуатацію, приналежність країні

№ з/п	Українська (англійська) назва космодромів	Приналежність країні	Розташування і координати	Введення в експлуатацію	Перший запуск
1.	Алкантара Alcantara	 Бразилія	Штат Маран'ян 2°21'54" півд.ш. 44°22'38" з.д.	1990	1990
2.	Аль-Анбар Al Anbar	 Ірак	Провінція Аль-Анбар 32°46'55" півн.ш. 44°17'58" с.д.	1989	1989
3.	Байконур Baikonur	 Казахстан  Росія	Кизилординська область, Казахстан 45°57'58" півн.ш. 63°18'28" с.д.	1957	1957
4.	Ванденберг Vandenberg	 США	Округ Санта-Барбара, штат Каліфорнія 34°45'46" півн.ш. 120°34'36" з.д.	1957	1959
5.	Вумера Woomera	 Австралія  Великобританія	Штат Южная Австралія 30°57'19" півд.ш. 136°31'55" с.д.	1947	1967
6.	Веньчан Wenchang	 КНР	Острів Хайнань 19°37'12" півн.ш. 110°45'03" с.д.	2012	2013

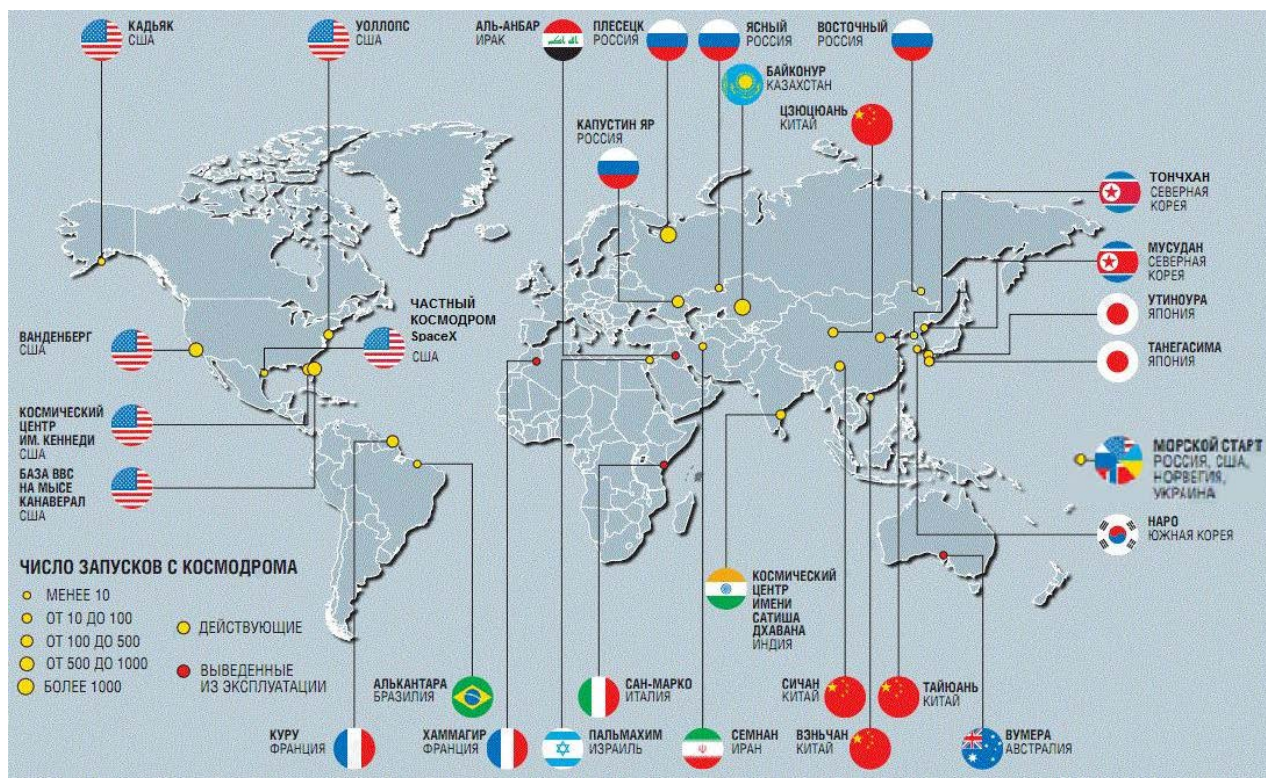


7.	Кад'як Kodiak	 США	Острів Кадьяк, штат Аляска 57°26'08" півн.ш. 152°20'16" з.д.	1998	2001
8.	Капустін Яр Kapustin Yar	 Росія	Астраханська область 48°33'55" півн.ш. 46°17'42" с.д.	1946	1962
9.	Космічний центр Кеннеді John F. Kennedy Space center(KSC)	 США	Округ Бревард, штат Флоріда 28°35'06" півн.ш. 80°39'03" з.д.	1962	1967
10.	Куру Kourou	 Франція  Євросоюз	 Гвіана 5°14'21" півн.ш. 52°46'06" з.д.	1968	1970
11.	Мис Канаверал Cape Canaveral	 США	Округ Бревард, штат Флоріда 28°29'20" півн.ш. 80°34'40" з.д.	1949	1958
12.	Наро Naro	 Республіка Корея	Острів Венародо (Oenago), Провінція Чолла-Намдо 34°25'54" півн.ш. 127°32'24" с.д.	2009	2009
13.	Пальмахім Palmachim	 Израїль	Центральний округ 31°53'05" півн.ш. 34°40'48" с.д.	1971	1988
14.	Плесецьк Plesetsk	 Росія	Архангельськ а область 62°57'36" півн.ш. 40°41'00" с.д.	1959	1966

15.	Сан-Марко San Marco	 Італія	Залив Формоза,  Кенійські територіальні води 2°56'26" півд.ш. 40°12'48" с.д.	1964	1967
16.	Східний Vostochny	 Росія	Амурська область 51°53'04" півн. ш. 128°20'05"с. д.	2015	2016
17.	Семнан Semnan	 Іран	Остан Семнан 35°13'19" півн.ш. 53°53'42" с.д.	2000-е	2009
18.	Січан Xichang	 КНР	Провінція Сичуань 28°14'45" півн.ш. 102°01'35" с.д.	1970	1984
19.	Сохе (Тончхан) Tonchhan-ri	 КНДР	Провінція Пхйонан- Пукто 39°39'36" півн.ш. 124°42'19" с.д.	2011	2012
20.	Тайюань Taiyuan	 КНР	Провінція Шаньсі 38°50'55" півн.ш. 111°36'48" с.д.	1968	1988
21.	Танегасіма Tanegashima	 Японія	Острів Танегасіма, префектура Кагосіма 30°23'58" півн.ш. 130°58'13" с.д.	1969	1975
22.	Тонхе (Мусудан) Musudan-ri	 КНДР	Провінція Хамгён-Пукто 40°51'20" півн.ш. 129°39'57" с.д.	1984	1990

23.	Уоллопс Wallops	 США	Округ Аккомік, штат Вирджин ія 37°49'58" півн.ш. 75°29'23" з.д.	1945	1961
24.	Утіноура Uchinoura	 Японія	Префектура Кагосіма 31°15'03" півн.ш. 131°04'55" с.д.	1962	1970
25.	Хаммагір Hammaguir	 Франція	 Алжир 30°53'36" півн.ш. 3°02'08" з.д.	1947	1965
26.	Цзюцюань Jiuquan	 КНР	Аймак Алашань (Внутрішня Монголія) 40°57'28" півн.ш. 100°17'30" с.д.	1958	1970
27.	Приватний космодром SpaceX	 США	Штат Техас 25°59'29" півн. ш. 97°11'01" з. д.	-	-
28.	Шрихарикота Sriharikota	 Індія	Штат Андхра- Прадеш 13°43'11" півн.ш. 80°13'49" с.д.	1971	1980
29.	Ясний Dombrovsky	 Росія	Оренбургська область 51°12'25" півн.ш. 59°51'00" с.д.	1964	2006
30.	Морський старт Sea Launch	 Росія  США  Норвегія  Україна	Тихий океан 0°00'00" півн. ш. 154°00'00" з. д.	1999	1999

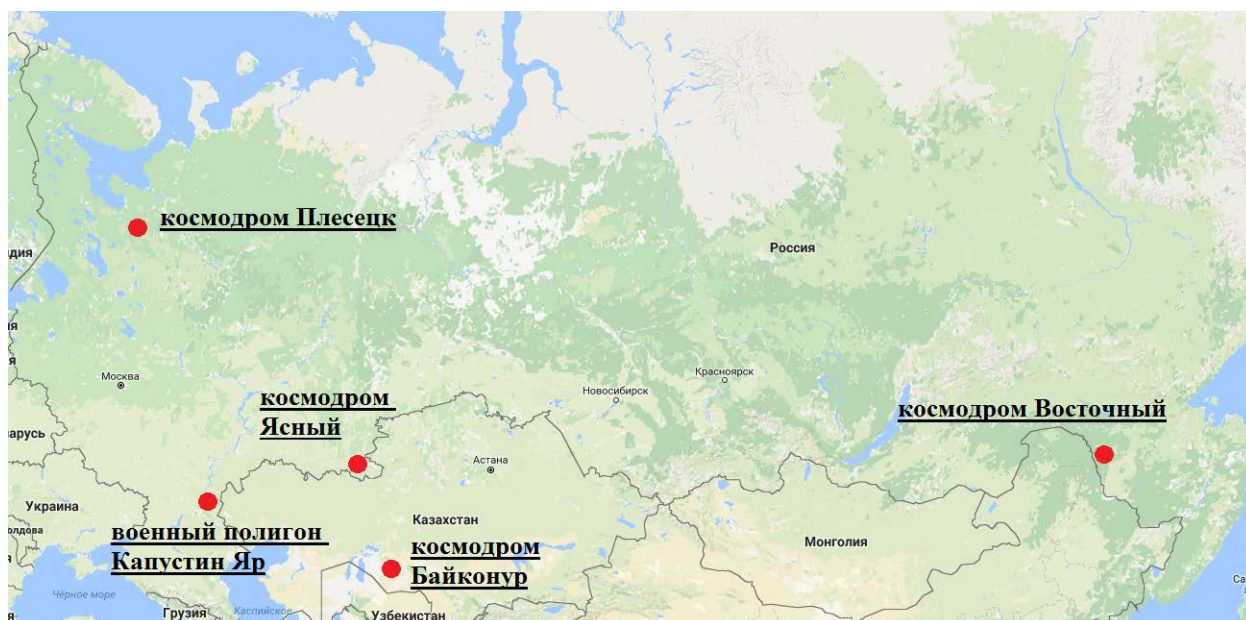
Карта розташування космодромів світу показана на малюнку 1.2.1



Малюнок 1.2.1 - Карта розташування космодромів світу

### Космодроми Російської Федерації

Карта розташування космодромів Російської Федерації показана на малюнку 1.2.1.1



Малюнок 1.2.1.1 - Розташування космодромів Російської Федерації

*Космодром Байконур [1].* Космодром Байконур, колишній полігон №5 з 1955 року перебудований для запуску ракети Р7 в пустелі Казахстану на схід від Аральського моря в 350 км від містечка Байконур, розташований в

центральної частині Кзил-Ординський області недалеко від залізничної станції Тюра-Там. Нині орендується Росією. Координати космодрому -  $46^{\circ}$  с. ш. і  $63^{\circ}$  ст. д.

Космодром складається з 9 стартових комплексів з 15 пусковими установками, 4 пускових установок для випробування міжконтинентальних балістичних ракет (МБР), 11 монтажно-випробувальних корпусів (МК), 3 заправних станцій для космічних апаратів (КА), 2 аеродромів першого класу. На його території знаходиться один з найбільших киснево-азотних заводів сумарною продуктивністю до 200 тон криогенних продуктів в добу.

За даними Федерального космічного агентства РФ, інфраструктура космодрому, що забезпечує, включає розвинену мережу енергопостачання, у складі більше 600 трансформаторних підстанцій і 6000 км лінії електропередач, два аеродроми першого класу, більше 400 км залізничних колій і 1000 км автомобільних доріг, 2500 км ліній зв'язку.

Звідси стартують ракети-носії (РН) "Протон", РН сімейства "Зеніт", "Союз-У", "Союз-У2", "Блискавка-м", "Гуркіт", стартували РН "Циклон-2", РН "Енергія", БТКС "Енергія-буран". Загальна площа космодрому  $6717 \text{ км}^2$ .

*Космодром Плесецьк [1].* Плесецьк - найпівнічніший космодром у світі. Космодром розташований в 180 км від Архангельська поряд з селищем Плесецьк, і займає площу  $1762 \text{ км}^2$ , тягнеться з півночі на південь на 46 км і зі сходу на захід на 82 км. Координати космодрому :  $63^{\circ}$  північних широти,  $41^{\circ}$  східної довготи.

Єдиний в Європі космодром Плесецьк здійснює запуски КА військового, народногосподарського і наукового призначення, а також за програмою міжнародної співпраці. У складі космодрому є: 6 стартових комплексів, 9 пускових установок для запуску РН типу "Союз", "Блискавка", "Космос", "Циклон-3". У стадії створення стартовий комплекс РН "Гуркіт". Більше далека перспектива космодрому пов'язана з новим РН "Ангара" і модернізованої РН "Союз-2".

Підготовка РН і КА здійснюється в 7 монтажно-випробувальних корпусах. У складі космодрому є найбільший в Європі киснево-азотний завод, 2 станції заправки космічних апаратів, аеропорт і інші об'єкти.

Свою історію космодром розпочинає з 11 січня 1957 р., коли було прийнято Постанову Ради Міністрів СРСР про створення об'єкту з умовним найменуванням "Ангара" (позиційного району для першого з'єднання міжконтинентальних балістичних ракет Р-7).

Відповідно до Указу Президента Росії від 11 листопада 1994 р. полігон перетворений в 1-й Державний випробувальний космодром Міністерства оборони Російської Федерації (космодром Плесецьк).

Нині космодром має стаціонарні технічні і стартові комплекси усіх типів вітчизняних ракет-носіїв легкого і середнього класу.

*Космодром Східний [1].* Космодром Східний - російський космодром на Далекому Сході в Амурській області, поблизу міста Ціолковський, в 45 км на північ від міста Вільний.

Загальна площа близько 700 км<sup>2</sup>. Розташування стартових комплексів і інших об'єктів визначене в проекті його розвитку. Планується будівництво десяти технічних майданчиків, що забезпечують. В ході будівництва буде побудований: стартовий комплекс РКП середнього класу підвищеної вантажопідйомності (до 20 тон) у складі двох пускових установок, аеродром, киснево-азотний завод, водневий завод, система електропостачання, 115 км автомобільних і 125 км залізниць, сучасний вимірювальний комплекс, монтажні-випробувальні корпуси для випробувань і підготовки до запуску автоматичних КА і пілотованих космічних кораблів об'єкту інженерного забезпечення, місто для проживання експлуатуючого персоналу.

Перший запуск з космодрому "Східний" відбувся 28 квітня 2016 року. РКП Союз-2.1а вивела на орбіту три космічні апарати.

*Космодром Капустін Яр [1].* Капустін Яр - ракетний військовий полігон в північно-західній частині Астраханської області. Полігон був створений 13 травня 1946 року для випробувань перших радянських балістичних ракет. Площа полігону близько 650 км<sup>2</sup>.

У жовтні 1947 року звідси стартувала перша в СРСР ракета далекої дії. В період 1948-1956 рр. йшло становлення і розвиток випробувальної бази, будувалися стартові і технічні комплекси. Проводилися запуски військових ракет, ракет для геофізичних і метеорологічних досліджень верхніх шарів атмосфери за програмою Академія наук СРСР.

16 березня 1962 року Капустін Яр став космодромом: був здійснений запуск супутника "Космос-1". Надалі з космодрому Капустін Яр стартували невеликі дослідницькі супутники, для запуску яких використовувалася ракета-носії легкого класу серії "Космос".

Для забезпечення усього комплексу робіт на космодромі створені і діють декілька стартових комплексів типу "Веселка" і "Схід", а також технічних позицій з відповідною інфраструктурою. ТК і СК для РН "Космос" і технологія робіт на них визначається розмірами, масою, компонентами палив самої ракети і космічних апаратів. Космодром Капустін Яр узяв на себе роль космодрому для "малих" ракет і "малих" супутників Землі дослідницького плану. Ця спеціалізація зберігалася до 1988 р., коли потреба в запусках таких супутників різко скоротилася і космічні пуски з космодрому Капустін Яр були припинені. Проте стартові і технічні комплекси для РН типу "Космос" постійно підтримуються в працездатному стані і, при необхідності, можуть бути використані у будь-який час.

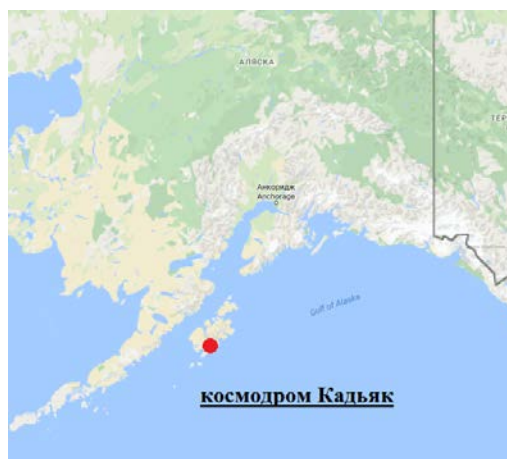
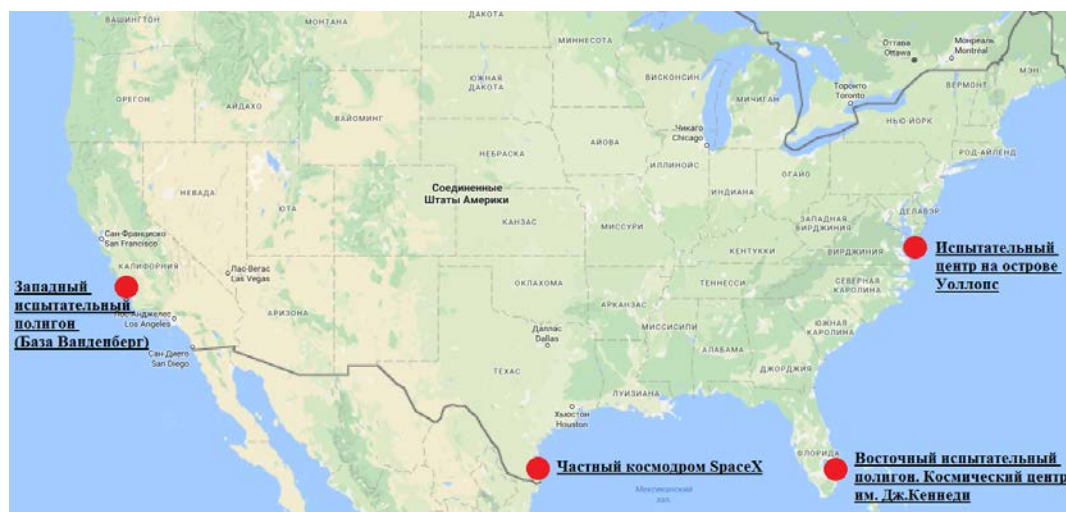
*Космодром Ясний [1].* Космодром Ясний - російський космодром, розташований на території позиційного району "Домбарівський" РВСП у Ясенському районі Оренбурзької області Росії.

Полігон 13-ої ракетної дивізії в Ясному використовується для космічних запусків з 2006 року. Усі запуски проводяться у рамках конверсійної програми, що передбачає використання знятих з бойової черги ракет РС-20 для виведення супутників на орбіту. РН "Дніпро" допрацьовується з МБР РС-20 і стартують з шахтної пускової установки (ШПУ).

Експлуатацією космодрому займається російсько-українська космічна компанія "Космотрас", замовниками якої є космічні агентства і компанії Великобританії, США, Німеччини, Франції, Японії і інших країн.

## Космодроми США

Карта розташування космодромів США показана на малюнку 1.2.2.1.



Малюнок 1.2.2.1 - розташування космодромів США

### *Східний випробувальний полігон. Космічний центр ім. Дж.Кеннеді [1]*

Східний випробувальний полігон був утворений в 1963 р. на базі найбільшого Атлантичного ракетного полігону ВПС, який почав діяти ще в 1950 р. Полігон розташований на східному узбережжі північноамериканського материка на мисі Канаверал і острові Меррит (штат Флорида, координати  $28^{\circ} 30' \text{ с. ш.}$  і  $80^{\circ} 36' \text{ з. д.}$ ). Загальна площа випробувального центру більше 400 кв. км. На космодромі створено і підтримується в різному ступені експлуатаційної готовності більше 40 стартових комплексів. Обслуговуючий персонал Східного випробувального полігону налічує більше 20 тисяч чоловік.

База ВПС, що знаходиться безпосередньо на мисі Канаверал, не бере участь в запуску космічних човників. Проте, і звідси раніше починалися важливі для США космічні дослідження. Так, в 1958 році з території бази ВПС

був запущений перший в Америці супутник Землі "Експлорер-1", звідси в 1967 році полетів до космосу перший екіпаж з трьох чоловік "Аполлон-7", а в період з 1962 по 1977 року були запущені автоматичні міжпланетні станції для дослідження планет Сонячної Системи.

Сьогодні на території бази знаходяться стартові комплекси для запуску найпотужніших американських безпілотних ракет, як діючі, так і вже не активні.

Космічний Центр Кеннеді розташований на острові Меррита, що знаходиться у безпосередній близькості від самого мису Канаверал. Сьогодні розміри Центру Кеннеді - 55 км в довжину і приблизно 10 км завширшки, а загальна площа - 567 км<sup>2</sup>.

Він є основним космодромом НАСА, що забезпечує запуски космічних об'єктів по своїх програмах і спільних роботах зі Східним випробувальним полігоном; веде велику науково-дослідну роботу, займається підготовкою науково-технічних кадрів для космічної галузі.

Центр імені Дж. Кеннеді має більше 50 будівель, споруд і технічних майданчиків. Обслуговує центр близько трьох тисяч чоловік. Стартові комплекси групуються по вагових класах ракет-носіїв і розміщені уздовж берегової лінії завдовжки більше 15 км.

Шатли стартують тільки із стартових майданчиків LC - 39, які розташовані на острові Меррит космічного центру імені Кеннеді і організаційно не належать базі ВПС США на мисі Канаверал.

Усі ракети Редстоун (Redstone), Юпітер (PGM - 19 Jupiter), Першинг-А (MGM - 31 Pershing), Поларис (Polaris), Тор (Thor), Атлас (Atlas), Титан (Titan) і Мінітмен (LGM - 30 Minuteman) були випробувані з цього майданчика. Ракета Тор стала основою для ракети-носія Дельта (Delta), за допомогою якої був запущений супутник Теластар (Telstar 1) в липні 1962 р.

Ряд майданчиків для запуску ракет Титан (LC - 15, LC - 16, LC - 19, LC - 20) і Атлас (LC - 11, LC - 12, LC - 13, LC - 14) став відомий як "Ракетний ряд" (MissileRow) в 1960-і рр.

Ранні запуски по пілотованих програмах НАСА Меркурій і Джемміні проводилися фахівцями ВПС США із стартових майданчиків бази на мисі Канаверал LC - 5, LC - 14 і LC - 19.

ВПС вирішили розширити можливості ракет-носіїв Titan для можливості підйому важких вантажів. ВПС були побудовані стартові комплекси LC - 40 і LC - 41, щоб запускати ракети Титан-3 і Титан-4 на південь від космічного центру Кеннеді. Пускові комплекси LC - 40 і LC - 41 використовувалися для запуску військово-розвідувальних, комунікаційних і метеорологічних супутників і планетарних місій НАСА.

Нині з багатьох стартових комплексів, побудованих з 1950 р., тільки чотири залишилися активними з двома запланованими для майбутнього використання. Стартовий комплекс SLC - 17 - майданчик для запуску ракет Дельта-2. Стартові комплекси SLC - 37 і SLC - 41 були змінені для запуску Дельта-4 і Атлас-5 відповідно. Ці нові ракети-носії замінять усі ранні ракети "Дельта", "Атлас" і "Титан". Стартовий комплекс SLC - 47 використовується



для запуску метеорологічних ракет-зондів. Стартовий комплекс SLC - 46 космопорту Флориди зарезервований для майбутнього використання. З космічного стартового комплексу SLC - 40 відбувся перший запуск ракет Фалькон-9 (Falcon 9) за програмою Space X в червні 2010.

*Дослідницький центр на острові Уоллопс [1].* Космодром США Уоллопс створений в 1945 р. Науково-дослідним центром Ленгли - Національним консультативним комітетом з авіації. Нині є однією з головних науково-випробувальних баз НАСА по відробітку і запускам дослідницьких ракет і малих штучних супутників Землі. Розташований частково на східному узбережжі штату Вірджинія на острові Уоллопс 37° 50' с. ш. і 75° 30' з. д.) у 260 км від столиці Сполучених Штатів Вашингтону. Полігон в 1974 р. перейменований в Центр космічних польотів Уоллопс НАСА. Використовується в області космічних досліджень по спільних програмах США Італією, Канадою, Австралією, Великобританією. Космодром включає три основні території: колишню базу ВПС, зони на острові Уоллопс і зони на материках в трьох кілометрах на захід від острова.

На основній території космодрому, колишній базі ВПС, розташовані дослідницькі і випробувальні служби, конструкторське бюро, центри управління стартовими комплексами, системи прийому і передачі телеметричної інформації, космодром. На вузькій смужі острова Уоллопс завдовжки 8 км і шириною 0,8 км розміщуються шість стартових комплексів, оснащених усім необхідним устаткуванням і спорудами для зборки, випробувань і пуску ракет-носіїв з космічними апаратами. На материковій частині розташовані вимірювальні пункти, комплекс радіолокації і льотно-експериментальна база.

Стартові позиції Уоллопс розміщені 11 км на південь від однойменного аеродрому, на березі Атлантичного океану. Займана площа 15 км<sup>2</sup>. Тут побудовані шість стартових позицій для запуску ракет легкого класу. З 1998 року південно-східну частину ділянки орендує описаний вище регіональний космічний центр.

На материковій частині розташовані вимірювальні пункти, комплекс радіолокації і льотно-експериментальна база. Острів з материком сполучені греблею з автомобільною дорогою. Траса польоту ракет-носіїв проходить у напрямі Бермудських островів і оснащена необхідними вимірювальними засобами і телеметричними станціями. Впродовж року на космодромі Уоллопс проводиться до 400 дослідницьких пусків з метою відробітку вузлів, елементів конструкцій ракет по програмах НАСА. Обслуговуючий персонал космодрому складає 500...600 чоловік.

*Західний випробувальний полігон (База Ванденберг)[1].* База була заснована в 1941 році як табір Кука армії США. Табір використовувався як тренувальний центр піхотних і бронетанкових військ під час Другої світової війни і пізніше знову - в Корейській війні.

База була передана військово-повітряним військам США в 1957 році і стала перетворюватися в центр по випробуванню космічних і балістичних

ракет. Роком пізніше база Кука ВПС була перейменована на честь генерала Хойта С. Ванденберга, другого начальника штабу ВПС, який раніше був прибічником експлуатації космосу і ракет.

Західний випробувальний полігон - другий за величиною і значенню космодром США - розташований в 250 км від міста Лос-Анджелес (штат Каліфорнія, координати 34° 40' с. ш. і 120° 40' з. д.), на західному узбережжі Тихого океану і займає площу близько 400 квадратних кілометрів. Полігон розтягнувся уздовж берегової лінії приблизно на 40 км.

До складу випробувального полігону входять випробувальна база ВПС США Ванденберг, полігони - Пойнт-Му-гу, Пойнт-Аргуельо і внутрішній полігон. Тут зосереджені більше 10 стартових комплексів з 20 стартовими позиціями.

Авіабаза Ванденберг і полігон Порт-Аргуельо використовуються для запуску космічних апаратів військового призначення "Дискаверер", "Мидас", "Саме". На базі є три стартові комплекси для РН "Атлас", два для ракет-носіїв "Титан" і один для РН "Скаут". Крім того, тут же розташовані стартові комплекси для пусків і випробувань ракет "Мінітмен".

Західний випробувальний полігон забезпечує щорічно до 140 пусків бойових ракет і РН і є єдиним полігоном в США, який дозволяє проводити пуски КА на орбіти, що проходять через полюси Землі. При цьому політ РН на початкових ділянках не відбувається над населеними пунктами країни.

Загальні витрати на створення полігону оцінюються в 1,5 млрд доларів (без урахування вартості стартово-посадочного комплексу БТКК "Спейс шатл"). На експлуатацію полігону щорічно витрачається близько 60 млн. доларів. Загальна чисельність фахівців полігону перевищує 17 тисяч чоловік, з них приблизно 9,6 тисяч - військовослужбовці. Кадровий склад укомплектований фахівцями з таким розрахунком, щоб полігон міг бути використаний усіма видами збройних сил. У травні 1984 року на авіабазі відбулося урочисте відкриття стартово-посадочного комплексу БТКС "Спейс Шатл". Витрати склали близько 2 млрд. дол. Посадочна смуга має довжину 4,5 км і ширину 90 м.

При створенні комплексу в максимальному ступені були використані що були на базі Ванденберг споруди і технологічні системи СК "Титан-3М". До числа дообладнаних споруд і агрегатів комплексу увійшла мобільна вежа обслуговування, яка після деякої модифікації забезпечувала можливість зборки системи "Шатл" на стартовій позиції. Стартова позиція для неї була побудована на відстані 45 м від стартової позиції комплексу "Титан-3М".

*Космодром Кад'як [1].* Є американським комерційним космодромом, розташованим на однойменному острові біля берегів Аляски. Призначений для запуску легких ракет по суборбітальній траєкторії і виведення малих космічних апаратів на полярну орбіту.

Належить акціонерному товариству "Аляска аероспейсдевелопмент корп". з контрольним пакетом акцій у уряду штату Аляска. Устаткування комплексу дозволяє здійснювати запуск балістичних ракет типу "Поларис" у напрямі 110-220° і РН легкого класу для виводу на полярні окологруові або

високоеліптичні орбіти невеликих КА. Космодром Кад'як розташований на південно-східному узбережжі однойменного острова (Алеутські о-ва), на м. Нэрроу, і займає територію площею близько 14,8 км<sup>2</sup>, координати центру 57°26' с.ш.; 152°20' з.д. Тут побудовані два стартові майданчики з вежами обслуговування, а також корпуси для комплексної перевірки ракети, підготовки і пристиковки корисного навантаження, а на відособленому майданчику розгорнуті засоби спостереження і контролю. Крім того, на цій же території зведені спеціальні будівлі центру управління і готелю.

У період з кінця 1998 року (з часу вводу в дію) до 2008-го включно на стартовому комплексі виконані 11 пусків ракет, здійснених по контрактах з міністерством оборони США, два з яких були пов'язані з випробуванням ракет, а інші дев'ять проводилися у рамках програми відробітку елементів системи ПРО. При цьому в усіх цих випадках з космодрому Кад'як запускалися ракети-мішені (як вони використовувалися зняті з озброєння ракети "Поларис").

За вказаний період на комплексі проведений всього один запуск на навколосеземну орбіту кластера з чотирьох космічних апаратів одночасно, з яких три були розроблені за програмою ВПС США.

*Приватний космодром SpaceX [1].* Приватний космодром SpaceX - космодром, що будується, в селі Боку Чика недалеко від Браунсвилл, штат Техас, для приватного використання компанією SpaceX.

Спорудження космодрому фінансово підтримує влада Техасу, оскільки космодром повинен надати штату безліч нових робочих місць.

Стартовий комплекс призначений для запуску ракет-носіїв Falcon 9 і Falcon Heavy.

## Космодроми Франції

Розташування космодромів Франції показані на малюнках 1.2.3.1, 1.2.3.2.



Малюнки 1.2.3.1, 1.2.3.2 - Розташування космодромів Франції

*Космодром Хаммагир [1].* На даний момент космодром виведений з експлуатації. Розташовувався на кам'янистому плато в пустелі Сахара на території Алжиру поблизу кордону з Марокко в 130 кілометрах на південний захід від міста Бешар в точці з координатами 31,67 □ с.ш. Функціонував з 1961 року. Призначався для пусків бойових балістичних ракет,

відробітку елементів космічної техніки і запусків штучних супутників Землі. Відповідно до Євианським угодами між Францією і Алжиром 21 травня 1967 року відбулася офіційна церемонія закриття космодрому. Устаткування космодрому було демонтоване і вивезене до 30 червня 1967 року.

Перший запуск штучного супутника Землі з космодрому здійснений 26 листопада 1965 року. Космодром був побудований Францією для здійснення своєї національної космічної програми і національної програми по створенню бойових балістичних ракет. Мав чотири стартові комплекси.

З цього космодрому стартували перші французькі ракети "Діаман", виведений на орбіту перший французький ИСЗ "Астрикс-1" (6 листопада 1965 р.), а потім ИСЗ "Диапазон-1", "ФР-1", "Диadem-1". Останній ИСЗ "Диadem-2" був запущений з цього космодрому 15 лютого 1967 р.

Пуски ракет проводилися по двох трасах: в південно-західному напрямі до міста Тиндуф (протяжністю 1000 кілометрів) і в південно-східному напрямі до озера Чад (2000 кілометрів). Окрім пусків ракет на космодромі проводилися випробування східців ракет-носіїв. Космодром був оснащений радіолокацією і телеметричною станціями.

*Космодром Куру [1].* Космодром Куру побудований в 1968 р. у Французькій Гвіані на північно-західному узбережжі Південної Америки (5°14' с.ш. і 53° з.д.), займає прибережну смугу завдовжки 60 км і шириною 20 км від м. Куру до р. Синнамари. Зараз знаходиться в спільному веденні Франції і Європейського космічного агентства (ЄКА ).

Робота космодрому почалася в 1968 р. з пусків ракет-зондів. Космодром оснащений трьома стартовими і технічними комплексами, що забезпечують зборку, випробування і запуски КА за допомогою РН типу "Діаман", "Європа-2", "Аріан".

Космодром Куру відкритий французьким урядом для будь-якої держави, бажаючої проводити запуски з цього району.

Щорічний бюджет космодрому складає 300 млн франків, третину цих витрат несе Франція, а дві третини Європейське космічне агентство.

Перші східці РН, як правило, доставляються на космодром Куру морським шляхом, а верхні східці РН і КА - літаками в аеропорт найближчого міста Кайена і далі автотранспортом.

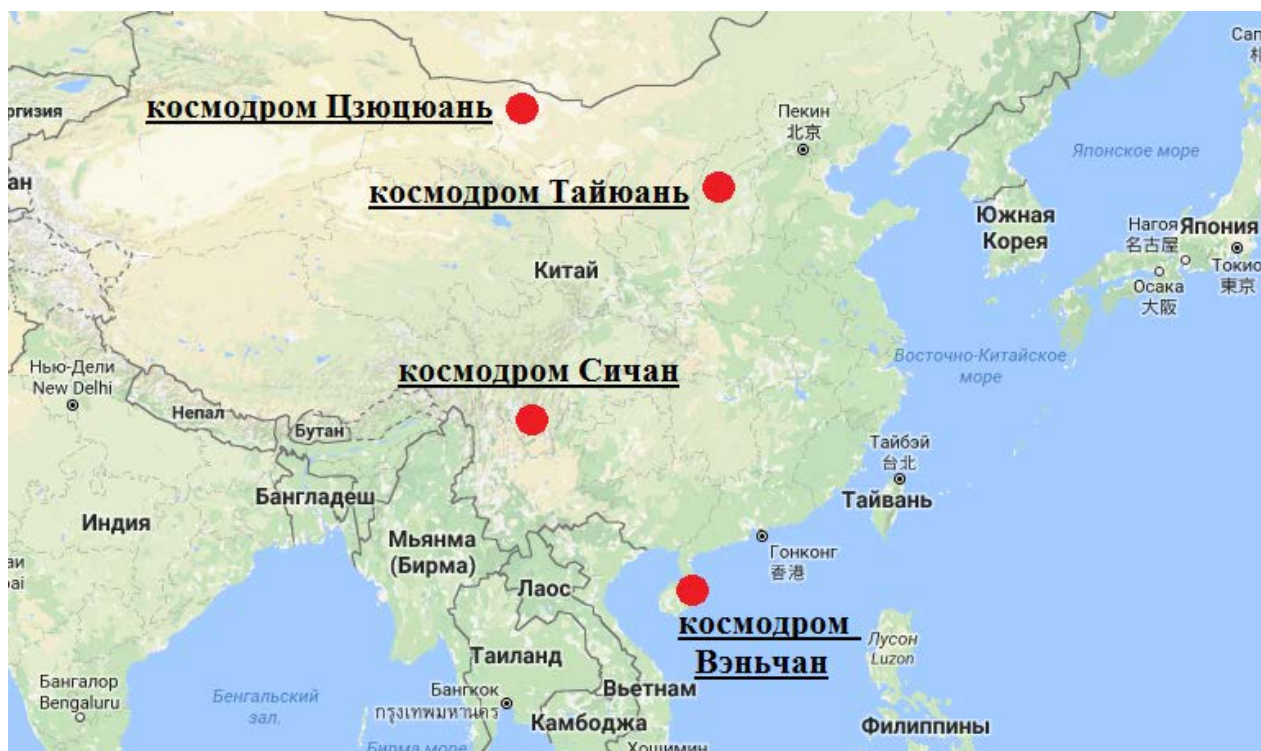
До 1985 р. на космодромі Куру експлуатувався один стартовий комплекс (ELA - 1) для ракети-носія "Аріан-1" без навісних стартових твердопаливних ракетних двигунів (РДТТ). У зв'язку з розширенням космічних програм Франції і ЕСА, що в основному базуються на сімействі РН "Аріан", в 1985 р. був введений другий СК (ELA - 2) з продуктивністю до 10 пусків в рік під нові модифікації цієї РН з навісними твердопаливними двигунами ("Аріан - 2, - 3, - 4").

Космодром має дві обладнані необхідними засобами траси польоту : у бік Азорських островів протяжністю 4000 км і Бермудських островів протяжністю 3000 км.

### *Китайські космічні центри*

Космічна програма Китаю здійснюється під керівництвом Академії космічної техніки. Програма КНР в космосі в основному має військову і господарсько-прикладну спрямованість.

Розташування космодромів Китаю показано на малюнку 1.2.4.1.



Малюнок 1.2.4.1 - Розташування космодромів Китаю

*Космодром Цзюцюань (Шуанчэнцзы)[1].* Цзюцюань - китайський космодром, діючий з 1958 року. Розташований на краю Бадань-Цзилинської пустелі в пониззях річки Хайхе, названий по розташованому в 170 км північніше від космодрому місту Цзюцюань. Є найбільшим космодромом Китаю (до 1984 року - єдиний). Площа космодрому 2800 км<sup>2</sup>. Його умовний географічний центр має координати: 41°3' с.ш. і 100°0' в.д.

На космодромі є три стартові комплекси:

- неживаний з трьома стартовими майданчиками - для РКП "Чанчжен - 1, 2" (CZ-1, CZ-2) і військових ракет;
- неживаний з двома стартовими майданчиками - для військових ракет;
- діючий з двома стартовими майданчиками - для РКП "Чанчжен - 2, 4" (CZ - 2, CZ - 4) і для РКП "Чанчжэн-2F" (CZ - 2F) - пілотованих кораблів.

Для РКП "Чанчжэн-2F" (CZ - 2F) споруджений перший в країні монтажно-випробувальний корпус з вертикальною зборкою і відповідний транспортер РКП до місця запуску, як це робиться для Ariane - 5. Космодром є єдиним в країні, пристосованим для запуску пілотованих КА і одним з найбільших космодромів світу. До теперішнього часу з цього космодрому були успішно запуснені 33 супутники і 4 непілотованих космічних корабля, а також проведені більше 1000 експериментальних запусків інших ракет різного типу. Цей космодром називають "китайським Байконуром".

*Космодром Сичань [1].* Космодром Сичань розташований на південному заході Китаю в провінції Сичуань біля підніжжя хребта Даляншань в 1300 км від космодрому Шуанчэнцзи, має координати: 28° с.ш. і 102° в.д. (приблизно на широті мису Канаверал).

Спеціалізується на запусках РН "СZ-3", що виводять корисний вантаж на стаціонарну орбіту. На космодромі є два стартові комплекси. Вертикальна зборка і перевірка ракет проводяться безпосередньо на старті і займають приблизно 36 діб. Увесь цикл зборки, перевірки, заправки і підготовки до пуску складає приблизно 56.60 діб. Розрахункова продуктивність одного старту 6-7 пусків в рік. Велика близькість космодрому (в порівнянні з Шуанчэнцзи) до екватора дає помітний енергетичний вииграш при запусках з нього ІСЗ на стаціонарну орбіту.

У китайському центрі космічних польотів Сичань діють 5 систем:

- контроль-пускова;
- контроль-вимірювальна;
- телекомунікаційна;
- система погодних спостережень;
- система базового забезпечення.

Монтажно-випробувальний корпус розташований на території технічної зони на відстані 2,2 км від пускової установки. Наявне тут устаткування дозволяє здійснювати зборку трьох РН одночасно. Східці РН після зборки і перевірки знову розстиковуються і доставляються на стартовий майданчик.

До космодрому веде залізнична гілка, а також двох смугова шосейна дорога від р. Сичань, тут же знаходиться і аеропорт, в який доставляється корисне навантаження.

На космодромі розташовані два стартові комплекси:

1. Перший стартовий комплекс призначений для запуску РН сімейства CZ - 3 і має одну пускову установку. Зборка РН зазвичай проводиться на стартовому майданчику, але у зв'язку з використанням цих РН для виведення на комерційній основі корисного навантаження зарубіжних країн спеціально було побудовано будівлю для роботи з високотехнологічним устаткуванням. У ній здійснюються зборка третього ступеня і стикування її з космічними апаратами. Передстартова підготовка на цьому стартовому комплексі триває близько 20 днів.

2. Другий стартовий комплекс, що знаходиться на відстані близько 1 км, має дві пускові установки: одна призначена для запусків РН CZ -2Е важкого класу, інша - РН CZ -3А, CZ -3В, CZ -3С, а також РН CZ -2Е з різними третіми східцями. Передстартова підготовка на цьому стартовому комплексі триває 11-12 тижнів.

*Космодром Венчан [1].* Космодром Венчан знаходиться біля міста Венчан провінції Хайнань, бази для запуску суборбітальних ракет. Це четвертий космодром Китаю, з якого можна запускати досліджувані ракети серії "Чанчжэн-5".

Вибір цього місця в якості майданчика для будівництва космодрому обумовлений близькістю до екватора, що забезпечує перевагу в початковому

імпульсі при запуску РКП, а також розташуванням на березі моря з великою кількістю зручних бухт, необхідною для доставки РН до місця запуску найдешевшим і єдиним придатним для таких великих вантажів видом транспорту, - морською.

Стартові споруди будуть побудовані поблизу р. Венчан в 3 км від узбережжя. Два малі острови на сході, в 35 і 70 км від берега, можуть використовуватися під пункти стеження. Комплекс матиме два стартові столи, перший з них зможе обслуговувати РН сімейства CZ -2E і CZ -3/3A.

Планується побудувати будівлю вертикальної зборки і перевозити носії до місця старту в повністю зібраному виді.

*Космодром Тайюань [1].* Космодром Тайюань (колишня назва Учжай) діє з 1988 року. Він призначений для запуску КА на полярні сонячно-синхронні орбіти. Розташований в північно-західній частині провінції Шансі, біля р. Тайюань, на висоті 1500 метрів над рівнем моря. Умовний географічний центр має координати 38° 30' с.ш. і 111° 35 'в.д. Діапазон азимутів пуску РН складає 180-275°. Площа його території складає 375 км<sup>2</sup>.

Спочатку космодром використовувався для випробувань балістичних ракет. Нині призначений для запуску КА на полярні і сонячно-синхронні орбіти.

На космодромі Тайюань розташовані ПУ, вежа технічного обслуговування і два сховища рідкого палива. Передстартова підготовка РН і КА проводиться на технічній позиції. З цього космодрому виводяться на орбіту КА дистанційного зондування, а також метеорологічні і розвідувальні.

### **Космодроми Японії**

Розташування космодромів Японії показано на малюнку 1.2.5.1.



Малюнок 1.2.5.1 - Розташування космодромів Японії

*Космічний центр Танегасіма [1].* Космічний центр Танегасіма - найбільший космодром Японії. Заснований в 1969 році. Розташований (30°24' с. ш. 130°58' ст. д.) на південно-східному узбережжі острова Танегасіма, на півдні префектури Кагосіма, в 115 км на південь від острова Кюсю.

Космодром використовувався для запуску маленьких ракет сімейства "S", "Lambda", "MT-135", "TR-1" призначених для суборбітальних наукових запусків, а також найважчих японських ракет-носіїв з рідинними ракетними двигунами. Н - ПА і Н - ПВ, які зараз є основними ракетами, що стартують з цього космодрому.

Уперше ракета цього типу була запущена з космодрому Танегасіма 29 серпня 2001 року і тільки шостий запуск 29 листопада 2003 року закінчився невдачею (поки єдиною на космодромі), що привела до втрати двох розвідувальних супутників. Після завершення аналізу причин аварії РН і проведення робіт по усуненню неполадок 26 лютого 2005 року JAXA (японське агентство аерокосмічних досліджень) провела успішний сьомий запуск ракети "Н-ПА" з супутником "MTSAT-1R".

Результатом зусиль JAXA по подальшому розвитку своїх РН стало створення РН "Н-ПВ", перший запуск якої був проведений 10 вересня 2009 року. З його допомогою на навколосезну орбіту був доставлений перший транспортний корабель АТК "Н-П". Його вантажопідйомність складала шість тон, він доставив на МКС 4,5 тони устаткування і продовольства.

Космодром обладнаний двома стартовими майданчиками. Перша призначена для запуску найважчих ракет-носіїв типу Н-2, які доставляються на неї в зібраному виді. Тут же розташований обслуговуючий комплекс. З другого майданчика здійснюються запуски малих і середніх ракет-носіїв типів Н-1 і J-1, неподалік знаходиться центр управління.

*Космічний центр Утіноура [1].* Космічний центр Утіноура розташований на півострові Осуміна (узбережжя Тихого океану) в 50 км на південний схід від японського міста Кімоцукі (колишній Утіноура), в префектурі Кагосіма острова Кюсю.

До 2003 року називався - Космічний центр Кагосіма. Будувався з 1961 по лютий 1962 року. Призначений для запуску важких твердопаливних ракет наукового призначення. Використовувався з 1 серпня 1962 року по 6 лютого 2008 року для запуску геофізичних і метеорологічних ракет сімейства "S" і "MT-135", важких твердопаливних ракет "Каппа", "Lambda", "M-V". Звідси 11 лютого 1970 року був запущений перший японський супутник "Осумі". Зараз в Космічному центрі Утіноура побудований стартовий майданчик для ракети Epsilon.

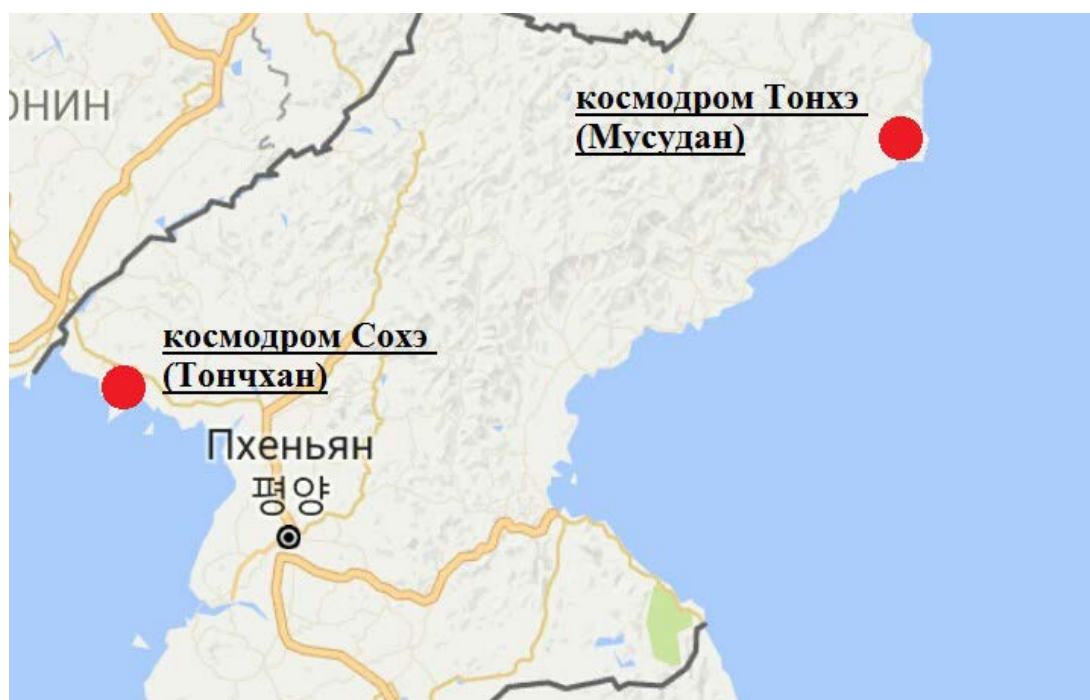
Космічний центр має в розпорядженні пускові установки: Каппа (LP - Ка); Ламбда (LP - La); Мю (LP - Mu); Мю-5 (LP M - V).

Центр має в розпорядженні станції космічної телекомунікації для забезпечення польотів міжпланетних станцій.



## Космодроми КНДР

Розташування космодромів КНДР показане на малюнку 1.2.6.1.



Малюнок 1.2.6.1 - Розташування космодромів КНДР

*Східний випробувальний полігон Тонхе (Мусудан) [1].* Для здійснення космічна програма КНДР по освоєнню космічного простору для запусків космічних і інших ракет був задіяний космодром (ракетодром) "Східний випробувальний полігон "Тонхе" (Мусудан) біля однойменного села.

Розташований на східному узбережжі Північної Кореї в повіті Хваде-Гун провінції Хамген-Пукто. Географічні координати полігону  $40^{\circ} 51'$  півн. ш.  $129^{\circ} 39'$  с. д.

На вибір місця розташування полігону вплинули такі чинники, як достатня віддаленість від демілітаризованої зони, мінімізація небезпеки прольоту ракет над територією суміжних країн, загальна віддаленість від великих житлових масивів, відсутність сильних вітрів і великих перепадів температур.

З космодрому можуть запускатися три типи триступінчатих РН на базі військових балістичних ракет, які у свою чергу були місцевою переробкою радянських ракет.

Перша РН "Пектусан-1" (на честь оголошеної священної в КНДР однойменної гори) створена на базі БР малої дальності "Тэпходон-1" до 1998 року.

На базі БР підвищеної дальності "Тэпходон-2" були створені більші РН серії "Чумацький шлях": "Инха-2" до 2006 року і "Инха-3" до 2012 року. 5 квітня 2009 року з космодрому був проведений запуск експериментального штучного супутника зв'язку "Кванменсон-2" ("Яскрава зірка") за допомогою ракети-носія "Инха-2". За даними новинних агентств США, запуск супутника "Кванменсон-2" закінчився провалом.

*Західний випробувальний полігон Сохе (Тончхан)[1].* Крім того, для здійснення космічної програмі КНДР, на західному узбережжі КНДР біля населеного пункту Пондоні побудований космодром (ракетодром) "Західний випробувальний полігон Сохе" (Тончхан), який має як інфраструктуру космічного призначення, так і, за деякими спостереженнями, ШПУ для МБР.

Космодром дозволяє в т.ч. запускати ракети на траєкторії, що не проходять над Японією. Перший запуск з космодрому ракети-носія ("Инха-3") з супутником ("Кванменсон-3") в 2012 р. закінчився невдачею, а другим в тому ж році був успішним.

Космодром розташований на західному узбережжі країни в провінції Пх'енан-Пукто в горбистій місцевості недалеко від північного кордону з Китаєм, в 200 км на північний захід від Пхеньяну і в 70 км на захід від великого ядерного центру в Йонб'ене. Космодром був побудований на місці села Пондон-ні, яке було ліквідоване під час будівництва.

Космодром займає площу близько 6 км<sup>2</sup>, на якій розташований стартовий майданчик, стенд для наземних випробування ракетних двигунів, будівлі для перевірки і налаштування устаткування, пункт управління запуском, комплекс штабних будівель і КПП.

Стартовий майданчик обладнаний 40-метровою кабель-заправочною вежею, суміжною з пересувним пусковим столом розміром 10×13 м. Пусковий стіл розташований на захід від великого бетонного майданчика, по якому прокладені залізничні колії. На західній частині столу знаходиться відбивач реактивного струменя, відвертаючи гази реактивного двигуна в горизонтальному напрямі.

Стенд для наземних випробування ракетних двигунів розташований в кілометрі від стартового столу. Стенд обладнаний чотирма бетонними опорами і сталеву допоміжною вежею розміром 10×10 м. Стенд обладнаний приміщенням для зберігання пального і окисника розміром 10×15 м.

Космодром обладнаний мобільною радарною системою.

### **Космічний центр Наро (Республіка Корея)**

Космічний центр Наро [1] - південнокорейський космодром. Розташовується на острові Венародо поблизу найпівденнішого краю Корейського півострова в повіті Кохин провінції Чолла-Намдо.

Розташування космодрому Республіки Корея показане на малюнку 1.2.7.1.



Малюнок 1.2.7.1 - Розташування космодрому Наро

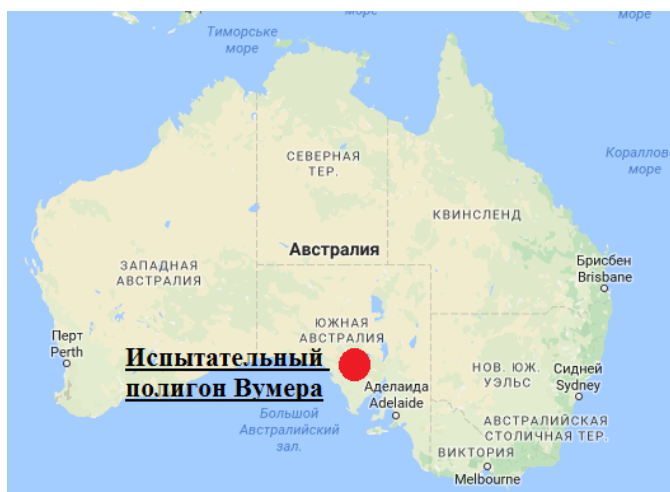
Будівництво, почате в серпні 2003 року, було завершено в 2009 році. Після численних відстрочок 25 серпня 2009 року з космодрому був проведений запуск першої корейською РН, що дістала назву "Наро-1". Пуск закінчився невдачею із-за збою при відділенні обтічника, супутник на розрахункову орбіту не вийшов. 10 червня 2010 року також невдачею закінчився другий запуск РН.

Третій запуск РН "KSLV-1" був намічений на осінь 2012 року, але був перенесений і відбувся 30 січня 2013 року. Ракета KSLV - 1 успішно стартувала із Землі, відпрацювали обидва її східці, супутник вагою в 100 кг від них відокремився, що зробило Південну Корею 11-ою космічною державою.

### **Випробувальний полігон Вумера (Австралія, Великобританія)**

Випробувальний полігон Вумера [1] - австралійський космодром, розташований у центральній частині штату Південна Австралія недалеко від міста Вумера. Географічні координати: 31° ю.ш. і 137° в.д.

Розташування космодрому Вумера показано на малюнку 1.2.8.1.



Малюнок 1.2.8.1 - Розташування космодрому Вумера

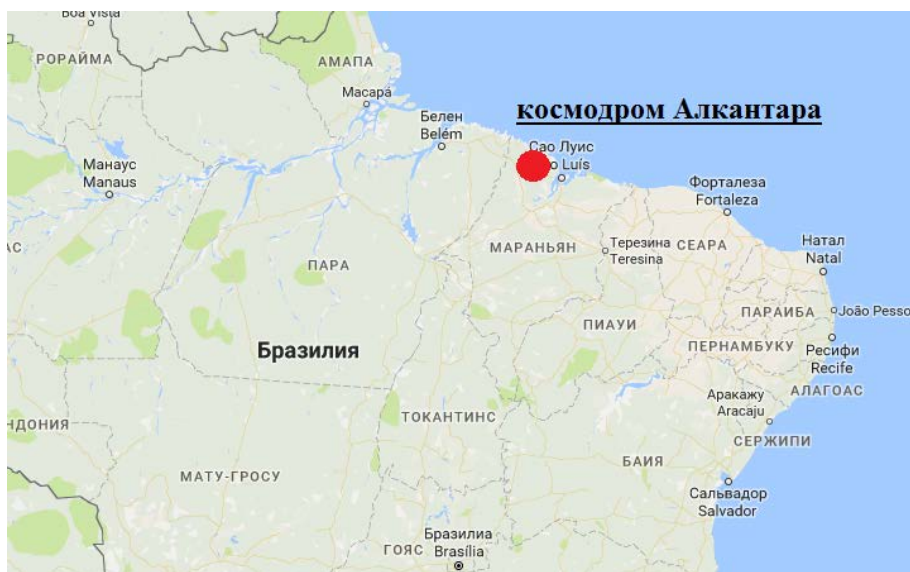
На полігоні проводилися експериментальні запуски англійських РН "Блю-Стрик", ракет "Європа", створюваних відповідно до програми Європейської організації по розробці ракет (ELDO), а також запуски дослідницьких ракет у верхні шари атмосфери. Основний об'єм роботи полігону склали випробування бойових ракет. На ній випробовувалися майже усі англійські ракети. Полігон Вумера використовувався США і деякими іншими країнами НАТО.

На полігоні було обладнано 6 стартових майданчиків. Траси протяжністю 2000 км проходять над територією Австралії і закінчуються на півночі і північному заході країни. Уздовж трас полігону Вумера розташовані понад 200 контрольно-вимірювальних пунктів, 2 телеметричних системи. Одна з них є 24-канальною установкою з антенами, які автоматично стежать за польотами бойових ракет, інша призначена для обслуговування запусків РН.

З липня 1976 року за рішенням уряду Австралії космодром закритий як нерентабельний (устаткування законсервоване).

## Бразильський пусковий центр Алкантара

Розташування пускового центру Алкантара [1] показано на малюнку 1.2.9.1.



Малюнок 1.2.9.1 - Розташування космодрому Алкантара

Будівництво пускового центру почалося в 1982 р. Майже 300 млн. дол. витрачені на створення необхідної інфраструктури. Офіційне відкриття пускового центру відбулося в лютому 1990 р. пуском ракети Sonda2XV - 53.

Пусковий центр Алкантара розташований в штаті Марангао. Він займає площу 620 км<sup>2</sup>, обмежену з півночі і сходу Атлантичним океаном. Кліматичні умови в районі розміщення СЕА дуже сприятливі: безхмарна суха погода упродовж більшої частини року, з середньорічною температурою 26 °С, чітко виражений період тропічних злив, стійка роза вітрів.

Територія пускового центру Алкантара дозволяє розмістити дев'ять стартових майданчиків.

Інфраструктура пускового центру Алкантара включає:

1. Центр управління польотом (ЦУП);
2. Систему радіолокації;
3. Телеметричну систему;
4. Систему обробки даних;
5. Метеорологічну систему;
6. Споруди для зберігання, зборки і випробувань східців РН і малих КА;
7. Дистанційний зв'язок;
8. Морський порт;
9. Аеропорт;
10. Житлові будинки для пускової команди;
11. Допоміжні служби.

Зборка виробів проводиться у будівлі технічного центру з чистими приміщеннями класу 100000, а підготовка до пуску - в рухливій вежі обслуговування.

Доставка східців РН, супутників і устаткування на пусковий центр Алкантара проводиться повітрям і по воді. Центр Алкантара розташований

поблизу р. Сан-Луїс, який обслуговується аеропортом і двома морськими портами.

Відповідно до "Договору між Україною і Бразилією про довгострокову співпрацю сторін по використанню ракет-носіїв "Циклон-4" на пусковому центрі Алкантара" від 21.10.2003 розроблена конструкторська документація на наземне технологічне устаткування, виготовлена перша РКП "Циклон-4", розпочато будівництво наземного комплексу КРК "Циклон-4". У 2015 році Бразилія в односторонньому порядку припинила співпрацю з Україною у рамках проекту "Циклон-4" "у зв'язку з поєднанням причин, пов'язаних з питаннями фінансування, технологічними аспектами, а також невизначеністю експортних перспектив проекту".

### **Ізраїльська база Пальмахим**

Розташування космодрому Пальмахим [1] показано на малюнку 1.2.10.1.

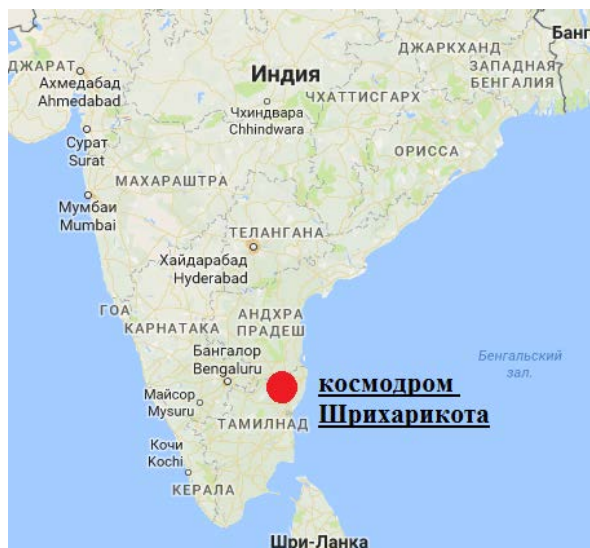


Малюнок 1.2.10.1 - Розташування космодрому Пальмахим

Пальмахим - авіабаза ВПС Ізраїлю, розташована поряд з кибуцем Пальмахим, недалеко від міст Ришон-ле-Цион і Явне. Зокрема, база в якості космодрому - для запуску супутників "Офек" ракетою "Шавит", а також інших ракет. Примітно, що запуски ракет здійснюються не в східному, як у абсолютної більшості космодромів, а в західному напрямі, тобто проти обертання Землі. Причина цього в тому, що трасу запуску можна прокласти тільки над Середземним морем : землі на схід від бази заселені, при цьому суміжні країни розташовані досить близько. Всього було 9 запусків в точці з координатами  $31^\circ$  північної широти і  $35^\circ$  східної довготи. Функціонує з 1988 року.

## Індійський космодром Шрихарикота

Розташування індійського космодрому Шрихарикота [1] показано на малюнку 1.2.11.1.



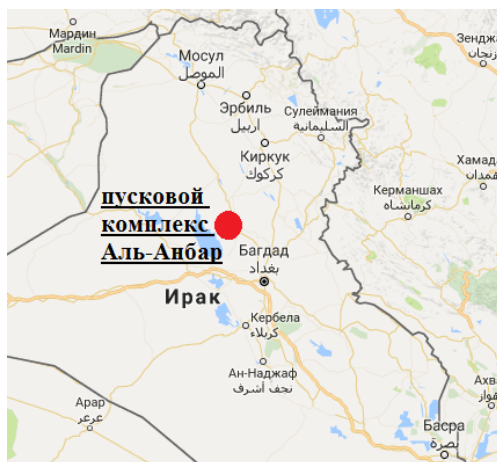
Малюнок 1.2.11.1 - Розташування індійського космодрому Шрихарикота

Розташований на однойменному острові у Бенгальській затоці, в точці з координатами  $13,37^{\circ}$  півн.ш. і  $80,18^{\circ}$  схід.д. Будівництво космодрому почалася в 1971 році і завершилося в 1979 році.

На космодромі є два стартові комплекси для пуску ракет-носіїв модифікації SLV, ASLV, PSLV з виводом на навколосемні орбіти різних космічних апаратів, станція стеження, два монтажно-випробувальні корпуси, спеціальні стенди для випробувань ракетних двигунів. На території космодрому функціонує завод по виробництву ракетного палива.

## Іракський пусковий комплекс Аль-Анбар

Розташування іракського пускового комплексу Аль-Анбар [1] показано на малюнку 1.2.12.1.



Малюнок 1.2.12.1 - Розташування іракського пускового комплексу Аль-Анбар

Центр космічних досліджень розташований в 50 км на захід від Багдада в точці з координатами 33,5° півн.ш. і 43° схід.д. 5 грудня 1989 року звідси був здійснений перший і єдиний пуск ракети-носія "Аль-Абид".

У січні 1991 року комплекс Аль-Анбар під час військової операції "Буря в пустелі" піддався значним руйнуванням і відтоді не експлуатується.

Призначався для пусків балістичних ракет і РН космічного призначення.

### **Іранський ракетний полігон Семнан**

Розташування іранського ракетного полігону Семнан [1] показано на малюнку 1.2.13.1.



Малюнок 1.2.13.1 - Розташування іранського космодрому Семнан

Розташований в пустелі Деште-Кевир, в остане Семнан, недалеко від однойменного міста на півночі Ірану.

Космодром Семнан має деякі недоліки і обмеження географічного характеру, внаслідок чого Іранське космічне агентство має намір почати будівництво другого майданчика для запуску космічних апаратів.

Встановлена на полігоні пускова установка призначена для запуску РН легкого класу.

### **Італійський космодром Сан-Марко**

Розташування італійського космодрому Сан-Марко [1] показано на малюнку 1.2.14.1.



Малюнок 1.2.14.1 - Розташування космодрому Сан-Марко

Морським італійським космодромом "Сан-Марко" є нерухому заякорену платформу поблизу екватора в кенійських територіальних водах.

Складається з двох переобладнаних нафтових платформ ("Сан-Марко" і "Санта-Ріта"), розташованих на відстані 500 м один від одного. Перший "космодром на воді". На першій платформі змонтовані пускова установка і монтажньо-випробувальний ангар для зборки і випробувань ракет, на другій - розміщені пост управління запуском і устаткування для стеження за польотом РН.

Під час старту ракети увесь інженерний персонал із стартової платформи переміщаються на складально-командне судно. Платформи пов'язані між собою 23 підводними кабелями.

### **Космодром "Морський старт"**

Розташування космодрому "Морський старт" [1] показано на малюнку 1.2.15.1.



Малюнок 1.2.15.1 - Розташування космодрому "Морський старт"

Космодром "Морський старт". Морський старт (Sea Launch) - плаваючий космодром для запуску ракети-носія Зеніт-3SL. Точка старту розташовується в акваторії Тихого океану з координатами 0°00' півн.ш. 154°00' з.д. поблизу острова Різдово.

Морський старт створений Міжнародним консорціумом (Sea Launch Company - SLC). До нього увійшли американська фірма Boeing Commercial Space Company (50% капіталу), російська РКК "Енергія" (25%), українські ГП "КБ "Південне" (5%) і ГП "ПО Південмаш" (10%), а також норвезька суднобудівельна компанія Aker Kværner (10%).

Морський сегмент комплексу "Морський старт" складається з двох морських суден: стартової платформи (СП) "Odyssey" і складально-командного судна (СКС) "Sea Launch Commander".

Стартова платформа "Odyssey" має свою історію. Це колишня самохідна нафтовидобувна платформа "OCEAN ODYSSEY", побудована в Йокосуке, Японія в 1982 - 1984 роках. У 1992 платформа пройшла ремонт і переобладнання у бурову платформу на Виборзькому суднобудівельному заводі. Після ухвалення рішення використати її в проєкті "Морський старт" в 1996 - 1997 роках платформа пройшла переобладнання на верфі "Rosenberg" в Ставангері (Норвегія) і стала називатися "Odyssey". Характеристики СП : довжина 133 м, ширина 67 м, висота 60 м, водотоннажність 46 тис.тонн. Під



час старту ракети увесь інженерний персонал із стартової платформи переміщаються на складально-командне судно.

Складально-командне судно (СКС) "Sea Launch Commander" було побудоване спеціально для проекту "Морський старт" компанією "Kvaerner Govan Ltd"., Глазго, Шотландія в 1997 році. СКС оснащено системами і устаткуванням, що дозволяють проведення на його борту комплексних випробувань ракети-носія і розгінного блоку, заправки розгінного блоку висококиплячими компонентами палива і газів, зборку ракети-носія. СКС виконує також функції центру управління при підготовці і пуску ракети-носія. На СКС розташовуються командний пункт управління польотом розгінного блоку і засобу прийому і обробки телевимірювань. Характеристики СКС : довжина 203 м, ширина 32 м, висота 50 м, водотоннажність 27 тис. тон, максимальна швидкість 21 вузол.

Перший пуск був здійснений 28 березня 1999 року. Всього здійснені 36 запусків, у тому числі 32 успішних, 1 частково успішний і 3 невдалих.

Після оголошення банкрутства 1 квітня 2010 року рада директорів SLC прийняла рішення віддати РКК "Енергія" головну роль в проекті.

У кінці липня 2010 року за рішенням суду Energia Overseas Limited (EOL), що є дочірньою компанією корпорації "Енергія", отримала 95 % акцій консорціуму "Морський старт", Boeing - 3% і Aker Solutions - 2%.

У 2014-2016 роках російською стороною проводилися переговори про продаж проекту.

## 2 КОСМІЧНИЙ РАКЕТНИЙ КОМПЛЕКС

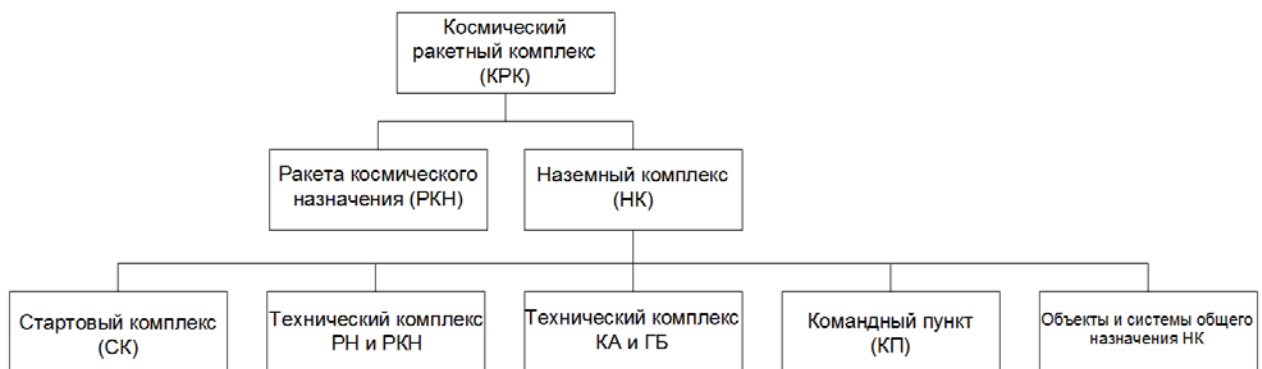
### 2.1 Основні визначення, структура і класифікація космічних ракетних комплексів

Космічний ракетний комплекс (КРК) - комплекс, що включає ракету-носії конкретного типу з її можливими модифікаціями, сукупність технічних засобів, споруд і комунікацій, призначених для проведення заданої технології робіт з ракетою-носієм і/або ракетами космічного призначення, зібраними на базі даної ракети-носія, по їх підготовці до пуску, змісту у встановлених готовностях пуску і управління на ділянці виведення.

Найважливішими елементами КРК, що забезпечують рішення задачі наземної експлуатації РН, КА, РБ і пуску являються стартовий і технічний комплекс РН і РКП, технічний комплекс КА і ГБ, командний пункт, об'єкти і системи загального призначення, які по суті складають основу інфраструктури наземного комплексу.

Необхідність наявності ТК РН і РКП і СК обумовлена прийнятою двохетапною стратегією підготовки РКП до застосування. Технологічне устаткування цих комплексів є базою, на якій здійснюється наземна експлуатація РКП і її пуск.

Структура КРК приведена на малюнку 2.1.1.



Малюнок 2.1.1 - Структура КРК

Класифікація КРК наводиться, як правило, за наступними ознаками:

а) клас РКП:

- КРК для пуску РКП легкого класу(КРК "Космос", "Циклон", "Старт", "Гуркіт", "Дніпро" та ін.);
- КРК для пуску РКП середнього класу(КРК "Союз", "Блискавка", "Зеніт" та ін.);
- КРК для пуску РКП важкого класу (вага корисного вантажу від 15 до 50т);
- КРК для пуску РКП надважкого класу(КРК "Енергія");
- універсальний КРК для пуску різних класів РКП (РКП сімейства "Ангара", "Маяк").

б) середовище і місце розміщення :

- наземні (КРК "Старт", "Союз", "Зеніт" та ін.);
- підземні або шахтні (КРК "Гуркіт", "Дніпро");

- надводні (КРК "Sea Launch");
  - підводні (на базі "Штиль", "Хвиля");
  - авіаційний (КРК "Пегас").
- в) мобільність:
- стаціонарні (КРК "Дніпро", "Циклон" і так далі);
  - мобільні (КРК "Старт", "Штиль" і так далі).

## 2.2 Старт ракети-носія. Типи старту

Старт РКП є відповідальним, небезпечним і в теж час, видовищним етапом пускової місії. Виведення корисного вантажу на задану орбіту - це завдання, виконання якого забезпечується ракетною космічного призначення. Вага космічного апарату і висота орбіти визначають вимоги до енергетичних характеристик РКП, а вибір основних характеристик і конструктивно-компонувальної схеми РКП безпосередньо залежить від типу старту. При цьому вибраний тип старту визначає перелік і послідовність завершальних операцій, що забезпечують підготовку РКП до пуску, запуск двигуна і схід або вихід РКП з/з пускової установки, а також вигляд наземного устаткування, що забезпечує старт РКП.

При виборі типу старту і проектуванні самої РКП необхідно знайти оптимальне поєднання неминучих втрат швидкості при старті і найменших витрат на його забезпечення, з виконанням вимог з боку космічного апарату. Для цього потрібно залучення висококваліфікованих фахівців в різних областях (фізики, хімії, матеріалознавства, аеро- і газодинаміки, теплових режимів, міцності, проектуванні і технології виготовлення), їх скоординованої і злагодженої роботи в цілях забезпечення успішного і безпечного старту РКП для виведення КА на задану орбіту. Проектування старту вимагає комплексного підходу і застосування системних знань, оскільки невдалий старт РКП може стати причиною не лише невиконання поставленої мети, але і причиною руйнування наземних споруд і дорогого наземного устаткування, а також привести до екологічної катастрофи.

Типи старту можна класифікувати за наступними параметрами:

### 1. По моменту включення РУ РН :

- газодинамічний старт - з включенням рухової установки при знаходженні РН на ПУ (Циклон-2, Циклон-3, Зеніт);
- старт РН з включенням РУ після виходу (викиду) РН з ПУ автономним джерелом енергії. Різновидом цього старту є мінометний (катапультний) старт (Дніпро).

### 2. За місцем зльоту РН :

#### а) стаціонарний старт:

- наземний старт - ПС з газовідбивачем розташовується на поверхні ґрунту ПУ (Циклон-2);
- заглиблений старт - газовідбивач і облаштування (газоходи) ПС, що газовідводять, розташовуються під поверхнею ґрунту (Циклон-3, Зеніт);
- шахтний старт - РКП з пусковим устаткуванням розташовується під поверхнею ґрунту в шахтній споруді (Дніпро).

б) рухливий старт:

- ґрунтовий (автомобільний, залізничний);
- водний (надводні і підводні плавзасоби);
- авіаційний (літаки).

3. За способом утримання РН на ПС у момент старту:

- без утримання (Циклон);
- з утриманням (Антарес).

Визначення схеми старту є одним з важливих завдань на початковому етапі створення КРК, оскільки аерогазодинамічні процеси, що відбуваються при старті РКП визначають інфраструктуру і технічний вигляд наземного пускового і технологічного устаткування, а також міцності, жорсткості і массогабаритні характеристики окремих вузлів і деталей, що у свою чергу впливає на вибір конструкційних матеріалів і технологій, що притягаються для виготовлення і експлуатації елементів НК. Усе це вносить свій вклад в забезпечення конкурентоспроможності створюваних КРК, оскільки від рішень, закладених на етапі проектування залежить надійність, оперативність і вартість комплексу в цілому. Проте, у сучасному світі все частіше виникає необхідність розглядати використання вже наявних стартових комплексів під пуски РКП більшою тяговоозброєністю, враховувати економічні вимоги і знаходити шляхи застосування недорогих матеріалів і технологій. Отже, одним з важливих аспектів успіху в створенні і експлуатації КРК, не лише в технічному і економічному сенсі, а і з точки зору тривалої присутності на ринку, являється здатність виявити і закласти резерви надійності наземних комплексів, що будуються, для забезпечення пусків РКП з новими характеристиками в умовах відсутності можливості внесення змін до проектних параметрів пускових установок.

Проектування старту проходить у декілька етапів, з проведенням ряду розрахунків для підтвердження працездатності запропонованих конструктивних рішень, при цьому необхідно враховувати:

- конструктивно-компонувальну схему РКП;
- вимоги, що пред'являються від РКП;
- програму пусків;
- витрати часу (оперативність);
- умови розміщення наземного комплексу (НК) (температура, вітер і так далі);
- забезпеченість ресурсами (фінансовими, людськими, технічними);
- можливість і необхідність використання наявної інфраструктури.

На початку, на підставі досвіду, що мається, приймається рішення про схему розміщення і взаємну ув'язку устаткування СК, що забезпечує старт РКП, а також визначається конструкція його основних елементів. Потім, з використанням інженерних методик і чисельного моделювання, проводяться розрахунки аеродинамічних характеристик, газодинамічних характеристик, параметрів обуреного руху РКП, теплових режимів РКП і наземного устаткування, динаміки старту РКП і міцності РКП і наземного устаткування.

На малюнку 2.2.1 представлені види розрахунків, необхідні для оцінки параметрів старту.

Детально облаштування стикування комунікацій СК і РКП розглянуті в розділі 4.4.7.



Малюнок 2.2.1 - Види розрахунків, необхідні для оцінки параметрів старту

В ході проведення розрахунку аеродинамічних характеристик визначаються аеродинамічні сили і моменти, обумовлені вітровим потоком, з урахуванням геометрії корпусу РКП, взаємного розташування споруджень стартового комплексу і РКП, а також профілю необуреного приземного вітру. В результаті проведення розрахунку газодинамічних характеристик визначаються газодинамічні сили і моменти, діючі на РКП при старті, з урахуванням параметрів рухової установки першого ступеня, геометрії і компонування хвостового відсіку РКП і газовідбиваючої поверхні або профілю газовідвідного каналу. При визначенні параметрів обуреного руху оцінюється достатність характеристик вибраних органів управління. Оцінка теплових режимів і місткісних характеристик вибраних конструкцій дозволяє прийняти рішення про правильність вибору конструкційних матеріалів або покаже необхідність доопрацювання конструкції. Розрахунок динаміки старту РКП проводиться для оцінки ненаголошеності руху РКП при старті.

Потім проводиться аналіз отриманих результатів і приймається рішення про працездатність прийнятої схеми і запропонованих конструктивних рішень, а також необхідність внесення змін і проведення доопрацювання устаткування.

В цілому проектування старту - це дуже відповідальний і трудомісткий процес, від рішень якого залежить вигляд стартового комплексу, надійність старту РКП і успіх пускової місії.

## **3 НАЗЕМНИЙ КОМПЛЕКС КОСМІЧНОГО РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСУ**

### **3.1 Призначення, склад і основні характеристики наземного комплексу**

Наземний комплекс (НК) - складна наземна інфраструктура, що є сукупністю споруд і об'єктів з системами, агрегатами і устаткуванням, яке забезпечують проведення підготовки і здійснення пуску РКП.

Як було сказано раніше (розділ 2.1) до складу інфраструктури наземного комплексу входять: стартовий і технічний комплекс РН і РКП, технічний комплекс КА і ГБ, командний пункт, об'єкти і системи загального призначення, які забезпечують :

- прийом і тимчасове зберігання складових частин РКП;
  - умови для підготовки КА (у тому числі заправку, при необхідності, компонентами палива і стислими газами);
  - інтеграцію КА в головний блок (ГБ);
  - перевірку і підготовку складових частин РН і ГБ і їх інтеграції в РКП.
- Зборку РКП;
- проведення передпускових перевірок і пуск РКП;
  - проведення післяпускових і ремонтно-відновних робіт з технологічним устаткуванням НК (при необхідності).

Формування вимог до НК - це обґрунтований вибір складу і значень характеристик НК, структури і алгоритмів функціонування. І це завдання ставиться як досягнення необхідних значень при мінімальних витратах.

Основними характеристиками створюваних НК являються:

- продуктивність НК (кількість пусків РКП в рік) і загальна кількість пусків впродовж терміну служби технологічного устаткування;
- час підготовки РКП до пуску і тривалість ремонтно-відновних робіт на СК після пуску РКП;
- кількість комплектів РКП, одночасно розміщуваних і обслуговуваних на НК;
- кількість пусків РКП, забезпечуваних запасом КРП на НК;
- загальна кількість персоналу НК;
- періодичність і тривалість технічного обслуговування систем НК;
- терміни експлуатації технологічного устаткування, будівель і споруд;
- гарантійні терміни на технічне устаткування.

Великий вплив на склад НК і вигляд його устаткування роблять прийняті рішення по конструктивному РКП (габарити, маса, ділення на складові частини, компоненти палива, інтерфейси і так далі) і її технологія робіт з підготовки і пуску.

### **3.2 Критерії при створенні наземних комплексів**

1. Раціональність створюваного комплексу з урахуванням мінімізації:

- фінансових коштів;
- термінів створення;
- чисельності обслуговуючого персоналу;

2. Застосування сучасних методів проектування (створення цифрових моделей наземних комплексів);
3. Забезпечення універсальності застосування устаткування і споруд;
4. Максимальне використання місцевої інфраструктури в інтересах НК.

### **3.3 Підходи, вживані по зниженню вартості, термінів створення, чисельності обслуговуючого персоналу при створенні НК**

Застосування при будівництві споруд легкозбірних конструкцій;

Скорочення кількості будівельних споруд шляхом об'єднання їх функцій;

Створення модульних систем з можливістю використання в розробках різних НК;

- Застосування в створюваних агрегатах і системах серійних комплектуючих;
- Використання методик при проектуванні, які не вимагають відробітку досвідчених конструкцій;
- Відробіток елементів НК ведеться на устаткуванні, яке використовується при експлуатації комплексу;
- Максимальне використання об'єктів місцевої інфраструктури, розташованої в околицях НК.

### **3.4 Технологічний процес підготовки ракети і космічного апарату до пуску**

Технологічний процес підготовки РКП до пуску забезпечується, у тому числі і транспортними засобами КРК, які діляться на два класи: транспортні засоби для зовнішньокосмодромних і для внутрішньокосмодромних перевезень.

Об'єктивними причинами такого ділення є масові і габаритні характеристики РКП або її елементів, обмеження по максимальних транспортних перевантаженнях, габаритні обмеження транспортних магістралей і потрібні для перевезення відстані. Склад поза космодромними транспортними засобами визначається особливістю дислокації КРК і віддаленістю промислових районів, рівнем розвитку транспорту і транспортних магістралей. Ці транспортні засоби створюються на базі загальнопромислових зразків, шляхом їх дообладнання системами кріплення РКП або її блоків. Залежно від діаметру і довжини РКП, її складу або її складових частин застосовують наземну (грунтову, залізничну), повітря, водна транспортування. При цьому при зовнішньокосмодромному перевезенні транспортування РКП або її складових частин проводиться засобами для горизонтального розташування об'єкту, що перевозиться.

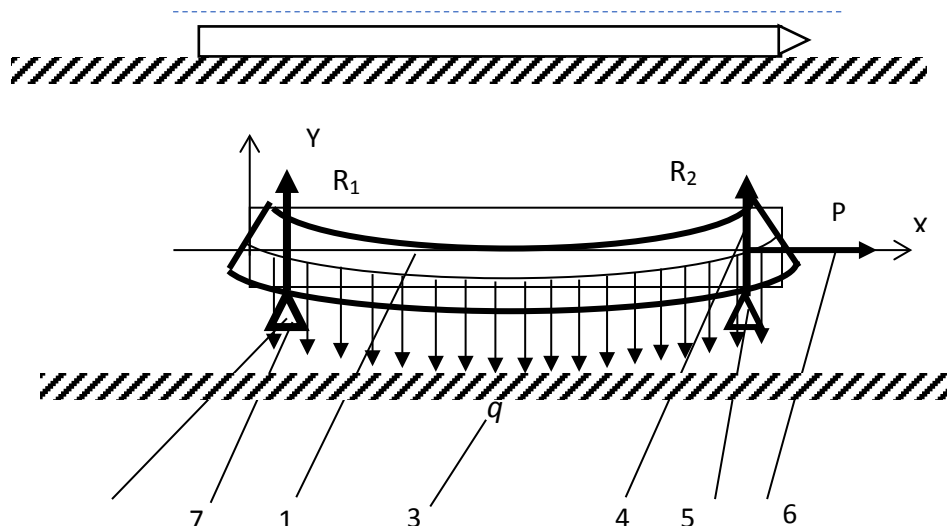
Для реалізації процесів внутрішньокосмодромного транспортування використовуються засоби для горизонтального або вертикального способів розташування об'єкту, що перевозиться.

Ухвалення рішення за способом транспортування робить істотний вплив на уся технологію підготовки і пуску РКП і, відповідно, на склад і основні характеристики НК. При цьому вирішальне значення на користь того або

іншого способу транспортування, робить стан об'єкту, що перевозиться, під час транспортування.

### 3.4.1 Горизонтальне транспортування і зборка ракети-носія

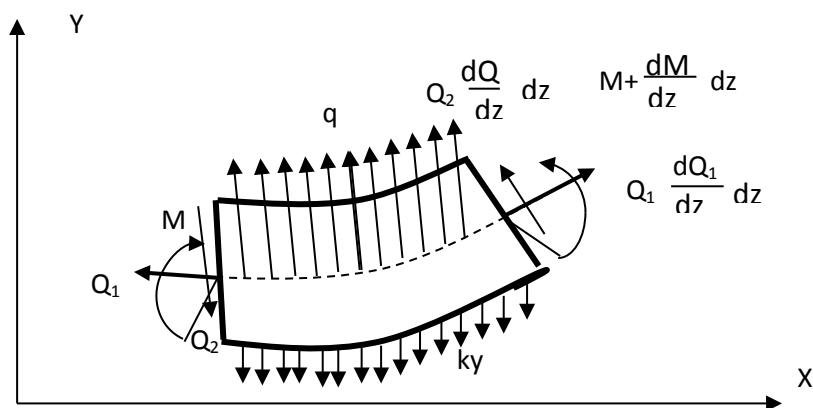
Для оцінки процесів транспортування РКП [2], що знаходиться на транспортному засобі в горизонтальному положенні справедлива схема (малюнок 3.3.1) :



1 - РКП; 2,5 - опори транспортного засобу; 4,7 - реакції опор;  
3 - розподілена вага; 6 - тягове зусилля транспорту.

Малюнок 3.3.1 - Схема транспортування РКП в горизонтальному положенні

Розглянувши рівновагу елемента РКП в такому положенні на опорах транспорту (малюнок 3.3.1).



Малюнок 3.3.2

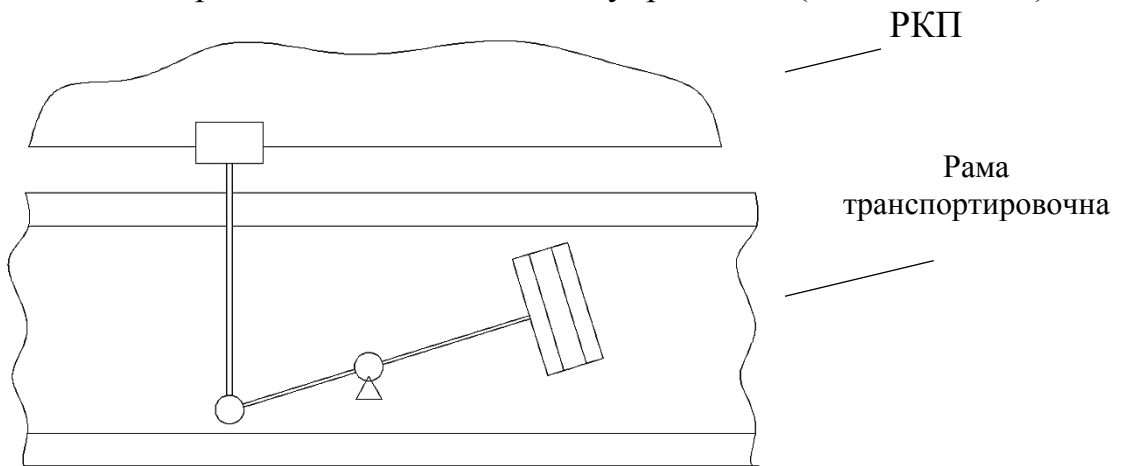
І проєктуючи сили на вісь Y (малюнок 3.3.2), з урахуванням певних спрощень ми отримаємо лінійне рівняння як для власне транспорту, так і для РКП:



$$\frac{d^2}{dx^2} \left( EJ_x \frac{d^2 y}{dx^2} \right) - \frac{d}{dx} \left[ Q_1(x) \frac{dy}{dx} \right] + ky = q(q_0, P, M),$$

де  $q(q_0, P, M)$  - узагальнене зовнішнє навантаження, залежне від розподілених і зосереджених зовнішніх сил;  $M$  - момент, що вигинає;  $E$  - модуль пружності першого роду;  $J_x$  - момент інерції перерізу відносно осі  $X$ .

Керованість положенням (деформаційні коливання) РКП на транспорті при горизонтальному способі транспортування досягається установкою на рамі транспортування тарованих опор. Механізми для створення зусиль в цих опорах побудовані, як правило, на важільних противагах, що робить їх роботу успішною без створення додаткових систем управління (малюнок 3.3.3):



Малюнок 3.3.3

Це положення справедливе при рівномірному розподільному навантаженні  $q$ , що може бути прийнято для рідинних (не заправлених) ракет при їх горизонтальному транспортуванні.

Для твердопаливних (тобто заправлених) РКП при їх горизонтальному транспортуванні розподілене навантаження не є рівномірним, що призводить до збільшення поперечних навантажень (особливо в перехідних відсіках і, отже, призводить до необхідності їх посилення і, відповідно, збільшення ваги) в порівнянні з польотними навантаженнями.

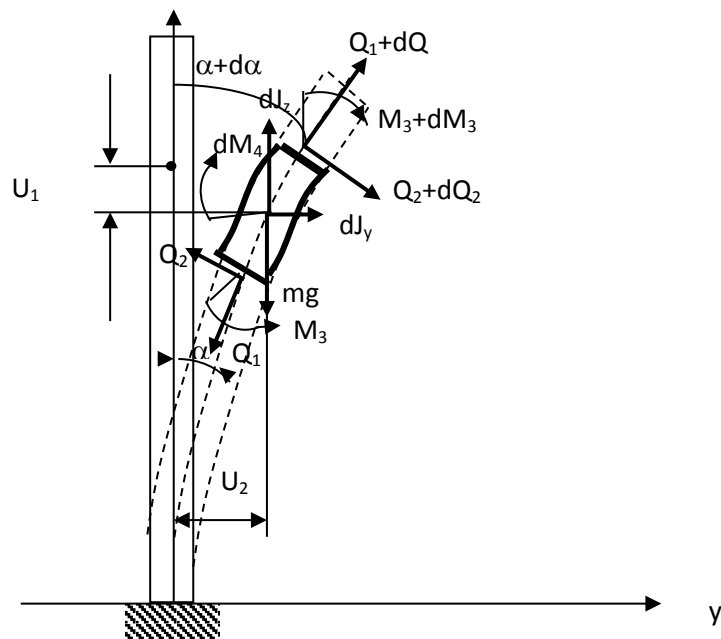
У Радянському Союзі, створювані РКП для КРК були рідинними і, відповідно, технологія транспортування була горизонтальною і горизонтальною була зборка ракети-носія. Східці з перехідними відсіками, головний блок транспортувалися в горизонтальному положенні і поступали в монтажньо-випробувальний корпус (МІК) РКП (малюнок 3.3.4), в якому проводилися необхідні перевірки, зборка і перевірка повністю зібраної ракети, необхідні перевірки бортових систем РКП, установка повністю зібраної РКП на транспортно-настановний агрегат і транспортування в горизонтальному положенні на стартовий комплекс. На СК агрегат транспортування встановлював РКП у вертикальне положення, проводилася заправка компонентами палива, перевірка систем і пуск РКП.



Малюнок 3.3.4 - МІК РН і РКП

### 3.4.2 Вертикальне транспортування і зборка ракети-носія

РКП, що знаходиться у вертикальному положенні [2] схильна до аеропружних коливань, що є нелінійними за визначенням. Рівняння, що описують рухи вертикально розташованого корпусу РКП, мають наступний вигляд:



Малюнок 3.4.1

$$m ds \frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2} = \frac{\partial}{\partial s} (Q_1 \cos \alpha) ds + \frac{\partial}{\partial s} (Q_2 \sin \alpha) ds$$

$$m ds \frac{\partial^2 u_2}{\partial t^2} = \frac{\partial}{\partial s} (Q_1 \cos \alpha) ds - \frac{\partial}{\partial s} (Q_2 \sin \alpha) ds$$

$$\frac{\partial M_3}{\partial s} ds = Q_2 ds + J_x \rho ds \frac{\partial^2 \alpha}{\partial t^2} \left( M_3 = A_{33} \frac{\partial \alpha}{\partial s} \right)$$

де  $A_{33}$  жорсткість при крученні і вигині. Звідки

$$Q_2 = A_{33} \frac{\partial^2 \alpha}{\partial s^2} - J_x \rho \frac{\partial^2 \alpha}{\partial t^2}$$

і після перетворень виходять два нелінійні рівняння

$$m \frac{\partial^2 \alpha}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 Q_2}{\partial s^2} - 2 \frac{\partial Q_1}{\partial s} \frac{\partial \alpha}{\partial s} - Q_2 \left( \frac{\partial \alpha}{\partial s} \right)^2 - Q_1 \frac{\partial^2 \alpha}{\partial s^2} = 0$$

$$m \left( \frac{\partial \alpha}{\partial t} \right)^2 + \frac{\partial^2 Q_1}{\partial s^2} + 2 \frac{\partial Q_2}{\partial s} \frac{\partial \alpha}{\partial s} - Q_1 \left( \frac{\partial \alpha}{\partial s} \right)^2 + Q_2 \frac{\partial^2 \alpha}{\partial s^2} = 0$$

З цих рівнянь видно, що горизонтальне зміщення РКП в першому наближенні пропорційно квадратам зміщень по осі Y, тому сила  $Q_1$  нелінійно залежить від переміщень по осі Y.

Диференціальні рівняння (3.4.1, 3.4.2) мають високу міру нелінійності, що в термінах теорії автоматичного управління свідчить про нестійкість такого руху. Тільки шляхом введення жорстких обмежень і додаткових технологічних систем вдається ослабити міра нелінійності деформаційного руху корпусу. При вертикальному транспортуванні транспортна платформа оснащується спеціальною гіроскопічною системою, працюючою на приводи підвіски, а тракт є надзвичайно складною і дорогою інженерною спорудою.

Транспортування РКП у вертикальному положенні виконується з використанням транспортера, на якому знаходяться пускова платформа разом із закріпленою на ній РКП. Переміщення такої платформи регламентується жорсткими вимогами по перевантаженнях, діючих на РКП, і вертикальністю її корпусу. Рух платформи відбувається по спеціально спрофільованому тракту із швидкістю  $\sim 0,8 - 1,6$  км/год, при роботі гіроскопічної системи стабілізації транспортера, що забезпечує за рахунок роботи силових приводів, горизонтальне положення в діапазоні  $\sim \pm 5^\circ$ .

Введення таких жорстких обмежень на рух платформи дозволяє мінімізувати перерізуючі зусилля, і дозволяють понизити масу конструкції РКП. При вертикальній зборці РКП складові її частини транспортуються на технічний комплекс (ТК) при поза космодромному транспортуванні технічними засобами в горизонтальному положенні. На ТК проводяться необхідні перевірки складових частин і в горизонтальному положенні складові частини вирушають на СК, де за допомогою кантувальника переводяться у вертикальне положення і за допомогою засобів кранів встановлюються у вежу

обслуговування, в якій відбувається зборка РКП, її перевірка і підготовка до пуску.

При вертикальній зборці РКП може транспортуватися за допомогою спеціальної платформи до точки старту (малюнок 3.4.2) або залишатися на місці зборки. При цьому вежа обслуговування від'їжджає від точки старту (малюнок 3.4.3).

Як ми бачимо вертикальна зборка РКП "робить" структуру і склад наземного комплексу відмінною від НК при горизонтальній зборці РКП.



Малюнок 3.4.2 - Транспортування РКП у вертикальному положенні за допомогою спеціальної платформи до точки старту



Малюнок 3.4.3 - РКП на місці зборки в точці старту

### **3.5 Комплекс будівельних споруд**

До складу космодрому і розміщуваних на його території космічних ракетних комплексів входять будівельні спорудження загального призначення космодрому і будівельні спорудження космічних ракетних комплексів.

Будівельні спорудження загального призначення космодрому забезпечують функціонування технологічних об'єктів, систем і устаткування космічних РК, і, як правило, включають:

- спорудження системи електропостачання (ввідні трансформаторні підстанції, розподільні електромережі);
- спорудження системи виробництва стислих газів (компресорна, ресиверна, розподільні мережі);
- спорудження систем водопостачання (артезіанські свердловини, насосні станції, накопичувальні резервуари, розподільні мережі) і каналізації;
- пожежне депо;
- аеродром, вертолітні майданчики, автодороги;
- спорудження адміністративного призначення, побутового і медичного забезпечення і так далі

Будівельні споруди, що входять до складу наземних комплексів космічних РК, призначені для:

- прийому, розміщення і зберігання складових частин РКП і КА, проведення їх регламентного технічного обслуговування;
- розміщення і забезпечення функціонування наземного технологічного устаткування, наземної контрольно-перевірочної апаратури РКП і КА;
- забезпечення безпечної експлуатації устаткування, а також захисту обслуговуючого персоналу у разі виникнення нештатних і аварійних ситуацій при проведенні допоміжних і технологічних робіт, включаючи підготовку до пуску і пуск ракет;
- захисту устаткування, що знаходиться в них, від проникнення ґрунтових вод, атмосферних опадів і інших зовнішніх дій, а також від газодинамічної, акустичної і теплової дії при пуску ракет.

Розробка будівельних споруджень КРК, а також споруджень загального призначення космодрому ведеться спеціалізованими проектними будівельними організаціями.

У СРСР основними головними проектними організаціями по будівельних об'єктах КРК були ЦПІ-20 і ЦПІ-31 Міністерства оборони, а також ППРОмашпром Міністерства загального машинобудування. Науковий супровід розробок здійснювався 26-ЦНДІ МО, ВІКА ім. Можайського (МО), а також ЦНДІмаш і НДУ ТМ МОМ. У Україні проектними будівельними організаціями цього профілю нині виступають ЦПІ МОУ і ДП "ДП". Головні проектні будівельні організації працюють зі своєю кооперацією суміжних підприємств в тісному контакті з підприємствами-розробниками технологічного устаткування.

Розробка будівельних проектів здійснюється відповідно до ТТЗ Замовника (або ТЗ Головного розробника КРК), з урахуванням вимог до структури і характеристик проектного об'єкту, умов його функціонування,

початкових даних за технологією робіт на об'єкті, складу і характеристикам технологічного устаткування.

Проектна будівельна документація розробляється відповідно до діючих норм і правил. У СРСР це були СНІП, Гости, ОСТи, інструкції та ін., зараз в Україні - ДБН, ДСТУ, Гости, міжнародні стандарти. Ці документи регламентують етапи (стадії) і процеси проектування і будівництва споруд, складання кошторисів, застосування будівельних матеріалів виробів, конструкцій, устаткування, організацію і технологію будівельного виробництва і так далі

В цілому проектування будівельних споруд НК включає виконання дослідницьких, розрахункових, проектних і конструкторських робіт, що мають на меті визначення генерального плану створюваного комплексу, найбільш доцільних об'ємно-планувальних і проектних рішень усіх споруд, розробку конструкції споруд, їх складових частин, що входять в них технічних систем і устаткування, розробку технології будівництва.

Проектування найбільш складних будівельних споруд, таких як стартові споруди, МІК РН і РКП, МІК КА і ГБ, спорудження заправки і інших складних споруд, а також розробка генерального плану НК виконуються в три стадії:

- ескізний проект;
- проект;
- робоча документація.

Прості споруди, як правило, проектуються в дві стадії - без виконання стадії "проект".

Ескізний проект розробляється на базі ВД, що видаються Головним розробником КРК, з метою визначення принципів об'ємно-планувальних рішень основних споруджень НК, складу і характеристик їх технічних систем і устаткування.

Розробка документації стадії "проект" і робочій документації на будівельні споруди виконується на основі затвердженого Замовником ЕП, з урахуванням результатів інженерних, гідрологічних, геологічних досліджень, даних після сейсмічності району, уточнених початкових даних по технологічному устаткуванню, вимог по розміщенню устаткування, його фундаментів, заставних елементів і так далі. У комплект робочої документації входять робочі креслення, монтажна документація, кошторисна документація, специфікації устаткування і матеріалів, документація по організації будівництва.

Об'ємно-планувальні рішення, конструкція будівельних споруд, вживані матеріали і технологія будівництва, склад і характеристики технічних систем і устаткування споруд вибираються з обліком:

- технологічного призначення споруди (стартова споруда, МІК РН і РКП, спорудження заправки, сховище піротехнічних засобів і так далі);
- прийнятій технології робіт з РКП при її підготовці до пуску (горизонтальна або вертикальна зборка, зборка в МІКА РН і РКП або на стартовому комплексі, заправка РКП ручна або автоматична і так далі);

- типу і характеристик РКП, характеристик палива, складу і характеристик технологічного устаткування, використовуюваного при проведенні робіт з РКП;

- наявності або відсутності персоналу в спорудах або поблизу них при проведенні небезпечних операцій (заправка РКП, електричні перевірки піротехнічних пристроїв і так далі);

- кліматичних умов району того, що має в розпорядженні НК : діапазон розташування існуючих космодромів - від приекваторіальної зони з тропічним кліматом (температура повітря від 0 до плюс 60 °З, відносна вологість до 100 %, швидкість вітру до 50 м/с) до середніх і високих широт з різко континентальним кліматом (температура від мінус 40 до плюс 50 °С);

- інженерно-геологічних і інших умов району будівництва (характер і щільність ґрунтів, їх водонасиченість, рухливість, сейсмічність району, вітрові навантаження, характер і інтенсивність опадів і так далі);

- вимог ТТЗ Замовника по ресурсу споруджень НК, необхідності проведення і складності ремонтно-відновних робіт споруд після проведення пуску РКП, терміну служби будівельної частини споруд і їх технічного устаткування;

- вимог чинних законодавчих і нормативних документів до проектування промислових підприємств і споруд у тому числі - в частині їх пожежної і вибухобезпечності, екологічної безпеки, промислової санітарії і гігієни, ергономіки, промислової естетики та ін.

Основні будівельні споруди практично усіх створених і експлуатованих нині КРК є стаціонарними, капітальними, з тривалим (не менше 25 років) терміном служби.

Будівельні спорудження НК виконуються в наземному, напівзаглибленому або заглибленому варіантах.

Будівельні споруди або окремі приміщення споруд, залежно від їх функціонального призначення, вимог по населеності, пожежної, екологічної безпеки, а також з урахуванням інших діючих норм і вимог оснащуються необхідними технічними системами і устаткуванням (вентиляції, кондиціонування, освітлення, каналізації, пожежного захисту, газового контролю, сигналізації, зв'язку, електропостачання, опалювання, блискавкозахисти та ін.).

Технічні системи і устаткування будівельних споруд розробляються проектними будівельними організаціями в основному з використанням тих, що серійно виготовляються устаткування, матеріалів і інших комплектуючих.

У складі наземних комплексів КРК, а також у складі об'єктів і систем загального призначення космодрому використовуються різні типи будівельних споруд: спеціальні будівельні споруди (стартові комплекси РКП, стенди для випробувань ракетних двигунів та ін.), будівлі різного призначення, об'єкти транспортної інфраструктури (дороги, естакади), інженерні мережі (електропостачання, водопостачання, зв'язки) і так далі

Найбільш складними і дорогими будівельними спорудженнями наземних комплексів КРК є стартові споруди, будівлі МІК РН і РКП і МІК КА і ГБ, спорудження заправки. Розглянемо деякі з цих споруд.

Стаціонарні стартові спорудження КРК виконуються в основному напівзаглибленими або заглибленими. Об'ємно-планувальні і конструктивні рішення стартових споруд є суто індивідуальними для кожного КРК. Це пояснюється унікальністю РКП різних КРК по класу, вживаному паливу, компонованню, розмірам і масі, тязі рухової установки РКП, схемі її установки на стартову споруду, рівню автоматизації передстартових операцій і так далі. У зв'язку з необхідністю витримувати значні механічні, теплові, газодинамічні навантаження при старті РКП основна конструкція стаціонарних стартових споруд РКП виконується як правило з монолітних або збірно-монолітних залізобетонних конструкцій, Ділянки газоходу, найбільш схильні до теплової і газодинамічної дії двигуна що стартує РКП, виконуються з жаростійкого бетону або облицьовувалися металевими листами.

У стартовій споруді в окремих приміщеннях розміщуються системи і устаткування (устаткування системи заправки, НППА системи управління РКП, апаратура системи вимірів і так далі), що беруть участь в підготовці і проведенні пуску РКП. У приміщеннях стартової споруди забезпечуються умови для роботи персоналу (повітрообмін, підтримка заданого ТВР, контроль газового середовища). Перед пуском РКП персонал із стартової споруди евакуювався.

На деяких наземних стаціонарних стартових комплексах частина технологічного устаткування розміщується на відкритому повітрі, без захисту від дії доквілля. Прикладом є розміщення кульових місткостей і устаткування кріогенних систем заправки на стартових позиціях РКП "Енергія-буран" і "Зеніт". Їх будівельна частина в основному складається з фундаментів устаткування, піддонів під кульовими місткостями (для аварійного зливу компонента), і естакад для прокладення комунікацій.

Одним з найбільш сучасних, що підтвердило свою високу ефективність, є автоматизований стартовий комплекс РКП "Зеніт" на космодромі Байконур. На малюнках 3.5.1, 3.5.2 представлений загальний вигляд стартової споруди РКП "Зеніт".



Малюнок 3.5.1 - Стартова споруда РКП "Зеніт". Вигляд зверху





Малюнок 3.5.2 - Стартова споруда РКП "Зеніт". Вид з боку газоходу

МІК РН і РКП і МІК КА і ГБ, як правило, є стаціонарні великогабаритні промислові споруди. Їх габарити визначаються розмірами східців РН, прийнятою технологією підготовки східців і зборки РКП (горизонтальна або вертикальна), необхідністю одночасної підготовки одній або декількох РКП. Унікальним і найбільш великим є монтажно-випробувальний корпус (будівля вертикальної зборки VAB) РКП "Сатурн-5" і системи "Спейс Шатл" в Космічному центрі імені Кеннеді. Будівля VAB є однією з найбільших будівель у світі. Його розміри: висота 160 м, довжина 218 м, ширина 158 м, внутрішній об'єм 3 664 883 м<sup>3</sup>. Загальний вигляд будівлі VAB приведений на малюнку 3.5.3.



Малюнок 3.5.3 - Загальний вигляд будівлі вертикальної зборки РКП "Сатурн-5" і БТКС "Спейс Шатл" в Космічному центрі імені Кеннеді

Типовішими є споруди МІК РН і РКП, в яких підготовка РН проводиться при її горизонтальному положенні. На малюнку 3.5.4 представлений загальний вигляд МІК РН і РКП "Зеніт".

Типове об'ємно-планувальне рішення будівель МІК РН і РКП наступне. Основою будівлі є центральний корпус, в якому знаходиться монтажний зал (чи декілька монтажних залів), територіально розділений на робочі ділянки, з необхідним технологічним устаткуванням. Монтажний зал оснащується вантажопідйомним устаткуванням (мостові крани). Робочі приміщення МІК КА і ГБ виконуються з урахуванням підвищених вимог до чистоти повітряного середовища ("чисті приміщення"). До центральних корпусів Міка, уздовж їх бічних стін, примикає прибудови (одно- або декілька поверхів), в якій розміщуються технологічні і технічні системи, устаткування, персонал, побутові і господарські приміщення.



Малюнок 3.5.4 - Загальний вигляд МІК РН і РКП "Зеніт"

Конструктивне виконання будівельних споруд МІК РН і РКП, а також МІК КА і ГБ, вживані для їх виготовлення матеріали і технології вибираються виходячи з вимог конструктивної міцності, надійності, безпеки і довговічності споруди, можливостей виробництва і постачань сировини, матеріалів і комплектуючих і так далі. В основному існуючі споруди МІК РН і РКП і МІК КА і ГБ виконані на основі каркаса з монолітного залізобетону або сталевих конструкцій, із стінами з керамічної цеглини. Останнім часом, у зв'язку з появою нових, вискоєфективних матеріалів і конструктивних елементів (сендвіч-панелі, типові металоконструкції заводської готовності, металопластикові конструкції і так далі), при створенні МІК усе більш широке застосування знаходять швидкозводні каркасні конструкції.

Конструкція споруд (стін, стельових перекриттів, підлог, дверних і світлових отворів, а також фундаментів і гідроізоляції) виключає проникнення пилу, забрудників із зовнішнього середовища, а також забезпечує захист устаткування від ушкодження гризунами і біошкідниками.

При будівництві використовуються будівельні і обробні матеріали, покриття підлог, стін і стель, що виключають їх осипання, забезпечують стійкість поверхонь до стирання і дозволяють проводити механізоване і ручне вологе прибирання. Пола в технологічних приміщеннях - з твердим покриттям, що виключає пилевідділення і іскроутворення (безблискові, безпилові). У приміщеннях з радіоелектронною апаратурою - антистатичні фальшполи для захисту апаратури від статичної електрики.

Прокладення кабельних мереж здійснюється в спеціальних каналах, а також в просторі підвісних стель і фальшполов, з урахуванням розміщення технологічного устаткування і робочих місць.

Одним з основних завдань, що вирішуються при проектуванні наземних комплексів КРК і космодрому в цілому, є розробка генерального плану. Генпланом визначаються місця посадки (розміщення) на відведеній ділянці землі усіх споруджень НК, їх розміри, відстані між ними, інженерні комунікації (канали, потерни, естакади для прокладення комунікацій), автодороги і так далі

Розробка генплану виконується з урахуванням результатів інженерно-геодезичних досліджень ділянки того, що має в розпорядженні НК, забезпечення безпеки споруд (у тому числі - при дії повітряної ударної хвилі у разі аварійного вибуху заправленої ракети, що знаходиться на стартовій споруді, або аварійного польоту ракети) і інших чинників.

Взаємне те, що має в розпорядженні споруд НК і відстані між ними оптимізується з обліком, з одного боку, вимогами скорочення довжини комунікацій між СК і іншими спорудами, і площі, займаній ПК, а з іншого боку - необхідності підвищення стійкості споруд при зменшенні їх відстані від стартового комплексу.

З метою скорочення довжини транспортних комунікацій, забезпечення безпеки робіт, спрощення питань охорони, об'єкти і спорудження КРК, як правило, групуються за технологічною ознакою і об'єднуються в технологічні майданчики (стартовий комплекс, технічний комплекс РН і РКП і так далі), кожна з яких розміщується на своїй території, що охороняється.

## 4 СТАРТОВИЙ КОМПЛЕКС. ПРИСТРІЙ, ВЖИВАНЕ УСТАТКУВАННЯ

### 4.1 Основні визначення. Структура, склад і облаштування стартового комплексу

Стартовий комплекс (СК) КРК - сукупність технологічно і функціонально взаємозв'язаних рухливих і стаціонарних технічних засобів, призначених для забезпечення і проведення усіх видів робіт з РКП і (чи) їх складовими частинами з моменту вступу РКП на стартову позицію КРК до пуску і при пуску [3].

Стартова позиція (СП) СК - ділянка місцевості, що охороняється, в позиційному районі КРК, на якому розташований СК КРК.

До складу СК входить комплекс будівельних споруд з технологічними і технічними системами і устаткуванням необхідними для підготовки і проведення пуску і проведення післяпускових операцій.

Основними спорудженнями СК є:

- пускова установка;
- технологічний блок, в якому розміщуються основні системи підготовки і пуску;
- ресиверна (сховище стислих газів);
- стаціонарні сховища компонентів ракетного палива.

У складі пускової установки можна виділити дві основні частини:

- силова конструкція, використовувана безпосередньо для установки РКП перед пуском, - стаціонарний пусковий стіл або рухлива стартова платформа;
- будівельна частина, використовувана для відведення продуктів згорання ДУ-1 при старті в цілях зниження навантажень (газодинамічних, теплових) на РКП при старті.

Технологічний блок з устаткуванням може розміщуватися як у складі будівельної частини ПУ так і в окремій споруді.

Пускова установка виконує ще одну не маловажну функцію - утримання РКП (через відсік утримання або через парковочну опору ТУА).

Склад технологічного устаткування на СК визначається технологією робіт і для варіантів горизонтальної і вертикальної складок РКП він різний.

При горизонтальній зборці РКП повністю зібрана РКП (з необхідним об'ємом перевірок) доставляється на СК і встановлюється на ПУ для подальшої підготовки до пуску.

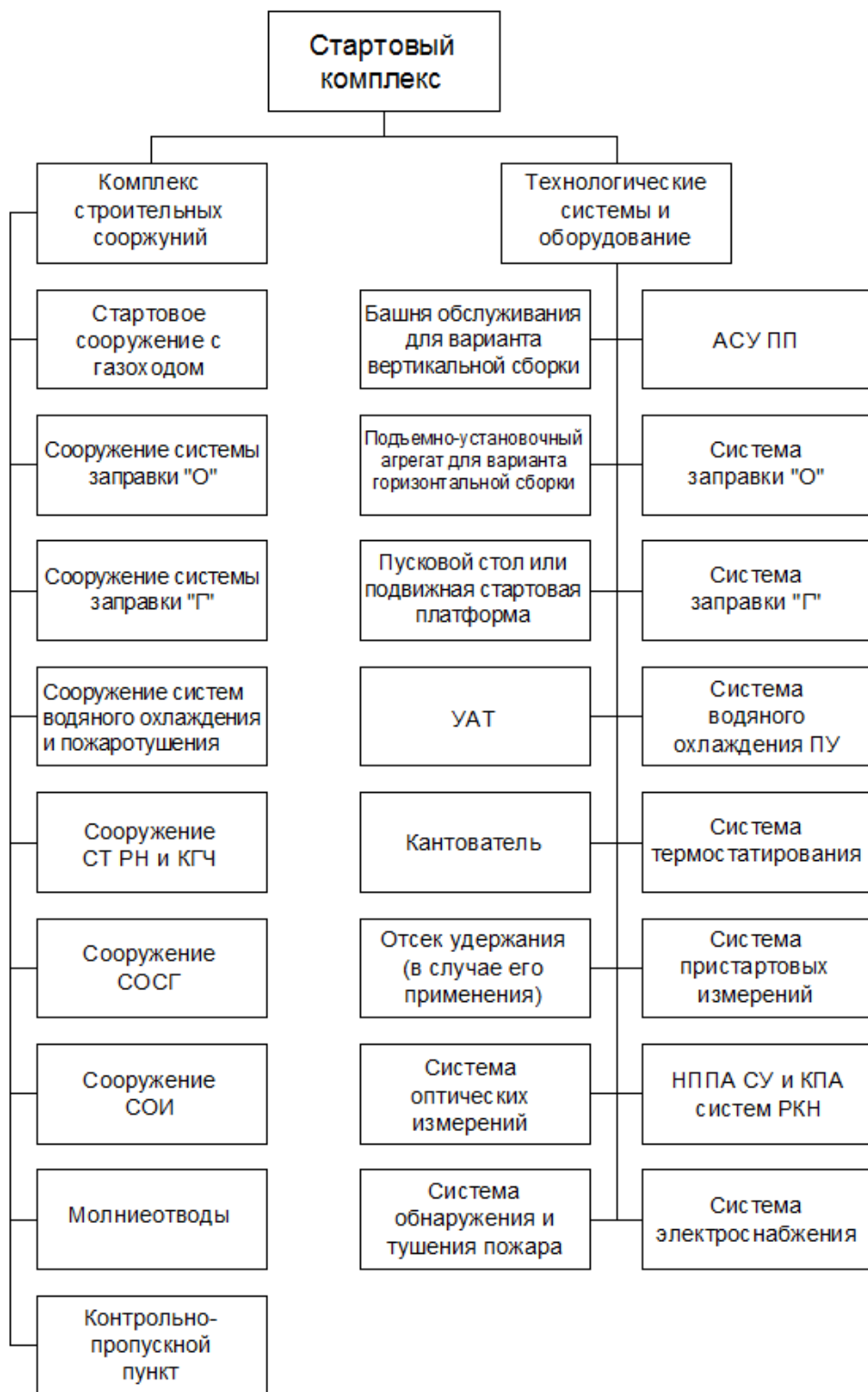
Для варіанту горизонтальної зборки РКП структурна схема СК представлена на малюнку 4.1.1.

При вертикальній зборці складові частини РН доставляються по черзі з використанням універсального агрегату транспортування (УАТ) в горизонтальному положенні, ГБ - у вертикальному РКП збирається на стаціонарному столі або рухливій стартовій платформі з використанням вежі обслуговування. Термостатування ГБ забезпечується протягом всього часу знаходження на СК, включаючи роботи при відміні пуску.



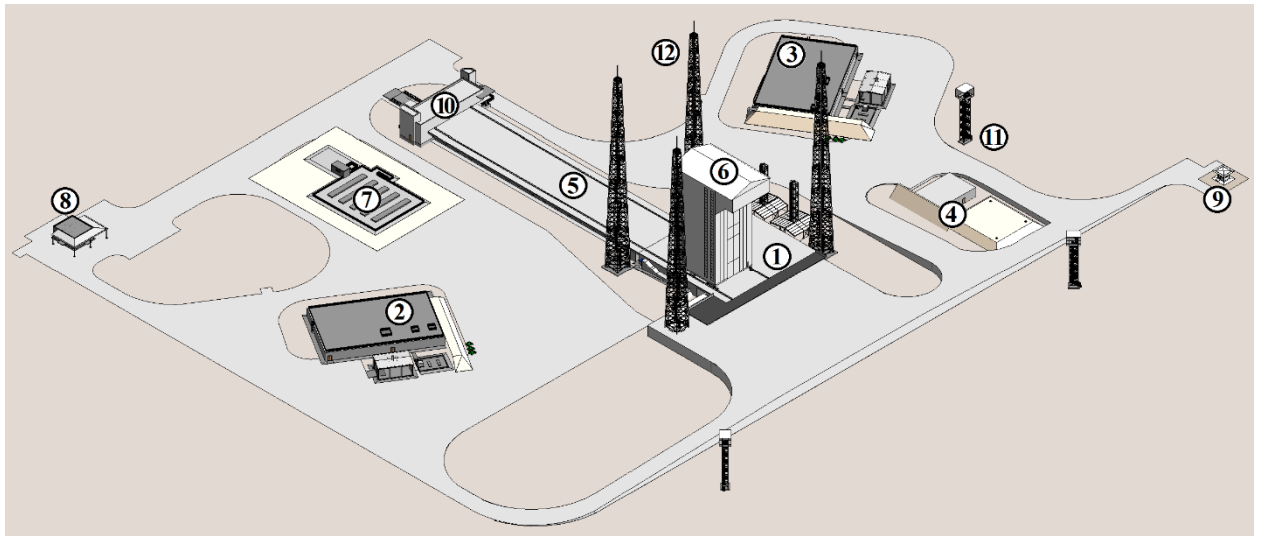
Малюнок 4.1.1 - Структурна схема СК для варианту горизонтальної зборки РКП

Для варианту вертикальної зборки РКП структурна схема СК представлена на малюнку 4.1.2.



Малюнок 4.1.2 - Структурна схема СК для варианту вертикальної зборки РКП

Розміщення СК на СП для варіанту вертикальної зборки РКП представлено на малюнку 4.1.3.



- 1 - стартова споруда з газоходом; 2 - спорудження СЗО; 3 - спорудження СЗГ;  
4 - спорудження системи пожежогасінні; 5 - тунель комбінований;  
6 - вежа обслуговування (робоча позиція); 7 - майданчик під чиллери з підземною  
холодильною станцією; 8 - контрольно-перепускний пункт; 9 - пост охорони;  
10 - побутовий корпус; 11 - спорудження СОІ; 12 - громовідводи

Малюнок 4.1.3 - Розміщення СК на СП для варіанту вертикальної зборки  
РКП

## **5 ТЕХНІЧНИЙ КОМПЛЕКС РН І РКП. ПРИСТРІЙ, ВЖИВАНЕ УСТАТКУВАННЯ**

### **5.1 Основні визначення**

ТК РН і РКП - сукупність стаціонарних і рухливих технічних засобів, і споруд з технічними системами, призначених для прийому, перевірки, технічного обслуговування і короткочасного змісту в готовностях, а також для підготовки РКП або її складових частин на стартову позицію або до місця зберігання.

ТК РН і РКП забезпечує:

- прийом із заводу-виготівника і зберігання складових частин РКП, включаючи комплектуючі і запасні частини, інструменти і приладдя (ЗИП);
- перевірку східців РН перед зборкою, зборку і перевірку РКП для варіанту горизонтальної зборки;
- прийом з ТК КА і ГБ зібраного і випробуваного ГБ;
- зборку РН з ГБ, перевірку, підготовку і тимчасове зберігання РКП для варіанту горизонтальної зборки РКП;
- вантаження зібраної РКП на агрегат (див. розділ 4.3.2) транспортування і стикування їх комунікацій;
- перевірку східців і ГБ і транспортування їх на СК для варіанту вертикальної зборки РКП;
- перевантаження контейнера з КА і устаткування КА з орендованих ґрунтових засобів транспортування на технологічний візок КА в забезпечення доставки КА і устаткування КА в шлюзову камеру МІК КА і ГБ;
- зняття транспортних чохлаів із складових частин РКП;
- пристиковку рукава-воздуховоду ТСТ і продування внутрішнього об'єму ГО;
- пристыковку зібраного і випробуваного ГБ до РН (для варіанту горизонтальної зборки РКП).

Технічний комплекс РН і РКП включає:

- монтажньо-випробувальний корпус РН (МІК РН і РКП);
- сховище РН;
- сховище пиросредств;
- корпус підготовки і зберігання транспортних засобів.

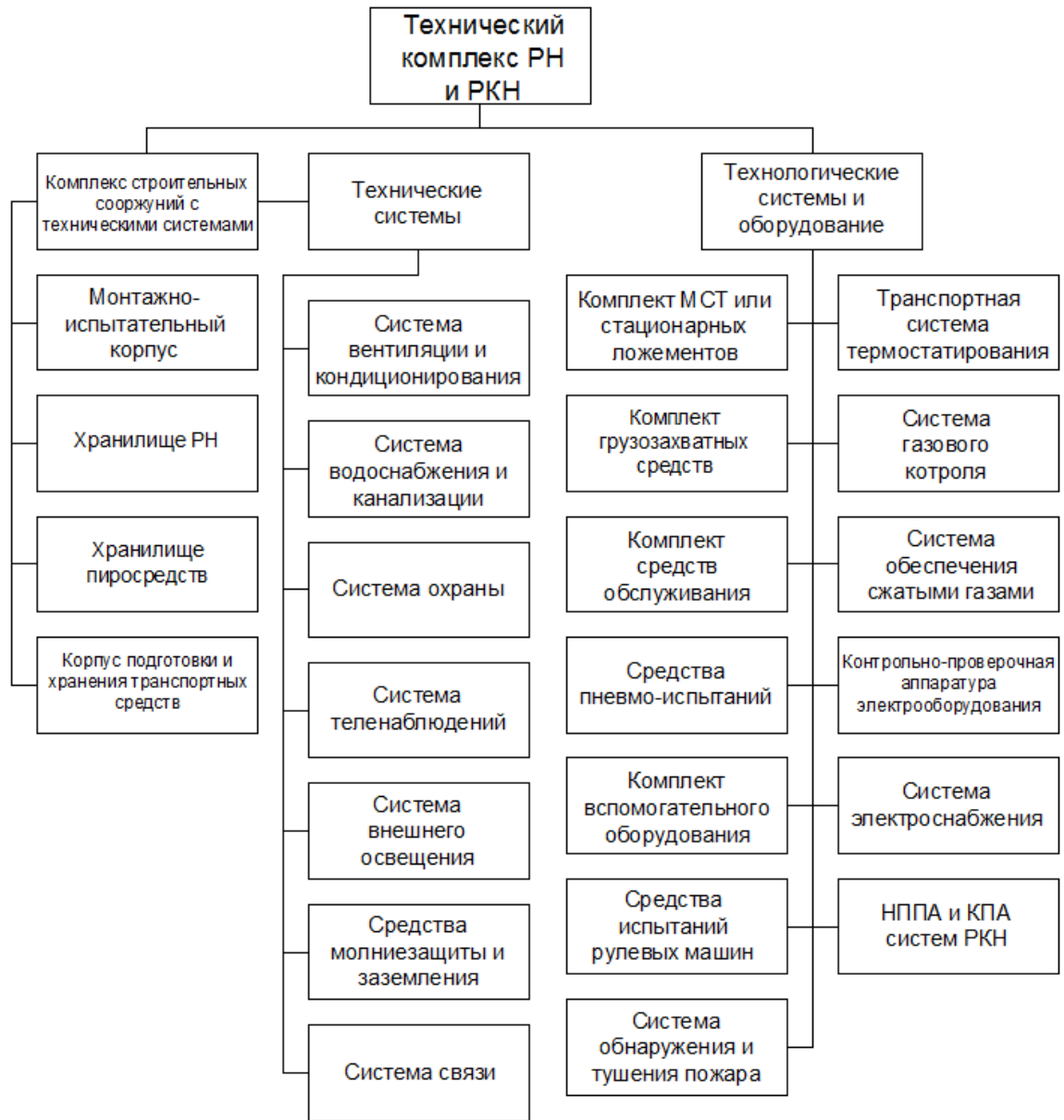
До складу технологічних систем і устаткування ТК РН входять:

- комплект монтажньо-стикувальних візків для варіанту горизонтальної зборки РКП;
- комплект стаціонарних ложементів для розміщення складових частин РКП;
- комплект вантажозахватних засобів;
- комплект засобів обслуговування;
- система забезпечення стислими газами;
- транспортна система термостатування (розміщується на платформі буферною або УАТ для варіанту вертикальної зборки);
- засоби пневмоиспытаний;



- система газового контролю;
- контрольно-перевірочна апаратура електроустаткування РН.

Структурна схема ТК РН і РКП приведена на малюнку 5.1.1.



Малюнок 5.1.1 - Структурна схема ТК РН

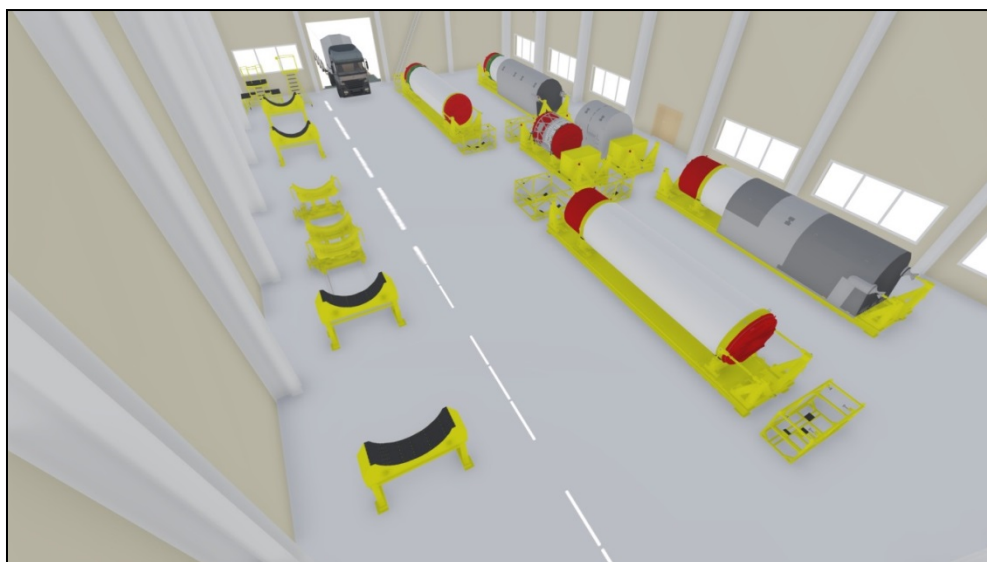
## 5.2 Типи монтажно-випробувальних корпусів для вертикальної і горизонтальної зборки РКП

Основний об'єм робіт по зборці і підготовці РКП для варіанту горизонтальної зборки здійснюється в монтажно-випробувальному корпусі РКП (МІК РН і РКП). На малюнку 5.2.1 приведений МІК РН і РКП.



Малюнок 5.2.1 - МІК РН і РКП для горизонтальної зборки

Для варіанту вертикальної зборки РКП МІК РКП швидше є випробувальним корпусом, де перевіряються складові частини РКП перед відправкою на СК. На малюнку 5.2.2 приведений МІК РКП для варіанту вертикальної зборки РКП.



Малюнок 5.2.2 - МІК РН для вертикальної зборки

## 6 ТЕХНІЧНИЙ КОМПЛЕКС КОСМІЧНОГО АПАРАТУ І ГОЛОВНОГО БЛОКУ

Технічний комплекс КА і ГБ (малюнок 6.1) призначений для:

- прийому і тимчасового зберігання КА і його елементів, а також технологічного устаткування, що забезпечує проведення робіт з КА (поставляється споживачем пускових послуг);
- прийому і тимчасового зберігання складових частин ГБ і їх комплектуючих;
- підготовки складових частин ГБ і КА до формування на їх основі головного блоку, у тому числі заправки космічного апарату компонентами палива і стислими газами;
- формування ГБ з проведенням електроперевірок утворених підборок і ГБ в цілому;
- доставки ГБ для пристыковки до РН;
- проведення зворотного циклу робіт з ГБ при пуску, що не відбувся;
- забезпечення проведення регламентних робіт.

При зборці ГБ можуть застосовуватися наступні види схем зборки головного блоку:

- вертикально-горизонтальна;
- вертикальна.

Технічний комплекс КА і ГБ є частиною наземного комплексу з будівельними спорудами, що входять в неї, технологічним устаткуванням і системами.

Споруда, технологічне устаткування і системи, що входять до складу ТК КА і ГБ, призначені:

- монтажньо-випробувальний корпус - для проведення повного циклу робіт по зборці головного блоку з космічним апаратом(малюнок 6.2);
- станція заправки - для забезпечення заправки космічного апарату (космічних апаратів) компонентами палива і стислими газами;
- стаціонарний стенд вертикально-горизонтальної зборки ГБ - для підготовки і проведення повного технологічного циклу робіт по зборці головного блоку;
- рухливий стенд зборки ГБ - для зборки ГБ в МІКА КА і ГБ, включаючи роботи з ГБ у разі пуску, що не відбувся;
- вантажозахватні засоби - для такелажних робіт при зборці головного блоку;
- засоби обслуговування - для забезпечення доступу персоналу до обслуговуваних елементів головного обтічника, головного блоку, технологічного і вантажозахватного устаткування в процесі підготовки і зборки ГБ;
- система газового контролю - для автоматичного безперервно-циклічного дистанційного контролю змісту концентрації пари КП і об'ємної долі кисню в повітряному середовищі контрольованих приміщень;

- система забезпечення повітрям для дихання - для забезпечення операторів споживача пускових послуг, працюючих в герметичних костюмах, чистим повітрям для дихання;

- засоби забезпечення і контролю чистоти - для контролю і підтримки чистоти складових частин ГБ і контролю довкілля в "чистих" приміщеннях МІК КА і ГБ;

- система збору промстоков і нейтралізації пари КРП СЗ - для збору, накопичення, підготовки і видачі на нейтралізацію промстоков, прийому пари і нейтралізації до ГДК пари і промстоков КРП ;

- система нейтралізації знімних елементів КА і ЗВО - для очищення від забруднень КРП знімних елементів КА і ЗВО після закінчення заправки КА;

- система забезпечення стислими газами ТК КА і ГБ - для прийому стислих газів (стисле повітря, азот, гелій) від СОСГ ТК РН і видачу їх споживачам на ТК КА і ГБ для підготовки КА і функціонування технологічного устаткування.

На території і в об'єктах ТК КА і ГБ розміщуються і забезпечується функціонування технічних систем і елементів (складових частин) наступних систем загального призначення НК:

- системи кондиціонування "чистих" приміщень МІК КА і ГБ;
- системи вентиляції і кондиціонування побутових і допоміжних приміщень МІК КА і ГБ;

- системи електропостачання;

- системи водопостачання і каналізації;

- системи телекомунікаційного забезпечення і зв'язку;

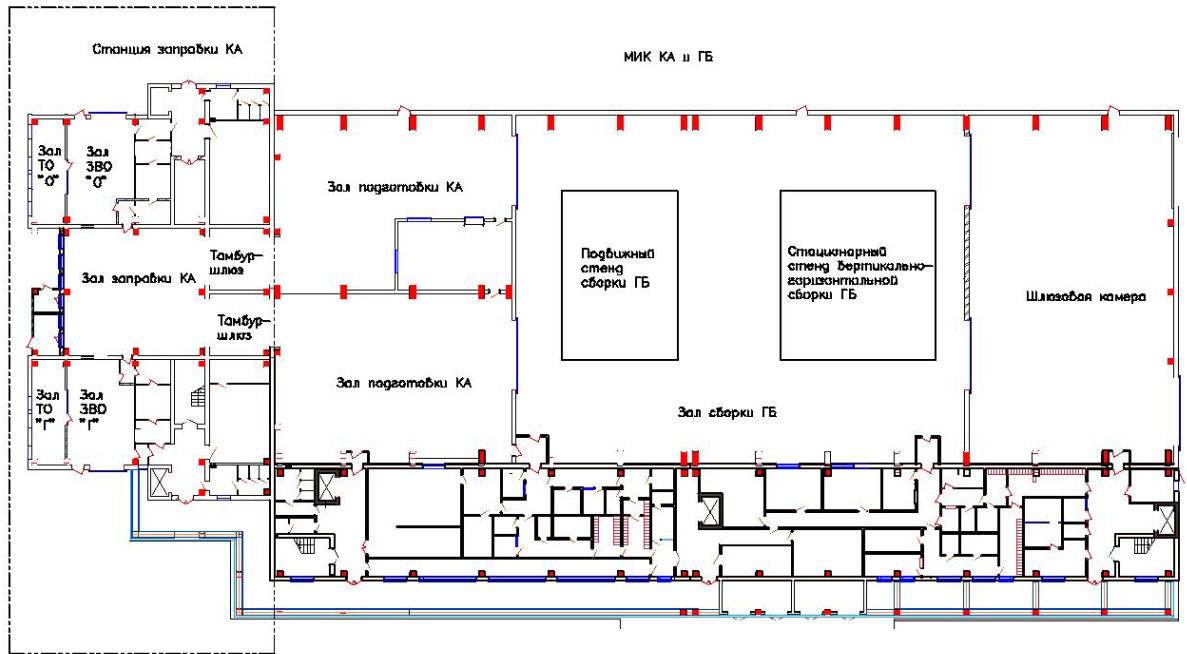
- системи освітлення;

- системи виявлення і гасіння пожежі.

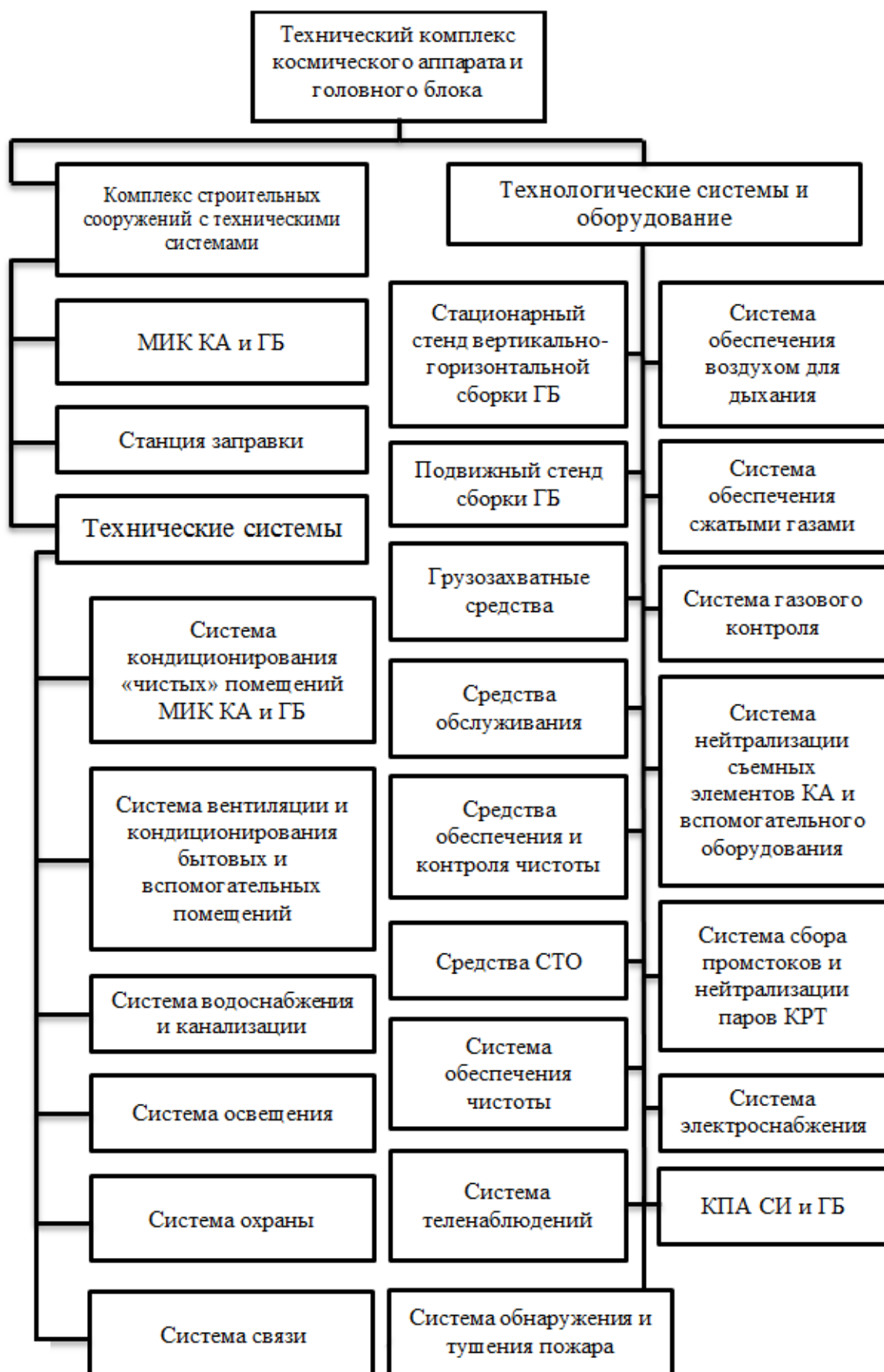
Структурна схема ТК КА і ГБ приведена на малюнок 6.3.



Малюнок 6.1 - МІК КА і ГБ



Малюнок 6.2 - Планувальна схема МІК КА і ГБ



Малюнок 6.3 - Структурна схема ТК КА і ГБ

## 7 КОМАНДНИЙ ПУНКТ

Командний пункт (КП) призначений для дистанційного керування передстартовими операціями, що проводяться з РКП і технологічним устаткуванням.

Відповідно до цього КП забезпечує розміщення необхідних засобів, створення робочому персоналу умов, потрібних для виконання ними своїх функціональних обов'язків.

Розміщення в КП засобу умовно можуть бути розділені на дві категорії:

- засоби, що забезпечують підготовку і пуск РКП (АСОВІ ПП, наземна апаратура контролю і управління КА і так далі).
- засоби, що забезпечують діяльність того, що знаходиться в КП персоналу (освітлення, кондиціонування, вентиляція, водопостачання і так далі).

Спорудження командного пункту забезпечує розміщення і умови функціонування в усіх режимах експлуатації наступного технологічного устаткування :

- із складу АСУ ПП і КПА СІ;
- системи електропостачання;
- розміщеного в приміщенні оперативно-технічної групи;
- комплексу обробки і аналізу апаратно-програмного комплексу управління і контролю СІ;
- комплексу засобів індивідуального захисту;
- наземної апаратури РКП;
- телекомунікаційного забезпечення;
- пристартових вимірів;
- оптичних вимірів;
- телеспостережень;
- газового контролю;
- автоматичного виявлення і гасіння пожежі;
- єдиного часу;
- охорона.

Будівельне спорудження КП виконується в захищеному варіанті, при цьому міра захищеності будівельної споруди визначається відстанню розміщення КП від СК. При цьому міра захищеності КП може досягатися як безпосередньо конструкцією споруди, так і розміщенням КП відносно рівня землі (підземне розміщення КП).

Підведення електроенергії змінного струму здійснюється від групових щитків живлення СЕЗ КП, розташованих в кожному окремому приміщенні. Розподільні мережі, що забезпечують електроенергією КП по безвідмовності електропостачання належать до 1 категорії, групи 1-А і класу А відповідно до ОСТУ В16 0.800.303-76 (живлення від двох незалежних підстанцій для основної і дублюючої апаратури). У тих приміщеннях, де необхідно мати низьковольтну мережу електроживлення, передбачається установка додаткових джерел живлення низької напруги.

Усі приміщення, в яких розміщується силове електроустаткування і контрольно-вимірвальна апаратура, обладнуються внутрішнім контуром захищеного заземлення з перехідним опором 4 Ом.

Приміщення КП і його технічні системи забезпечують міру безпеки при дії вражаючих чинників грозових розрядів.

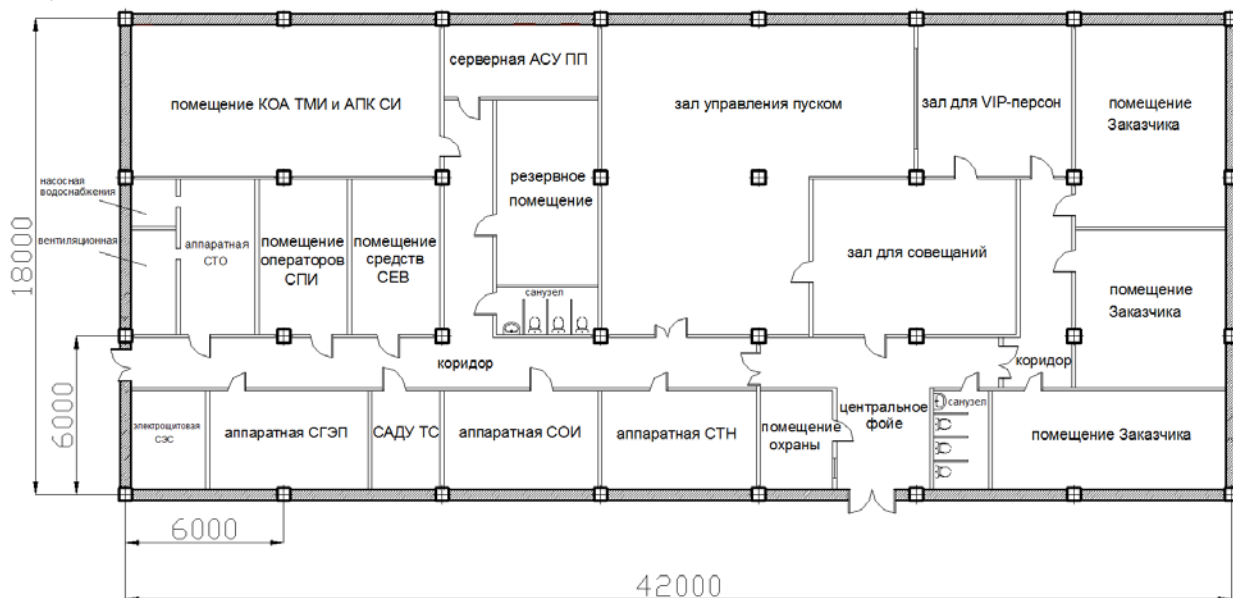
Усі приміщення КП оснащуються загальним оперативним телефонним зв'язком, гучномовним (селекторною) зв'язком, моніторами системи телевізійних спостережень при цьому в приміщеннях, де знаходиться обслуговуючий персонал:

- допустимі рівні звукового тиску і звуки стабільного акустичного шуму складають не більше 44 дБ;
- мінімально допустимі рівні освітленості від штучних джерел світла на робочих столах і пультах управління при загальному освітленні 400 лк, при комбінованому - 1000 лк;
- температура повітря підтримується в діапазоні від  $+18^{\circ}\text{C}$  до  $+24^{\circ}\text{C}$  і максимально допустима відносна вологість 80% при температурі  $+20^{\circ}\text{C}$ .

Спорудження командного пункту оснащується засобами сигналізації і охорони. Система сигналізації і охорони дозволяє забезпечувати виявлення порушників при спробі їх проникнення з виведенням інформації в приміщення служби безпеки і в караульне приміщення.

На даху будівлі КП (чи на окремій вищці) встановлюються антени для забезпечення ретрансляції ТМІ при проведенні робіт на ТК і СК.

Розміщення технологічного устаткування і технічних систем приведене на малюнку 8.1, а загальний вигляд напівзаглибленого КП представлений на малюнку 8.2.



Малюнок 8.1 - Розміщення технологічного устаткування і технічних систем





Малюнок 8.2 - Загальний вигляд напівзаглибленого КП

## **8 ТЕХНОЛОГІЧНЕ УСТАТКУВАННЯ І ОКРЕМІ СИСТЕМИ КОСМІЧНИХ РАКЕТНИХ СИСТЕМ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ ПІДГОТОВКУ І ПУСК. РКП СТАЦІОНАРНИХ НАЗЕМНИХ КОСМІЧНИХ РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ**

- 8.1 Агрегати стартового комплексу (посилання на презентацію);
- 8.2 Механотехнологическое устаткування (посилання на презентацію);
- 8.3 Допоміжне устаткування (посилання на презентацію);
- 8.4 Засоби обслуговування (посилання на презентацію);
- 8.5 Засоби заправки ракет-носіїв (посилання на презентацію);
- 8.6 Система термостатування (посилання на презентацію);
- 8.7 Система зниження температурних, ударно-волнових і акустичних навантажень (посилання на презентацію).

## 9 ОБ'ЄКТІВ І СИСТЕМИ ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НАЗЕМНОГО КОМПЛЕКСУ

### 9.1 Система електропостачання наземного комплексу

Загальна характеристика і класифікація систем електропостачання діючих наземних космодромів

Одним з найважливіших елементів космодромів, що забезпечують підготовку і пуск ракети космічного призначення (РКН), являється система електропостачання (СЕЗ). Система електропостачання є сукупністю систем генерування, перетворення і розподілу електричної енергії [9].

Споживачами електроенергії на КРК є: технологічні, спеціальні і загальнопромислові системи.

Споживана технологічним устаткуванням, при підготовці і пуску носіїв легкого і середнього класу, потужність досягає на стартовому комплексі тисяч кіловат, на технічному комплексі - декількох сотень кіловат.

Споживачі електроенергії на КРК підживлюються постійним і змінним струмами з напругою від 12В (переносні світильники в небезпечних зонах) до 6000 В (електродвигуни компресорів).

Системи електропостачання можуть підрозділятися:

За способом базування: СЕЗ стаціонарних об'єктів КРК; СЕЗ об'єктів КРК мобільного базування.

За способом живлення: СЕЗ, що живляться від державної енергомережі; автономні СЕЗ.

У свою чергу СЕЗ, що живиться від державної мережі залежно від режимів функціонування, вимог, що пред'являються, особливостей проектування і експлуатації, підрозділяється: на систему зовнішнього електропостачання об'єктів НК, систему внутрішнього електропостачання об'єктів КРК, системи електропостачання технологічного устаткування, системи електропостачання технічних систем.

Нормативними документами визначаються межі розділу між вказаними СЕЗ і встановлюються показники якості електроенергії на вході у відповідну СЕЗ.

До складу системи зовнішнього електропостачання входять: головні понизительные підстанції (ГПП); мережеві понизительные підстанції (МПП); високовольні лінії електропередачі між ГПП і МПП; стаціонарні і пересувні електростанції (при їх наявності).

До складу системи внутрішнього електропостачання входять: високовольні лінії електропередачі, що забезпечують зв'язок з системою зовнішнього електропостачання (держенергосистемою); розподільні пункти напругою 6-10 кВ.; трансформаторні підстанції напругою 6-10/0,4 кВ; лінії електропередачі між РП і ТП; лінії електропередачі від РП (ТП) до введення в розподільні облаштування споруди (будівлі) напругою 0,4 кВ; облаштування гарантованого електроживлення; резервні стаціонарні і пересувні джерела електроенергії.

*Система електропостачання технологічного устаткування ТК РН і РКП (СЕЗ ТЕ ТК РН і РКП) призначена для елетроснабження технологічного*

устаткування ТК РН і РКП електроенергією змінного струму напругою 380/220В, по п'ятидротяній системі розподілу електроенергії з глухозаземленою нейтраллю і електроенергією постійного струму (спецструми) з необхідними номіналами напруги із забезпеченням необхідних категорій надійності електроживлення в усіх режимах експлуатації ТК РН і РКП.

СЕЗ ТЕ ТК РН і РКП складається з силової частини і системи контролю якості електроенергії і управління (СКЯЕУ).

*Система електропостачання технологічного устаткування СК (СЕЗ ТЕ СК)* призначена для електроснабження технологічного устаткування СК електроенергією змінного струму напругою 380/220В, по п'ятидротяній системі розподілу електроенергії з глухозаземленою нейтраллю і електроенергією постійного струму (спецструми) з необхідними номіналами напруги із забезпеченням необхідних категорій надійності електроживлення в усіх режимах експлуатації СК.

Первинним джерелом електроживлення для устаткування СЕЗ ТЕ СК, являються два незалежні введення змінного струму частотою 50-60Гц напругою 380/220В для кожної споруди в якому розміщується СЕЗ ТЕ СК.

СЕЗ ТЕ СК складається з силової частини і системи контролю якості електроенергії і управління.

**Вимоги до якості електроенергії, надійності і безперебійності систем внутрішнього електропостачання сучасних наземних комплексів**

СЕЗ сучасного КРК повинні забезпечувати: надійність і економічність, безпека і зручність в експлуатації, належна якість електроенергії відповідно до вимог нормативних документів.

Електроприймачі електричної енергії об'єктів КРК розділяються на три категорії (малюнок 9.1.1).

**Електроприймачами 1 категорії** - вважають електроприймачі, перерва електропостачання яких призводить до пониження готовності КРК, порушення оперативного управління, порушення або припинення роботи систем підготовки і пуску РКП і може бути допущений лише на час автоматичного відновлення живлення.

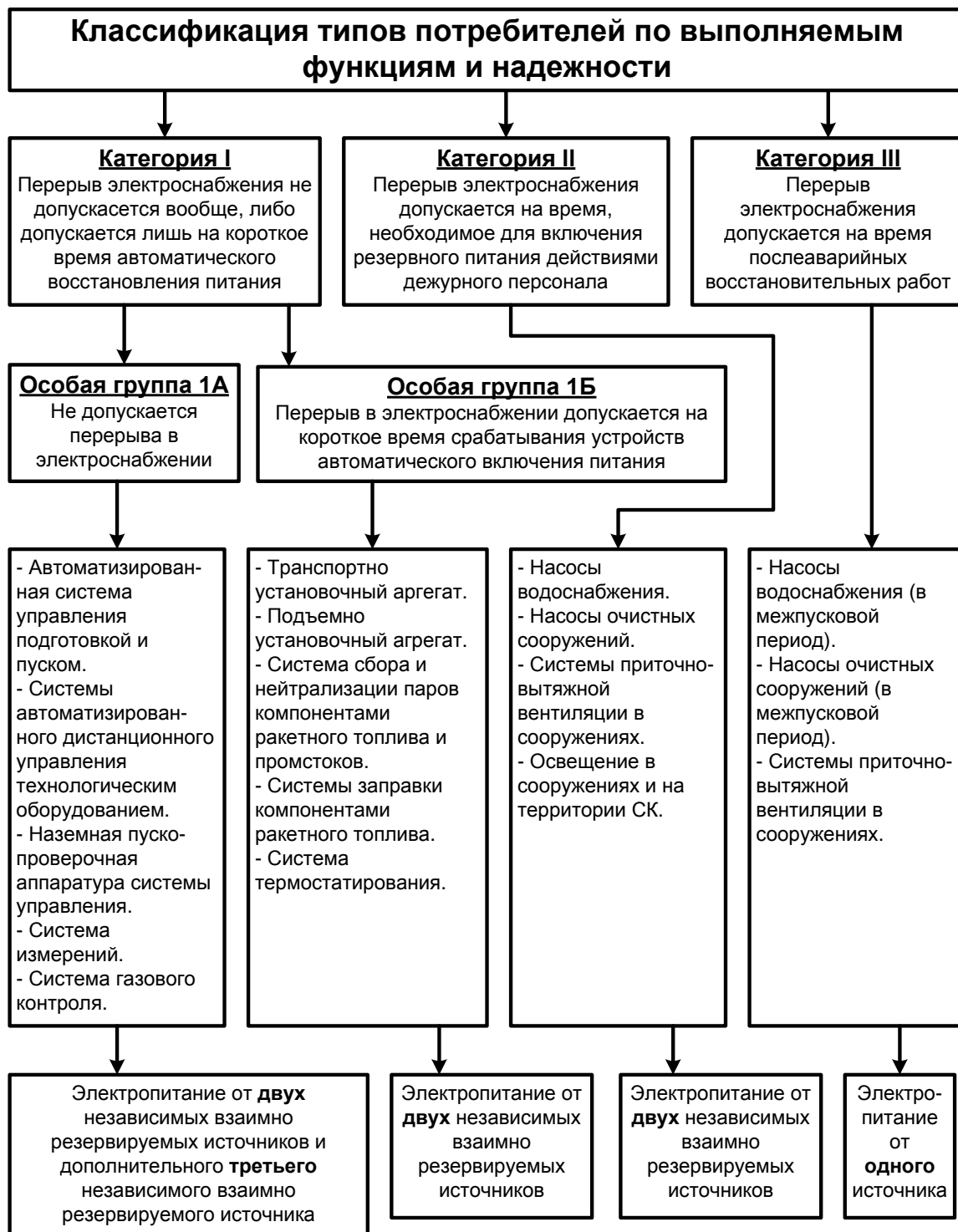
Із складу електроприймачів 1 категорії виділяється особлива група електроприймачів, для яких потрібно безперебійну роботу живлення.

Залежно від допустимої тривалості перерви в електропостачанні електроприймачі особливої групи підрозділяються на дві групи:

- електроприймачі 1 категорії (1а), що не допускають перерви в електропостачанні (не допустимий розрив кривої живлячої напруги);
- електроприймачі категорії 1б, перерва в електропостачанні яких допускається на час спрацьовування облаштувань автоматичного включення резервного живлення або на час автоматичного пуску і включення резервного джерела електроенергії.

**Електроприймачі 2 категорії** - це електроприймачі, перерва в електропостачанні яких допускається на якийсь час, необхідне для включення

резервного живлення черговим персоналом або виїзною оперативною бригадою.



Малюнок 9.1.1 - Класифікація споживачів за виконуваними функціями і надійністю

**Електроприймачі 3 категорії** - усі інші електроприймачі, що не підходять під визначення 1 і 2 категорій. Перерва в живленні таких електроприймачів допускається на час післяаварійних відновних робіт, але не більше за одну добу.

Електропостачання електроприймачів 1 і 2 категорій здійснюється від двох незалежних взаємно резервованих джерел живлення, які можуть бути не пов'язані між собою або мати зв'язок, що автоматично відключається при порушенні нормальної роботи одного з джерел.

Для електропостачання особливої групи електроприймачів 1 категорії, передбачається додаткове живлення від третього незалежного взаємно резервованого джерела живлення.

В якості третього незалежного джерела живлення, для особливої групи електроприймачів і в якості другого незалежного джерела для інших електроприймачів 1 категорії, можуть бути використані місцеві електростанції, установки гарантованого живлення, акумуляторні батареї і тому подібне

Під якістю електроенергії (ЯЕ) розуміється міра відповідності параметрів електроенергії їх встановленим значенням.

До якості електроенергії, що поставляється, для експлуатації КРК, як і до якості промислової продукції пред'являються спеціальні вимоги. Від якості електроенергії, значною мірою, залежать умови роботи її споживачів. Основні показники якості електроенергії такі:

- **відхилення напруги :**

$$\delta U(t) = \frac{U(t) - U_H}{U_H} \cdot 100\%$$

де:  $U(t)$  - діюче значення напруги;

$U_H$  - номінальна напруга.

- **діюча напруга визначається по формулі:**

$$U(t) = \frac{1}{3} (U_{AB(1)} + U_{BC(1)} + U_{AC(1)})$$

де:  $U_{AB(1)}, U_{BC(1)}, U_{AC(1)}$  - діючі значення міжфазної напруги основної частоти.

Для мереж до 1 кВ  $\delta U_H = \pm 5\%$  і  $\delta U_{\max} = \pm 10\%$ ; для мереж до 6 - 20 кВ  $\delta U_{\max} = \pm 10\%$  ..

- **розмах зміни напруги (коефіцієнт пульсації) :**

$$\delta U_i = \frac{|U_i - U_{i+1}|}{U_H} \cdot 100\%$$

де:  $U_i, U_{i+1}$  - значення екстремумів напруги.

До розмаху зміни напруги відносяться також поодинокі зміни напруги будь-якої форми з частотою від 1/30 Гц до 1/3600 Гц. Для усіх приймачів .

- **коефіцієнт несинусоїдальності кривої напруги :**

$$k_{\text{ін}U} = \frac{1}{U_H} \sqrt{\sum_{n=2}^N U_n^2} \cdot 100\%$$

де:  $U_n$  - дійсуюче значення  $n$ -ої ( гармонійної складової напруга;  
 $N$  - порядок останньої з гармонік, що враховуються.

Нормальні і максимальні допустимі значення коефіцієнта не повинні перевищувати відповідно: в мережі при нарузі до 1 кВ - 5 і 10 %; у мережі 6 - 20 кВ - 4 і 8 %; у мережі 35 кВ - 3 і 6 %; у мережі 110 кВ і вище - 2 і 4%.

- **коефіцієнт зворотної послідовності напруги :**

$$k_{2U} = \frac{U_{2(1)}}{U_H} \cdot 100\%$$

де:  $U_{2(1)}$  - діюче значення напруги зворотної послідовності основної частоти трифазної системи напруги :

$$U_{2(1)} = \frac{\sqrt{3}(U_{A(1)}y_A + U_{B(1)}y_B + U_{C(1)}y_C)}{y_A + y_B + y_C}$$

де:  $y_A, y_B, y_C$  - провідність фаз А, В, С.

$$U_{0(1)} = \frac{U_{A(1)}y_A + U_{B(1)}y_B + U_{C(1)}y_C}{y_A + y_B + y_C + y_0}$$

Нормальне і максимальне допустимі значення коефіцієнта не повинні перевищувати відповідно до 2 і 4%. відповідно

- **коефіцієнт нульової послідовності напруги:**

$$k_{0U} = \frac{U_{0(1)}}{U_{H.0.}} \cdot 100\%$$

де:  $y_A, y_B, y_C, y_0$  - провідність фаз А, В, З і нульового дроту.

Нормальне і максимальне допустимі значення коефіцієнта не повинні перевищувати 2 і 4 % відповідно.

- **тривалість провалу напруги :**

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{ВОС}} - t_{\text{іа}}$$

де  $t_{\text{нач}}$  - момент часу початку провалу напруги;

$t_{\text{ВОС}}$  - момент часу відновлення напруги до первинного або близького до нього рівня.

Допустимі значення тривалості провалів напруги державний стандарт не регламентує.

Стандарт визначає 5 найбільш важливих показників якості електроенергії (таблиця 9.1.1). При цьому встановлені два види норм ЯЕ : нормально допустимі і гранично допустимі.

## Норми показників якості електроенергії

№ п/п	Властивості електроенергії	Показник ЯЕ, од. взм.	Норми ЯЕ	
			Нормально допустимі	Гранично допусти- мі
1	Отклонение напряжения	Установившееся отклонение напряжения $\delta U_y, \%$	5	10
2	Несинусоидаль- ность напруги	Коефіцієнт спотворення синусоидальності напруги $K_U, \%$ : - для мережі 0,38 кВ; - для мережі 6кВ, 10 кВ	8,0 5,0	12,0 8,0
3	Несимметрия напряжений	Коэффициент несимметрии по обратной последовательности $K_{2U}, \%$	2,0	4,0
		Коефіцієнт несиметрії по зворотній послідовності $K_{0U}$	2,0	4,0
4	Відхилення частоти	Відхилення частоти, Гц	0,2	0,4
5	Провал напруги	Тривалість провалу напруги $\Delta t_n, з$		30

При відповідності ЯЕ цьому стандарту показники ЯЕ не повинні виходити за гранично допустимі значення і з вірогідністю 95 % за встановлений період часу не повинні виходити за нормально допустимі значення.

### Види нештатних ситуацій електроживлення стартових комплексів і методи їх парирування

Нештатна ситуація при роботі СЕЗ - ця подія, при якій в результаті аварії в системі зовнішнього або внутрішнього електропостачання припиняється робота одного або декількох основних джерел живлення.

При виникненні нештатної ситуації СЕЗ в автоматичному режимі перемикається на нештатний режим роботи. При нештатному режимі роботи СЕЗ перемикає роботу споживачів від резервних джерел живлення.

Нештатні ситуації при експлуатації енергоустановок стартових комплексів за характером, причинам виникнення і способам парирування можна розділити на три основні групи (див. малюнок 9.1.2).



До групи I відносяться нештатні ситуації, пов'язані з постійним або імпульсним підвищенням напруги електричної мережі, а також електричний шум.

Нештатні ситуації першої групи виникають в результаті включення або відключення потужних споживачів електроенергії, а також взаємного впливу електричних приладів. Причиною нештатної ситуації першої групи може також послужити атмосферна електрика.

В результаті нештатної ситуації першої групи може вийти з ладу чутливе устаткування, обчислювальна техніка і тому подібне

Щоб уникнути нештатної ситуації першої групи до складу енергоустановки включають елементи, що фільтрують.

Нештатні ситуації групи II, характеризуються гармонійним або частотним спотворенням напруги електричної мережі.

Результатом нештатної ситуації другої групи є перешкоди при роботі чутливого устаткування, перегрівання блоків живлення.

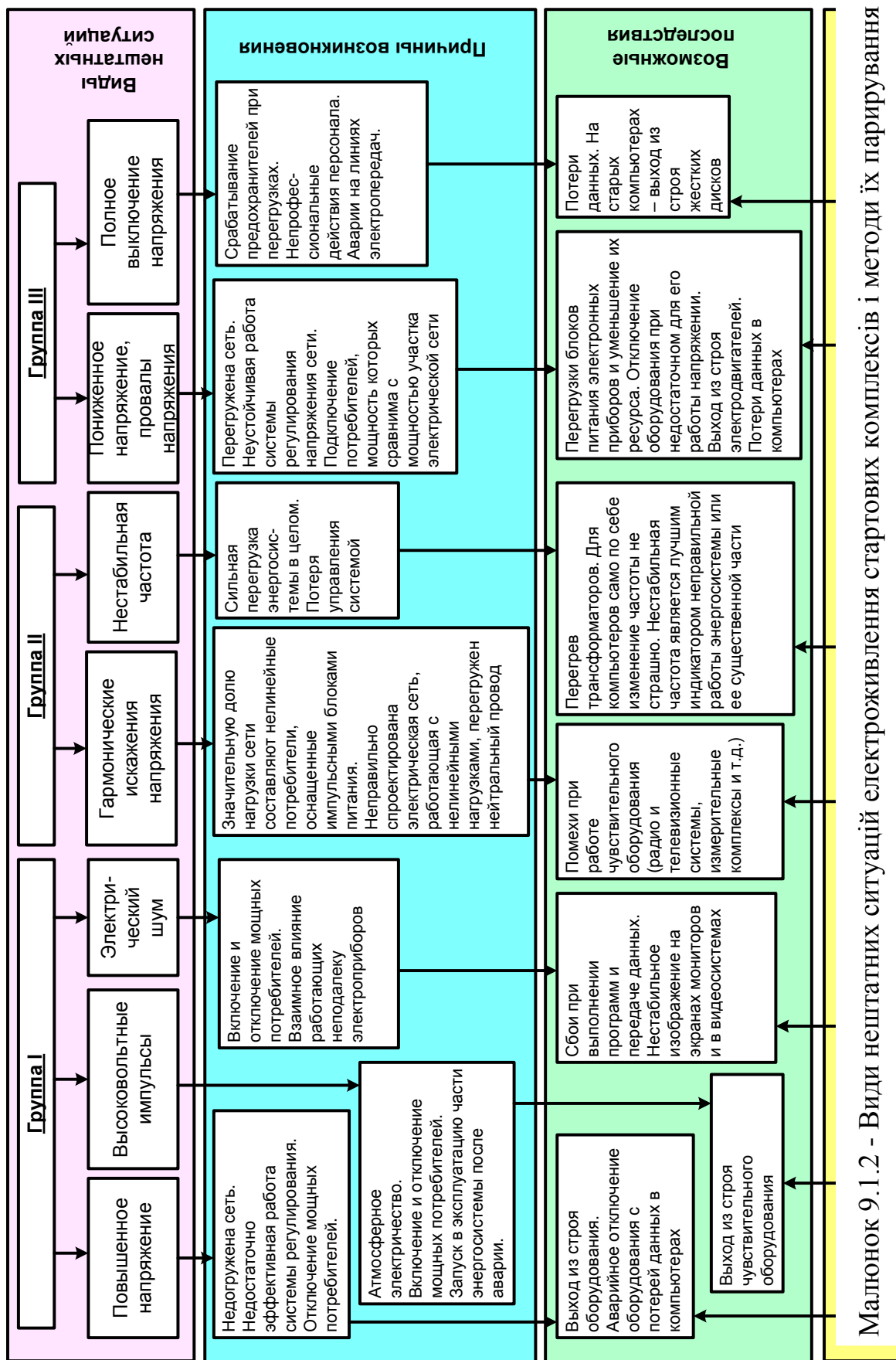
Для запобігання нештатним ситуаціям другої групи застосовують подвійне перетворення напруги електричної мережі.

До групи III відносяться нештатні ситуації, що проявляються в пониженні, провалах або повному відключенні напруги електричної мережі.

Нештатні ситуації групи III виникають при перевантаженні мережі, нестійкій роботі системи регулювання, аваріях і помилок персоналу.

Наслідками нештатної ситуації третин групи є аварійні відключення устаткування, перевантаження блоків живлення за рахунок роботи при зниженій нарузі, вихід з ладу електродвигунів і втрата цих обчислювальних пристроїв.

Парирування нештатних ситуацій третин групи здійснюється шляхом включення до складу енергоустановки додаткових джерел електроживлення.



Малюнок 9.1.2 - Види нештатних ситуацій електроживлення стартових комплексів і методи їх парирування

## Принципи побудови діючих систем внутрішнього електропостачання

Системою внутрішнього електропостачання (СВнЕ) називається сукупність електротехнічних пристроїв і технічних засобів, призначена для прийому електроенергії від системи зовнішнього електропостачання, виробництва електроенергії автономними джерелами електроенергії (АДЕ), перетворення і розподілу її між споживачами КРК.

Системи внутрішнього електропостачання різних космодромів відрізняються великою різноманітністю по складу устаткування і по схемних рішеннях. Це обумовлено як різним часом введення їх в експлуатацію, так і великою різноманітністю самих комплексів.

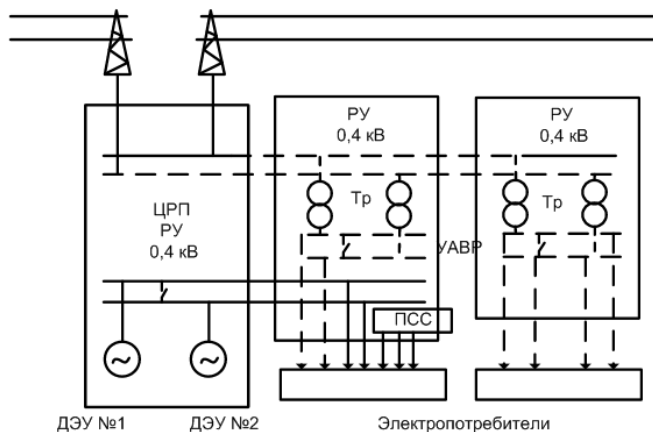
До складу СВнЕ входять наступні елементи (малюнки 9.1.3 і 9.1.4) : ЦРП - центральний розподільний пункт (один або декілька); ТП - трансформаторні підстанції 6 (10)/0,4 кВ, частина яких може входити до складу ЦРП; автономні джерела електропостачання і системи автономного електропостачання; кабельні і повітряні лінії електропередачі напругою 6 (10) і 0,4 кВ; розподільні пункти (РП) і блоки (РБ); облаштування компенсації реактивної потужності і/або фільтри вищих гармонік.

Система внутрішнього електропостачання отримує живлення від мережевої понизительной підстанції (МПП) системи зовнішнього електропостачання або держенергосистеми напругою 6 (10) кВ.

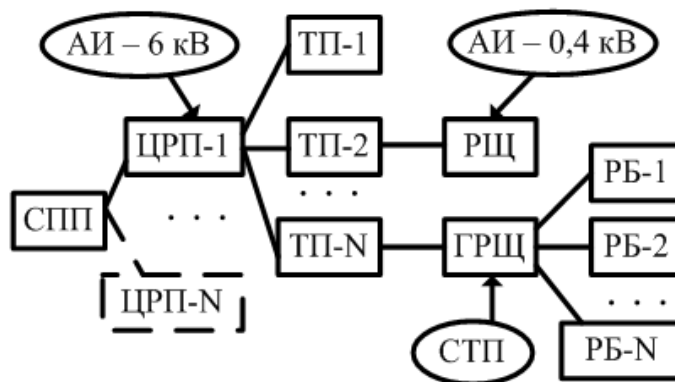
Оскільки більшість приймачів КРК належать до 1 категорії, то усі ТП виконуються двохтрансформаторними і живляться по двох радіальних лініях, утворюючи, таким чином, два незалежні джерела електропостачання [12].

Автономними джерелами електроенергії (АИЭ), зазвичай, являються дизельні енергоустановки з високою мірою автоматизації. Вони можуть централізовано підключатися до ЦРП або до ГРЩ (РЩ) окремих систем. В цьому випадку вони можуть спільно з живлячими мережами утворювати системи автономного електропостачання або системи гарантованого електроживлення окремих об'єктів КРК [13].

Якість електроенергії визначається не лише властивостями СЕЗ, але і властивостями електроприймачів і електричних мереж споживачів, що підключаються до СЕЗ.



Малюнок 9.1.3 - Типова схема системи електропостачання КРК



Малюнок 7.4 - Структурна схема СЗЕ КРК

Особливістю електроприймачів КРК є їх різноманітність і складність, що виражаються в тому, що разом з традиційним трифазним і однофазним навантаженням у вигляді синхронних і асинхронних двигунів, систем опалювання і освітлення, в них є присутньою велика частка приймачів з явно вираженим нелінійним навантаженням: випрямлячі, різні статичні перетворювачі, джерела вторинного електроживлення з безтрансформаторним введенням, а також електроприймачі засобів електронно-обчислювальної техніки і інших технічних засобів інформаційних технологій.

Як правило, технічні умови на електроустаткування КРК не регламентують його дію на джерела електроенергії, тоді як ця дія багато в чому визначає показники якості електроенергії (ЯЕ) в точках приєднання і істотно впливає на вибір потужності джерел електроенергії. Особливо сильно це позначається при живленні об'єктів КРК від АДЕ.

Тому, окрім традиційних завдань по забезпеченню електроенергією, нині СВЭ, з одного боку, повинна забезпечувати ЯЕ до рівня, необхідного для електроприймачів КРК, а з іншого боку, служити буфером або фільтром, що знижує рівень дії цих електроприймачів на живлячі електричні мережі і джерела електроенергії до прийняттого значення.

### **Системи гарантованого електроживлення**

У існуючих системах внутрішнього електропостачання використовуються пристрої, що забезпечують якість і безперебійність електропостачання. Вони називаються **системами гарантійного електроживлення (СГЕЖ)** споживачів змінного трифазного струму.

Оскільки потужність автономних джерел електроенергії таких систем обмежена, до них підключаються тільки електроприймачі особливої групи, безперебійна робота яких потрібна для безаварійного виходу з нештатної ситуації при порушенні електропостачання КРК, запобігання загрози життя людей, вибухів, пожеж і ушкодження дорогого устаткування. Такі електроприймачі називаються відповідальними електроприймачами (ОЭП).

Автоматизована система гарантованого електроживлення призначена для забезпечення електричною енергією "без розриву синусоїди" напруги

електроприймачів групи 1А, в усіх випадках порушення електропостачання від системи зовнішнього електропостачання.

Система складається з, наступних, основних частин (малюнок 9.1.5): дизельної енергоустановки (ДЕУ); шинно-пневматичної сполучної муфти (МС); інерційного накопичувача енергії (крутня М); оборотної синхронної машини (СМ), яка може працювати як в режимі генератора електроенергії, так і в режимі електродвигуна; системи комплектуючих пристроїв.

### Типові режими роботи системи гарантованого електроживлення (СГЕЖ)

Залежно від умов електропостачання відповідальних електроприймачів (ОЭП) комплексу система СГЕЖ може знаходитися в станах (режимах) "РЕЗЕРВ", "ЧЕРГУВАННЯ", "РОБОТА".

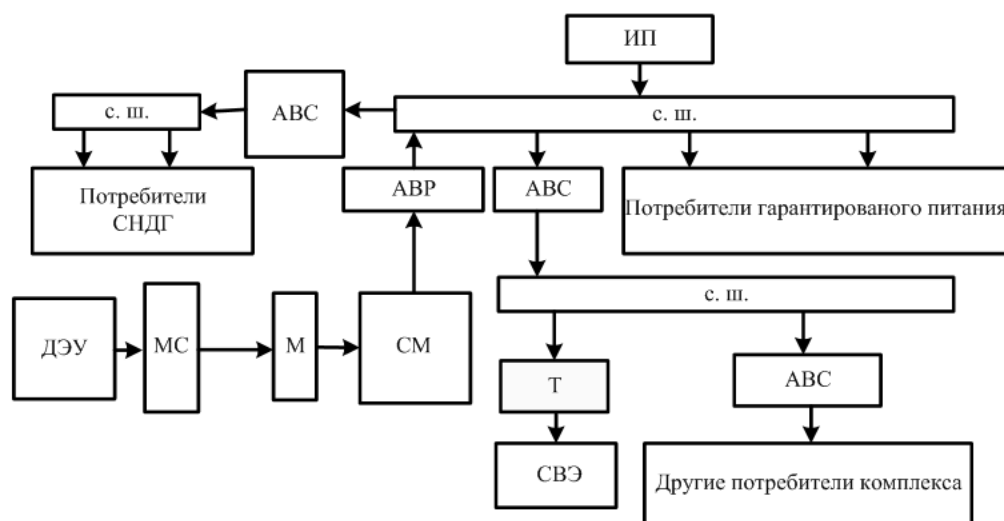
Режим "РЕЗЕРВ" є тривалим режимом роботи, при якому живлення ВЕП здійснюється від СЗЕ через шини гарантованого живлення (ШГП), а СГЕЖ використовується як резервне або аварійне джерело електроенергії (АИЭ) і знаходиться в постійній готовності до автоматичного пуску і переключення в режим "РОБОТА".

Режим "ЧЕРГУВАННЯ" є основним тривалим режимом, при якому живлення ВЕП здійснюється через ЩГЖ від зовнішньої мережі, а СГЕЖ знаходиться в постійній готовності до прийому навантаження без перерви в живленні споживачів.

Режим "РОБОТА" є режимом, при якому зовнішня мережа відключена, а живлення ВЕП здійснюється від СГЕЖ. У цьому режимі дизель-енергоустановка знаходиться постійно в роботі.

Переключення СГЕЖ з режиму "РОБОТА" в режим "ЧЕРГУВАННЯ", без порушень живлення ЩГП, можливий тільки шляхом переключення системи на паралельну роботу із зовнішньою мережею і подальшої зупинки дизеля по сигналу оператора.

Система СГЕЖ, за способом з'єднання ВЕП із зовнішньою мережею, відноситься до систем з безпосереднім зв'язком або систем паралельного включення.



Малюнок 9.1.5 - Варіант підключення СГЕЖ

Такі системи мають ряд достоїнств, таких як відносна простота конструкції і експлуатації, менші масово-габаритні і вартісні показники. Але вони принципово не можуть забезпечити необхідну якість електроенергії при несправностях основного джерела, наприклад, при коротких замиканнях в системі зовнішнього або внутрішнього електропостачання або при відключенні АДЕ в головній частині живлячої енергосистеми. У цих випадках на ЩГЖ відбувається провал напруги на час відключення вимикача зовнішньої мережі АВС, який може привести до порушення роботи ВЕП.

Відомий випадок, коли за 10 хвилин до пуску РН "Зеніт" (12 квітня 1985 р.) за 25 км. від місця старту в районі пл. 113 сталося коротке замикання на лінії 110 кВ, яке було своєчасно відключено облаштуваннями релейного захисту, але привело до провалу напруги на 0,2 секунд. Незважаючи на наявність СГЕЖ, в системі управління РН стався збій, і пуск довелося відкласти.

Від цих недоліків вільні системи послідовного включення, в яких відсутній гальванічний зв'язок ВЕП і зовнішній мережі. У них ВЕП, в усіх режимах роботи, отримують живлення від статичного або електромашинного преобразовательного агрегату. Проте, такі системи коштують істотно дорожче і мають меншу потужність.

Враховуючи вказані особливості при підготовці і пуску РН з КА, слід зазначити, що загальнопромислова система електропостачання не зможе забезпечити показників якості електропостачання, необхідних РН і космічним апаратом.

Досвід підготовки РН до запусків в подальші роки показав, що існуючі раніше створені стартові комплекси забезпечують електроенергією з перебоями із-за недосконалості систем внутрішнього електропостачання, пов'язаного з використанням в них морально і фізично застарілих джерел електропостачання і вимагають постійного залучення дорогих резервних засобів забезпечення електроенергією, зокрема, газотурбінних енергоустановок.

Використання у складі наземного технологічного устаткування нелінійних споживачів електроенергії (мікропроцесорні облаштування регулювання і управління, безконтактна комутаційна і струмообмежувальна апаратура, безтрансформаторні вторинні джерела електроживлення та ін.) призводить до того, що енергосистема не в змозі своїми засобами підтримувати необхідні значення показників якості (ПЯЕ).

У зв'язку з тим, що норми МЭК, прийняті для загальнопромислових споживачів, не в повному об'ємі задовольняють вимогам до електропостачання НТУ, поліпшення ПЯЕ і забезпечення безперебійності електроживлення в масштабі усієї СЕЗ при сучасному рівні електроенергетики, є проблематичним.

У зв'язку з цим для поліпшення ПЯЕ на СК використовуються системи автономного електропостачання (САЕ) - комплекси засобів перетворення і розподілу електроенергії, здатні забезпечувати надійне електропостачання споживачів, як спільно з енергосистемою, так і без зв'язку з нею. До складу

цих систем обов'язково входять системи гарантованого електроживлення (СГЕЖ) - пристрої, що забезпечують електропостачання відповідальних споживачів без перерви або з перервою, що допускається, і заданою якістю електроенергії в періоди штатних робіт, а також при зміні режиму роботи енергосистеми або при порушенні роботи основного джерела електроенергії.

Проте, у зв'язку з вищевикладеними особливостями підготовки до пуску РН, просте рішення - підключення усіх основних споживачів СЕЗ через СГЕЖ - у кращому разі супроводжується невикористаними витратами, в гіршому - створюють систему, в якій опиняються прихованими чинники, що створюють умови для аварій.

Таким чином, можна зробити висновок, що штатна експлуатація РН в подібних умовах недопустима з технічних і економічних причин.

Вирішення питання надійного електропостачання технологічного устаткування, що бере участь в підготовці РН і КА на СК, може бути забезпечене використанням у складі СЕЗ СК систем гарантованого електроживлення (СГЕЖ), побудованих на сучасній елементній базі і поєднуючих в собі функції гарантованого електроживлення з необхідними вихідними характеристиками і забезпеченням автоматичного контролю.

### **Особливості побудови сучасних систем гарантованого електроживлення КРК**

Специфіка технологічного процесу підготовки РКП до пуску висуває жорсткі вимоги до надійності роботи технологічного устаткування і, відповідно до роботи системи електропостачання технологічного устаткування КРК.

Параметри електричної мережі на виході систем електроживлення, що встановлюються у рамках СГЕ, повинні визначатися вимогами до електропостачання наземного технологічного устаткування (НТО).

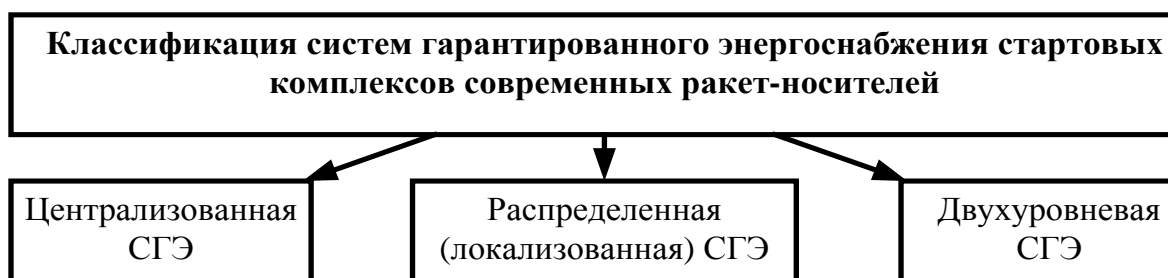
СГЕ повинна забезпечувати функцію сповіщення персоналу про виникаючі аварійні ситуації в системах електроживлення. Автоматичне закриття інформаційної системи об'єкту з гарантованим збереженням цілісності даних проводиться при неможливості тривалого забезпечення автономної роботи споживачів.

При тривалих перервах в електропостачанні від зовнішньої мережі і необхідності продовження роботи НТУ, його електропостачання повинне проводитися від автономної дизель-генераторної установки (установок) зі збереженням необхідних параметрів електромережі на виході СГЕ. Включення і виключення генераторної установки повинні проводитися в автоматичному режимі з можливістю аварійного переходу на ручне управління.

Побудова систем гарантованого електропостачання для комплексу споживачів, роз'єднаних територіально, може проводитися за різними схемами.

Нині поширені наступні структури СГЕ - централізована, розподілена (локалізована) і дворівнева (малюнок 9.1.6). Централізована система містить один ДПЖ, до якого підключені усі відповідальні споживачі. У розподіленій

системі кожен споживач (чи група локальних споживачів) живиться від окремого (локального) ДПЖ. Переваги і недоліки СГЕ приведені в таблиці 9.1.2.



Малюнок 9.1.6 - Класифікація систем гарантованого електропостачання

У чистому вигляді централізована і розподілена (локалізована) СГЕ застосовуються досить рідко. Використання централізованої системи доцільне при концентрації устаткування, що виконує єдине завдання і складається з компонентів одного класу надійності і однакових за характеристиками енергоспоживання.

Для усунення недоліків централізованої і розподіленої системи на практиці застосовують дворівневу систему (малюнок 9.1.7), яка є їх комбінацією. Завдання оптимізації такої системи, з точки зору потужності і вартості устаткування, полягає у визначенні найбільш відповідальних споживачів, які отримуватимуть електропостачання за принципом розподіленої мережі, каскадної включеної в централізовану мережу.

При виборі дворівневої структури, окрім установки одного ДПЖ великої потужності (чи комплексу паралельно функціонуючих ДПЖ, розташованих в одному місці, - як правило, поблизу електричного введення у будівлю), окремі найбільш відповідальні споживачі захищаються за допомогою локальних ДПЖ меншої потужності. Метою такого резервування є захист найбільш важливого устаткування.

Для будь-якого з варіантів побудови системи гарантованого енергопостачання на базі ДПЖ при необхідності забезпечення тривалої роботи в автономному режимі (тобто при відключенні вхідної електромережі) такий комплекс доповнюється однією або декількома ДГУ для забезпечення тривалої автономної роботи (впродовж десятків годинників і більше).

Для ДГУ, що працюють резервними джерелами електроенергії, автоматичний режим роботи є звичайним. Пропажа напруги мережі (чи його значне зниження) більш ніж на декілька секунд служить причиною запуску дизель-генератора (можливі три спроби старту). Після запуску дизельного двигуна контактори між основною мережею і навантаженням розмикаються, і навантаження перекладається на генератор. Прилади моніторингу і аварійні сигнали дизель-генератора ініціалізувалися автоматично. Після відновлення основної мережі навантаження перекладається на неї. Генератор продовжує



деякий час працювати на неодруженому ході (для охолодження) і потім зупиняється.

Діаграма і блок-схема функціонування комплексу у разі аварійного відключення і подальшого відновлення основного електропостачання показані на малюнках 9.1.10 і 9.1.11.

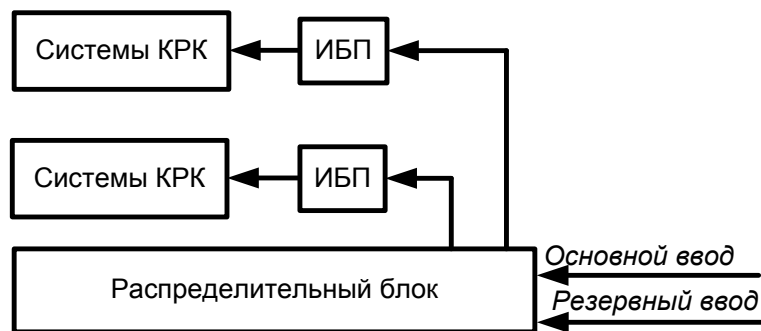
Сучасний розвиток СЕЗ висуває засадничий принцип - електропостачання споживачів особливої групи I категорії, за рахунок комплексу заходів по забезпеченню надійного, безперебійного електроживлення технологічного устаткування електроенергією нормованої якості, що проводиться в об'ємі усієї СЕЗ комплексу. Іншими словами, в умовах низької надійності живлення від зовнішньої СЕЗ і значних відхилень параметрів якості електроенергії від номінальних значень, а також у випадках тривалих або короточасних перерв в електроживленні, електропостачання найбільш відповідальних споживачів КРК здійснюється від спеціальної, досить складної системи гарантованого електропостачання.

Таблиця 9.1.2

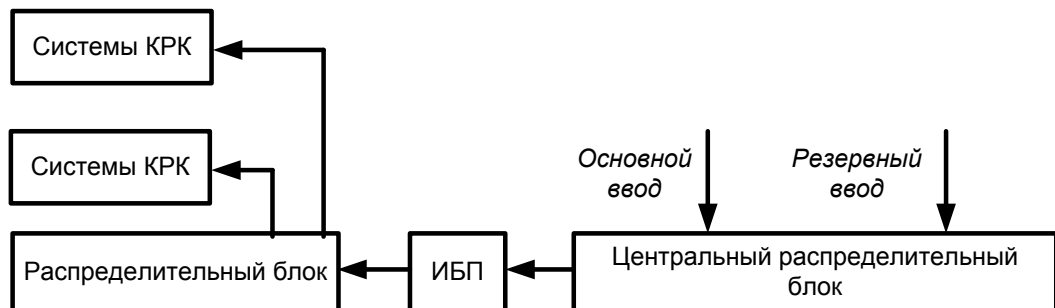
Переваги і недоліки систем гарантованого електропостачання

Найменування СГЕ	Достоїнства	Недоліки
Централізована	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ефективність використання встановленої потужності ДПЖ і місткості батарей;</li> <li>• менш чутлива до локальних перевантажень;</li> <li>• можливе збільшення часу автономної роботи ДПЖ за рахунок відключення менш відповідальних споживачів;</li> <li>• збільшення надійності СГЕ із-за зменшення кількості ДПЖ, і відповідно зменшення часу їх обслуговування;</li> <li>• вартість апаратних засобів централізованої системи при рівній потужності нижча, ніж у розподіленої</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• більш висока, в порівнянні з розподіленою системою, вірогідність локальної відмови, що виражається в знеструмленні споживачів через несправність розподільної мережі безперебійного електропостачання.</li> </ul>

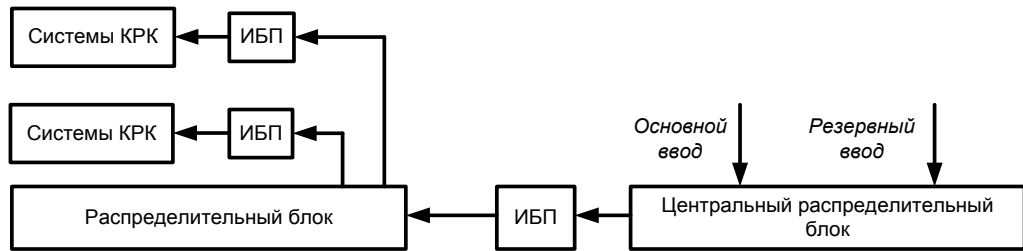
Розподілена (локалізована)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• при відповідному виборі типів ДПЖ для їх розміщення не потрібно виділення окремих спеціалізованих робочих місць;</li> <li>• можливість її реалізації без переробки мережевої розводки, особливо при використанні "розеткових" ДПЖ;</li> <li>• простота нарощування або зміни конфігурації;</li> <li>• відмова одного з ДПЖ не робить впливу на електропостачання інших споживачів.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• час автономної роботи усієї системи не є загальним для усіх навантажень і при цьому не може бути збільшено відключенням навантаження від інших ДПЖ;</li> <li>• низька стійкість при перевантаженнях, викликаних помилковим підключенням додаткового навантаження або коротким замиканням (проявляється рідко);</li> <li>• сумарна вартість ДПЖ малої потужності перевищує вартість централізованого ДПЖ рівної потужності;</li> <li>• зниження надійності СГЕ із-за збільшення кількості ДПЖ, а також збільшення часу їх обслуговування</li> </ul>
Дворівнева	<ul style="list-style-type: none"> <li>• поєднує в собі достоїнства централізованої і розподіленою (локалізованою) СГЕ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• відносно висока вартість по відношенню до централізованої і розподіленою (локалізованою) СГЕ</li> </ul>



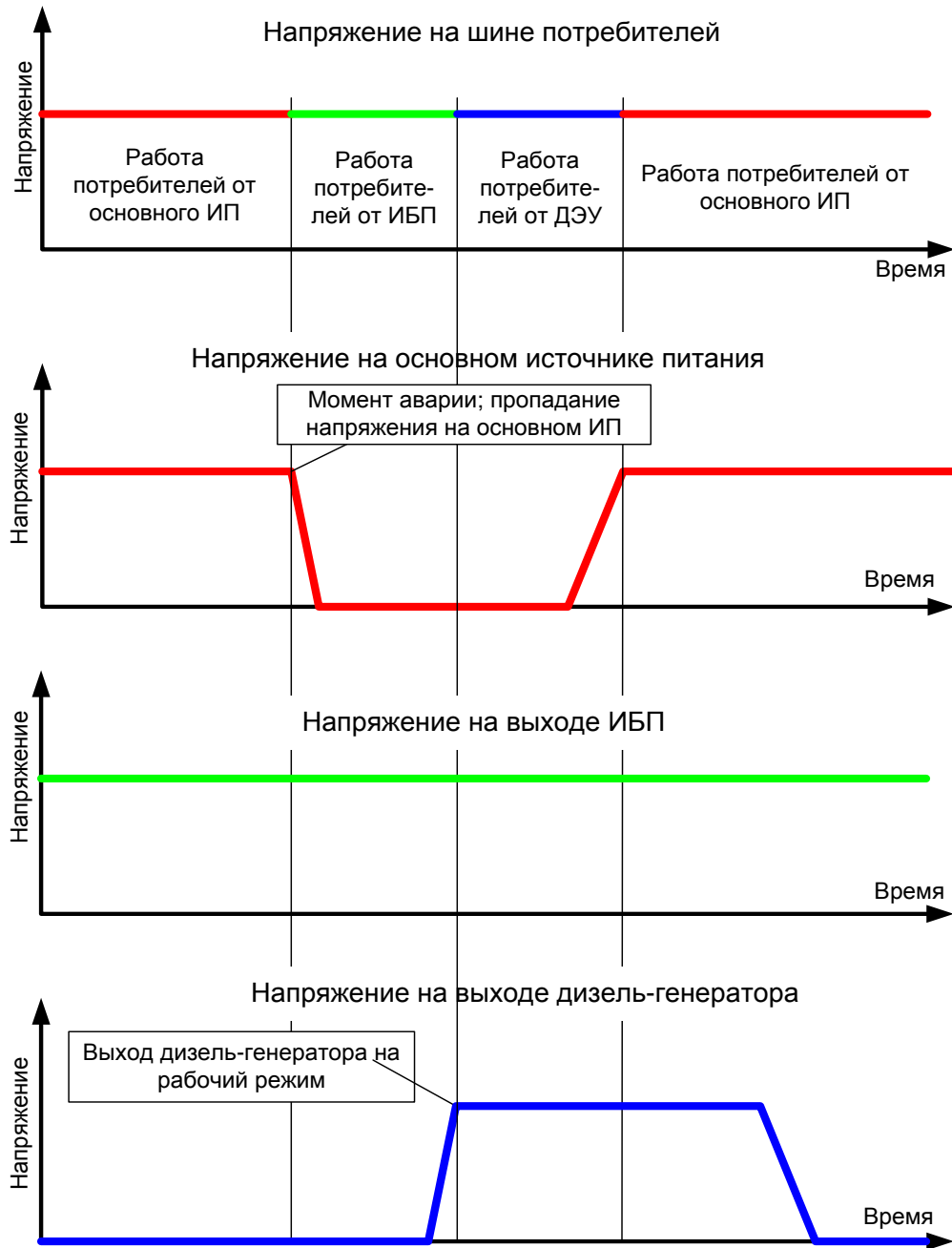
Малюнок 9.1.7 - Розподілена структура СГЕ



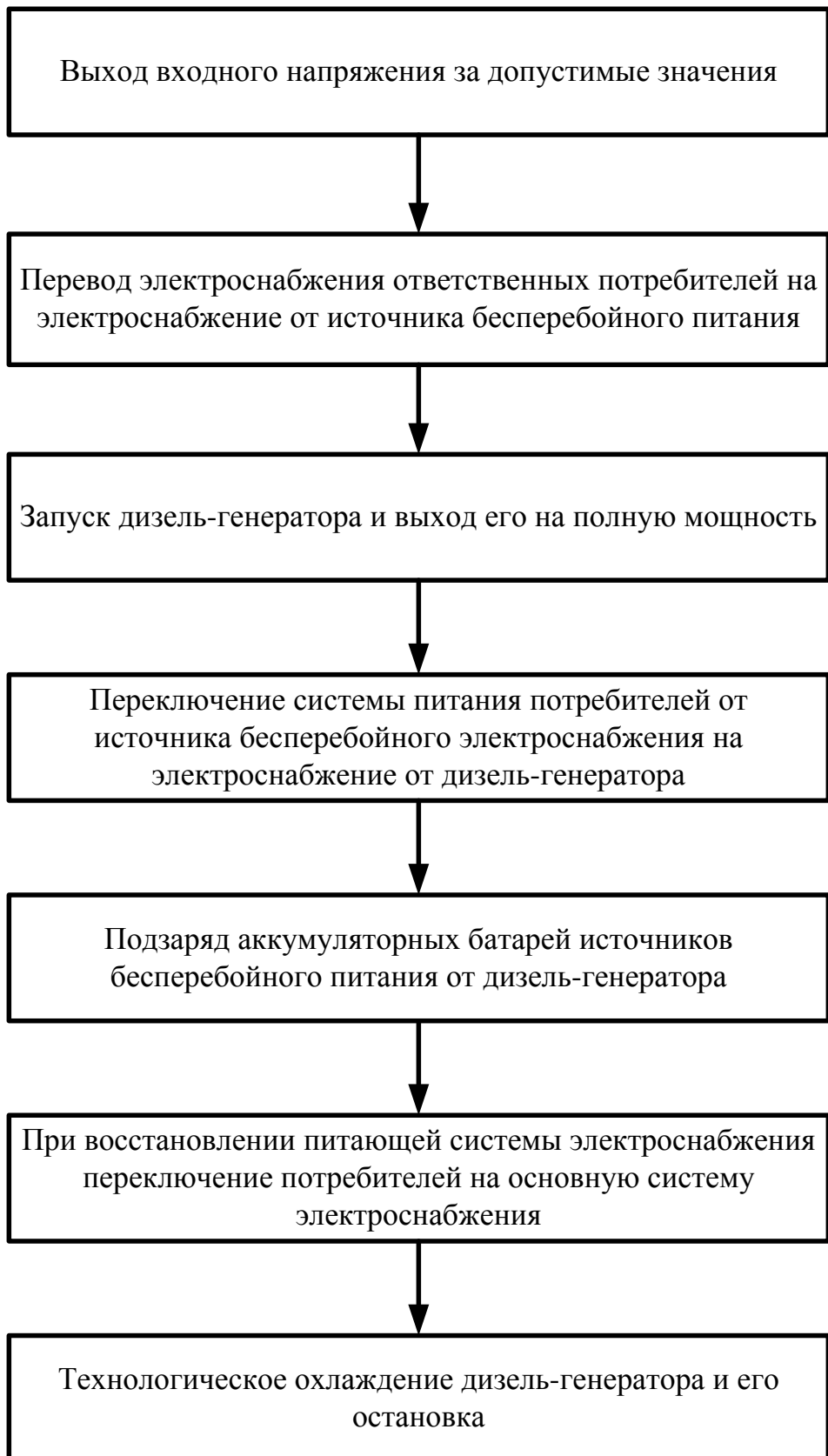
Малюнок 9.1.8 - Централізована структура СГЕ



Малюнок 9.1.9 - Дворівнева структура СГЕ



Малюнок 9.1.10 - Тимчасова діаграма роботи комплексу ДПЖ - ДЕУ для випадку аварійного відключення і подальшого відновлення основного електроживлення



Малюнок 9.1.11 - Блок-схема функціонування СГЕ СК у разі аварійного відключення і подальшого відновлення основного електропостачання

## **Отримуваний ефект від використання систем гарантованого електропостачання.**

Система гарантованого енергопостачання працює в перехідних режимах таким чином, що впродовж часу переходу живлення приймачів електричної енергії критичної групи здійснюється від акумуляторної батареї, наявної у складі джерела безперебійного живлення (ДБЖ).

Наявність облаштування автоматичного введення резерву (ОАВР) і наявність двох ДПЖ у складі системи електропостачання, забезпечує виконання принципу гарячого резервування.

Реальний час спрацьовування ОАВР на порядок менше часу включення дизельної енергоустановки (ДЕУ), тому електроживлення технологічного устаткування категорії 1 групи 1А здійснюється від блоків гарантованого живлення, які отримують електроенергію від двох паралельно включених на загальне навантаження джерел безперебійного живлення (ДПЖ) з 50 % завантаженням по потужності кожного.

ДПЖ дозволяють:

- виключити амплітудні і частотні спотворення;
- працювати в слабких і нестабільних мережах;
- ефективно пригнічувати імпульсні перешкоди.

При пропажі вхідної напруги відбувається перехід на живлення інвертора від акумуляторних батарей з нульовим часом перемикання без стрибка амплітуди і фази вхідної напруги.

Завдяки мінімум подвійному перетворенню, забезпечується висока ізоляція вихідної напруги від впливу зовнішнього середовища і навпаки, що істотно для захисту інформації від несанкціонованого доступу з боку мережі загального призначення.

Час роботи від акумуляторної батареї визначає період, в течії якого ДПЖ забезпечує електроживлення пристрої, що захищаються. У загальному випадку час роботи акумуляторної батареї слід приймати рівним, принаймні, десяткам хвилин, інакше гарантувати роботу компонентів мережі в течії періоду часу, що перевищує звичайну тривалість живлення дуже проблематично.

При формуванні структури систем електропостачання і визначенні кількості НКУ кожного функціонального призначення у складі кожної системи були використані наступні принципи побудови систем :

а) живлення приймачів електричної енергії критичної групи із складу технологічного устаткування здійснюється від низьковольтних комплектних пристроїв, що в сукупності представляють систему гарантованого живлення, основною ознакою якої є наявність в її складі преобразовательних пристроїв з облаштуваннями накопичення електроенергії, використовуваних як для забезпечення безперебійної роботи приймачів електричної енергії, так і для підвищення якості споживаної ними електроенергії;

б) для забезпечення необхідної надійності електропостачання приймачів електричної енергії у складі кожної системи електропостачання використовується не менше двох джерел (чи введень від зовнішніх джерел)

живлення, кожен з яких по потужності достатній для живлення усього технологічного устаткування системи;

в) кількість і структура низьковольтних комплектних пристроїв визначені з урахуванням встановленої потужності, розташування, вимог по надійності електропостачання і якості, вимог до параметрів живлячої напруги і видів системи електропостачання, а також можливості розвитку системи електропостачання в процесі її експлуатації;

Наявність автомата включення резерву і ДПЖ у складі системи електропостачання, забезпечує виконання принципу гарячого резервування, що відповідає вимогам до категорійності електропостачання приймачів електроенергії, а використання для живлення приймачів критичної групи ДПЖ, працюючих в режимі "гарячого" резервування, дозволили вирішити два взаємозв'язані завдання, якими є:

- забезпечення електромагнітної сумісності джерел і приймачів електричної енергії, включаючи якість електроенергії і її показники;
- забезпечення надійності електропостачання відповідно до заданої категорійністю.

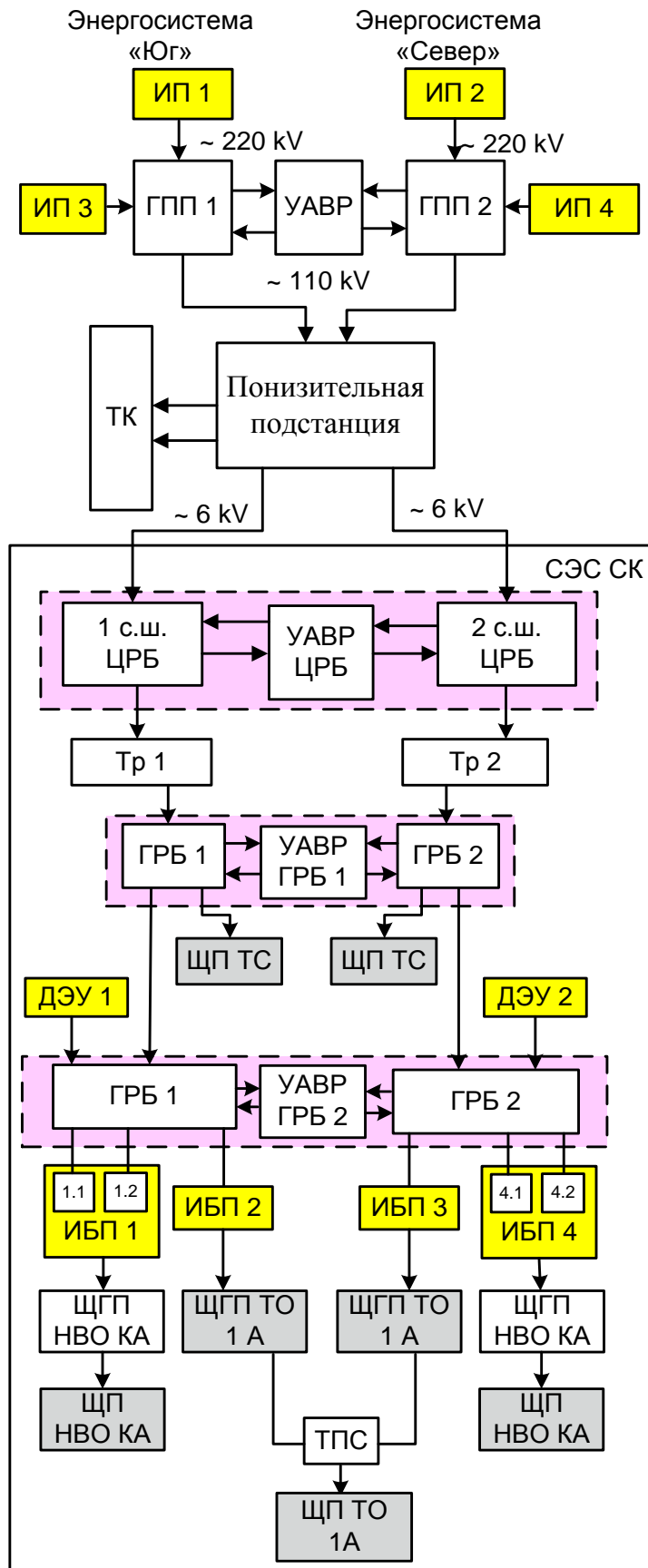
### **Порівняння структур систем електропостачання різних стартових комплексів**

#### **Система електропостачання стартового комплексу космодрому "Байконур"**

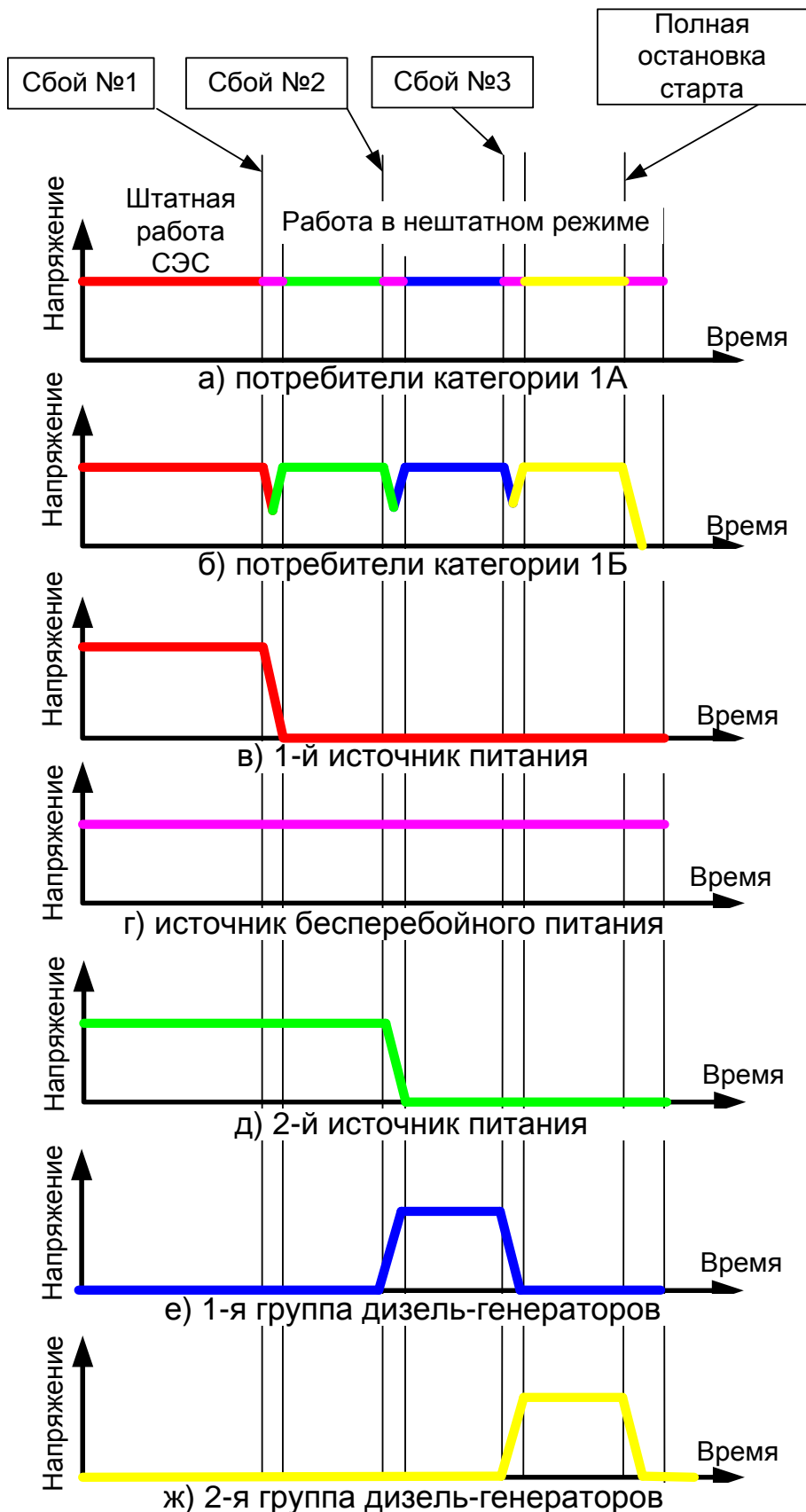
Електропостачання СК РН "Зенит-2", розташованого на космодромі "Байконур", має ряд специфічних особливостей, пов'язаних з режимом функціонування цього комплексу, складом споживачів електроенергії, організаційною структурою, функціональними зв'язками і різними вимогами до СЕЗ в цілому і її окремим підсистемам.

Структурна схема СЕЗ СК РН "Зенит-2" приведена на малюнку 9.1.12. Зовнішнє електропостачання комплексу "Зенит-2" може здійснюватися від: об'єднаної енергосистеми (ОЕС) "Південь"; об'єднаної енергосистеми "Північ"; власній ТЕЦ космодрому "Байконур"; газотурбінній електростанції (ГТЭ).

В результаті проведення розрахунків і аналізу усіх можливих нештатних ситуацій, отримали остаточну структуру СЕЗ СК (малюнок 9.1.13) і значення параметрів елементів цих схем.



Малюнок 9.1.12 - Структурна схема СЕП СК космодрому "Байконур"

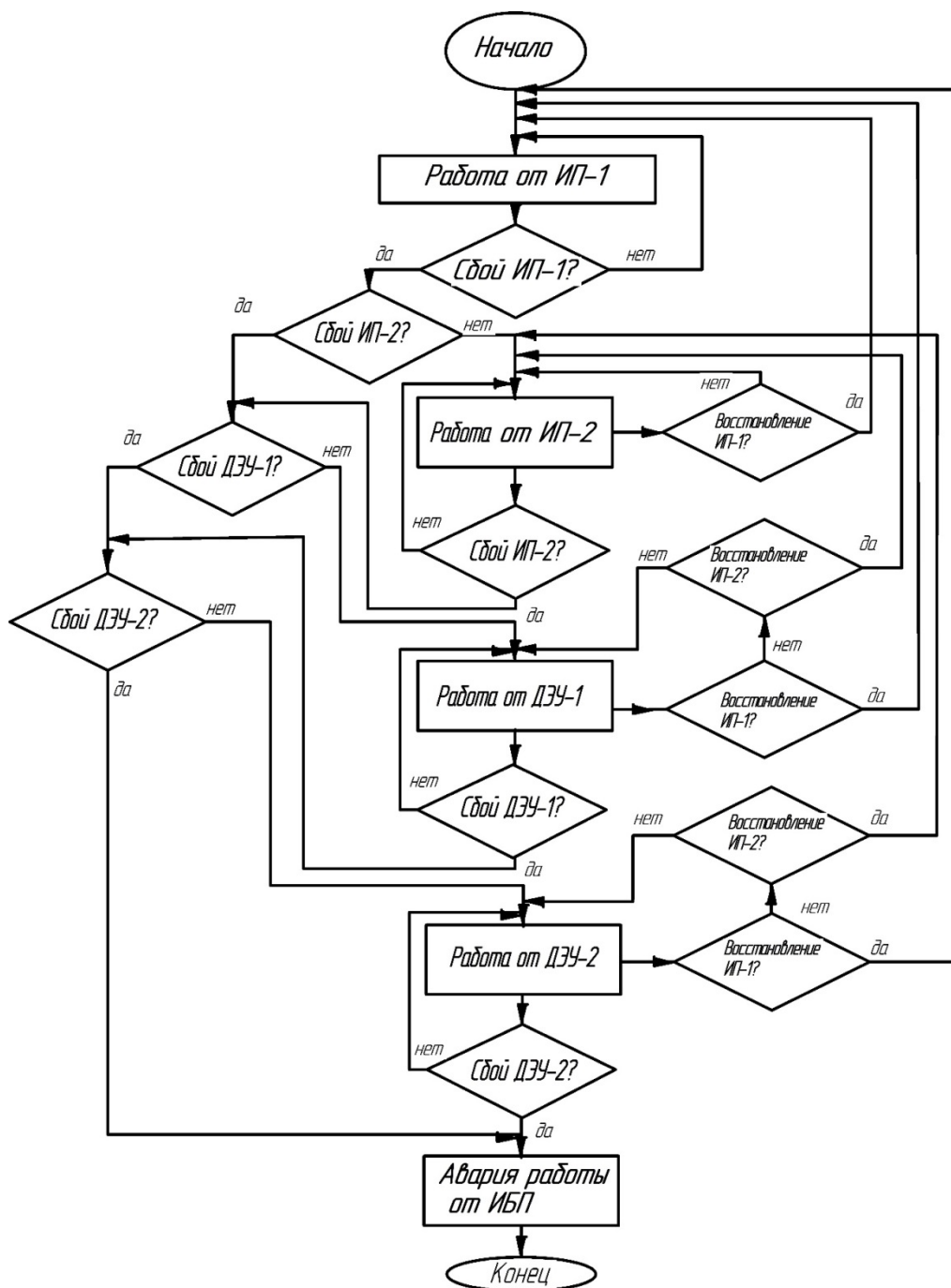


Малюнок 9.1.13 - Логіка роботи СЕС СК РН середнього класу наземного базування типу "Зеніт" при виникненні нештатних ситуацій



Моделюємо зміну параметрів джерел живлення (логіку роботи) при вищезгаданому збої (малюнок 9.1.13). На малюнку 9.1.14 приведена блок-схема логіки роботи СЕП СК РН середнього класу наземного базування типу "Зеніт" при виникненні нештатної ситуації.

При експлуатації системи зовнішнього електропостачання комплексу "Зеніт-2" можливо прояви наступних недоліків :



Малюнок 9.1.14 - Алгоритм роботи СЕП СК РН середнього класу наземного базування типу "Зеніт" при виникненні нештатної ситуації

Моделюємо зміну параметрів джерел живлення (логіку роботи) при вищезгаданому збої (малюнок 9.1.13). На малюнку 9.1.14 приведена блок-схема логіки роботи СЕП СК РН середнього класу наземного базування типу "Зеніт" при виникненні нештатної ситуації.

При експлуатації системи зовнішнього електропостачання комплексу "Зенит-2" можливо прояви наступних недоліків:

а) тільки роздільне живлення споживачів даного спецкомплексу (через неможливість синхронізації ОЕС "Південь" і ОЕС "Північ");

б) реальна небезпека аварійного несинхронного включення в численних точках секційного замикання кілець, не обладнаних досі облаштуваннями блокування від несинхронних включень;

в) при формальній наявності в системі зовнішнього електропостачання чотирьох джерел, фактично система зовнішнього електропостачання спецкомплексу не має двох незалежних джерел, оскільки існуюча схема не виключає взаємного впливу перехідних процесів при аварійних порушеннях в живлячих лініях електропередач (ЛЕП) і енергоджерелах.

Електропостачання космодрому "Байконур" в цілому і комплексу "Зенит-2", згідно з розробленою системою електропостачання повинно здійснюватися по II категорії надійності електропостачання. У періоди максимальних навантажень аварійне відключення одного із зовнішніх джерел електроенергії призводить до погашення частини споживачів космодрому на час ремонтно-відновних робіт. Таке положення у край утрудняє безперебійне електропостачання технологічного устаткування, що бере участь в підготовці і проведенні штатних робіт на комплексі "Зенит-2".

У зв'язку з відсутністю живлення від ОЕС "Південь" і ТЕЦ космодрому (нестача потужності) і наявністю живлення тільки від ОЕС "Північ", на сьогодні можна зробити висновок, що електропостачання комплексу "Зенит-2" здійснюється по III категорії надійності електропостачання.

г) протяжні повітряні одноланцюгові ЛЕП істотно знижують надійність СЗЕ комплексу "Зенит-2";

д) наявність загального дефіциту потужності в енергосистемі при режимах, відмінних від нормальних і, тим більше, аварійних, навіть при об'єднанні потужностей довколишніх енергоджерел;

е) несприятливі ґрунтово-кліматичні умови, характеризующиєся нестійкістю зовнішнього електропостачання даного комплексу в періоди сильних вітрів.

Останні роки характеризуються збільшеною середньорічною тривалістю гроз, що, за відсутності на повітрі ЛЕП грозозахисних тросів, призводить до їх частих відключень. У зв'язку з цим, реальний потік відмов елементів СЗЕ комплексу "Зенит-2" перевищує середньорічний розрахунковий в 9.12 разів.

Вказані недоліки і особливості енергосистеми не дозволяють повною мірою забезпечити необхідну надійність електропостачання відповідальних споживачів комплексу "Зенит-2" електроенергією нормованої якості і обумовлюють необхідність вдосконалення існуючої СЗЕ цих комплексів і

пошуку науково-технічних рішень по підвищенню надійності їх електропостачання.

До складу СЕП СК РН легкого класу шахтного базування типу "Дніпро", згідно з особливостями космодрому, для парирування нештатної ситуації входять наступні джерела живлення :

- а) Джерело живлення-1;
- б) Джерело живлення-2;
- в) ДЭУ;
- г) ДБЖ з акумуляторною батареєю для підтримки працездатності СЕП;
- д) Акумуляторна батарея для забезпечення безперебійності старту.

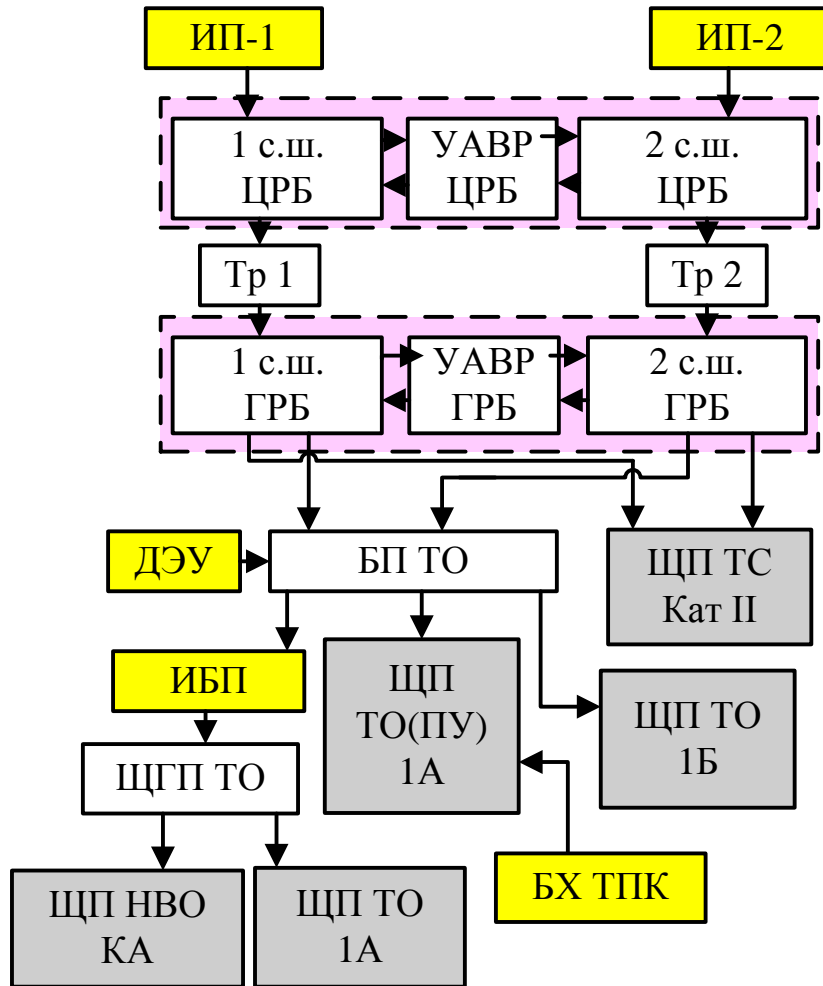
Виходячи з використання вищезгаданих джерел живлення, в ході роботи СЕП СК РН легкого класу шахтного базування типу "Дніпро" можуть виникнути наступні нештатні ситуації:

- а) вихід з ладу одного джерела живлення;
- б) вихід з ладу двох джерел живлення;
- в) вихід з ладу двох джерел живлення і ДЭУ; пуск ракети за допомогою ДБЖ і акумуляторних батарей.

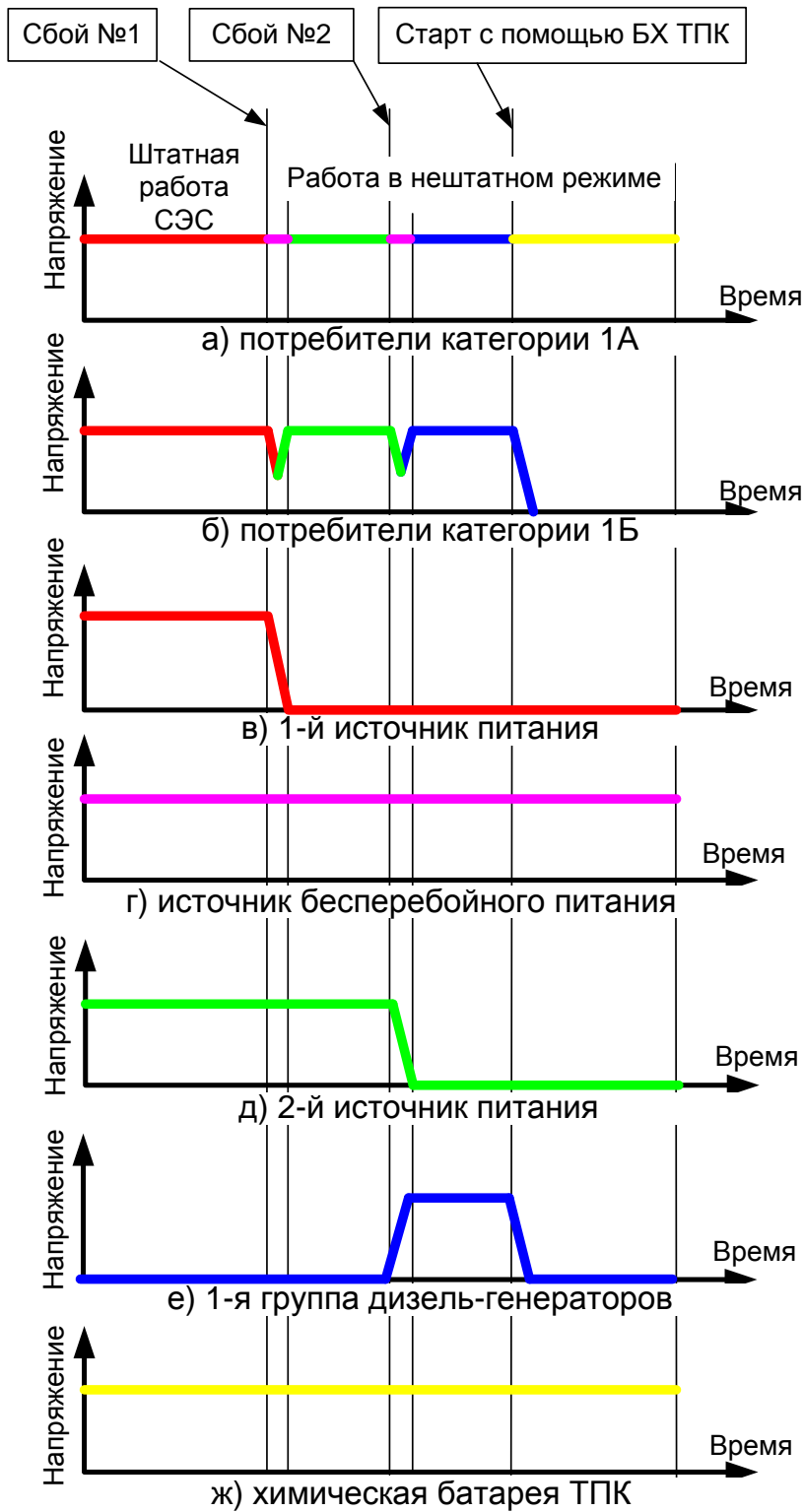
Для забезпечення безперебійності роботи СЕП СК необхідно розглянути можливі нештатні ситуації і модернізувати схему СЕП для парирування виниклої нештатної ситуації.

Виходячи з історичної ситуації, оскільки на транспортно-пусковому контейнері РН "Дніпро" знаходиться акумуляторна батарея для здійснення старту ракети, введемо в остаточну схему СЕП СК цю батарею.

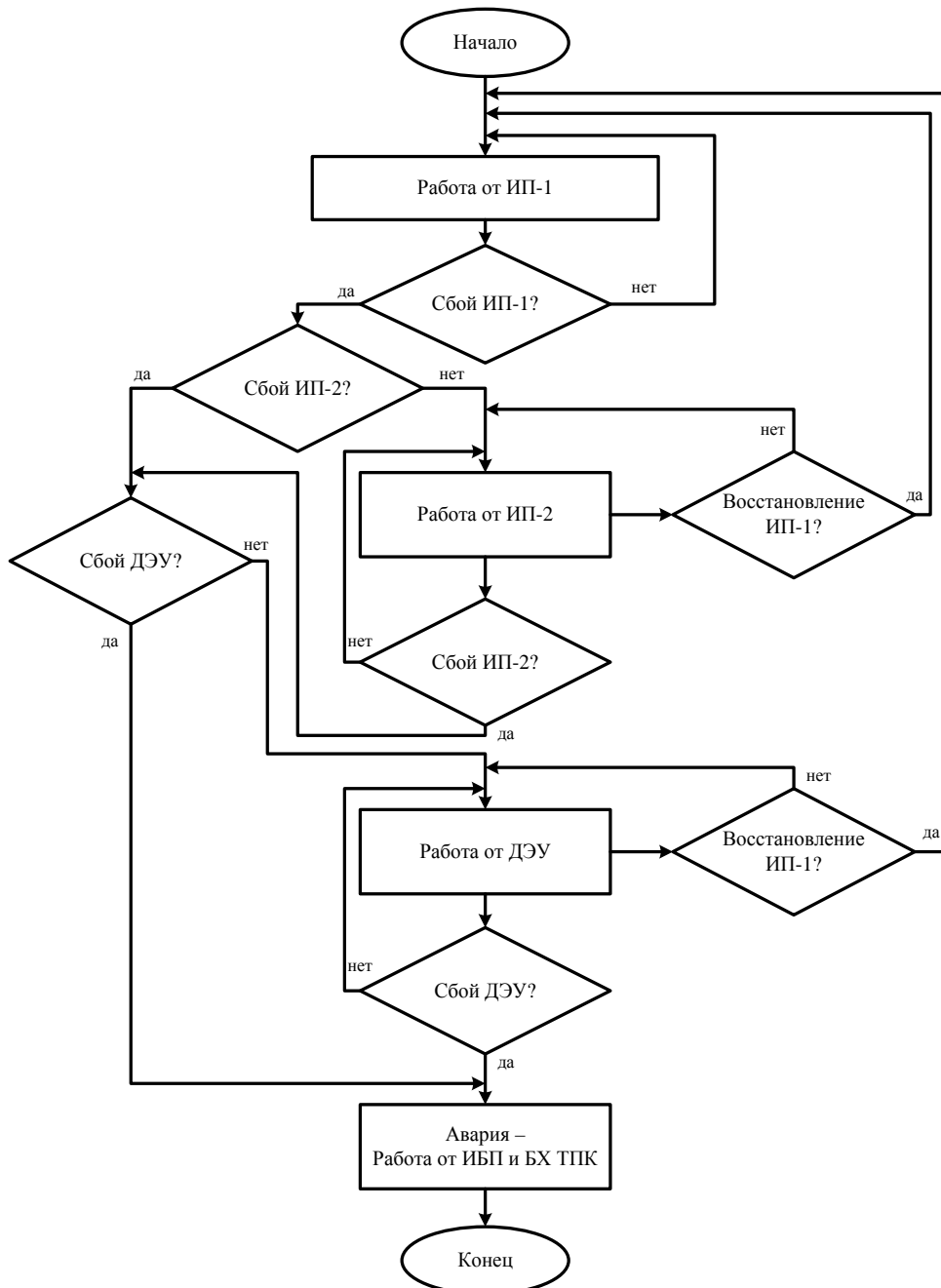
В результаті проведення розрахунків і аналізу усіх можливих нештатних ситуацій, отримаємо остаточну структуру СЕП СК (малюнок 9.1.15) і параметри елементів цих схем.



Малюнок 9.1.15 - Структурна схема системи електропостачання стартового комплексу (шостого рівня) для забезпечення старту РН легкого класу шахтного базування



Малюнок 9.1.16 - Логіка роботи СЕС СК РН легкого класу шахтного базування типу "Дніпро" при виникненні нештатних ситуацій



Малюнок 9.1.17 - Алгоритм роботи СЕП СК РН легкого класу шахтного базування типу "Дніпро" при виникненні нештатної ситуації

Система електропостачання стартового комплексу космодрому в Південній Кореї

Космічний центр Наро - південнокорейський космодром. Центр розташовується на острові Венародо поблизу найпівденнішого краю Корейського півострова.

Зовнішнє електропостачання СЕП стартового комплексу космічного центру Наро (малюнок 9.1.18) забезпечується від чотирьох джерел електроенергії. Одним з них є введення від електростанції. Інші три формуються завдяки групам дизель-генераторних установок. Ці чотири незалежні джерела електроенергії високої напруги можуть дублювати один

одного завдяки роботі облаштувань автоматичного включення резерву, розташованих в головній розподільній підстанції (ГРП).

Розподіл високої напруги по будівлях і спорудженнях СК здійснюється по підземних дубльованих кабельних лініях. Після цього напруга знижується дубльованими трансформаторними підстанціями (ТП), що розміщуються у будівлях і спорудженнях СК.

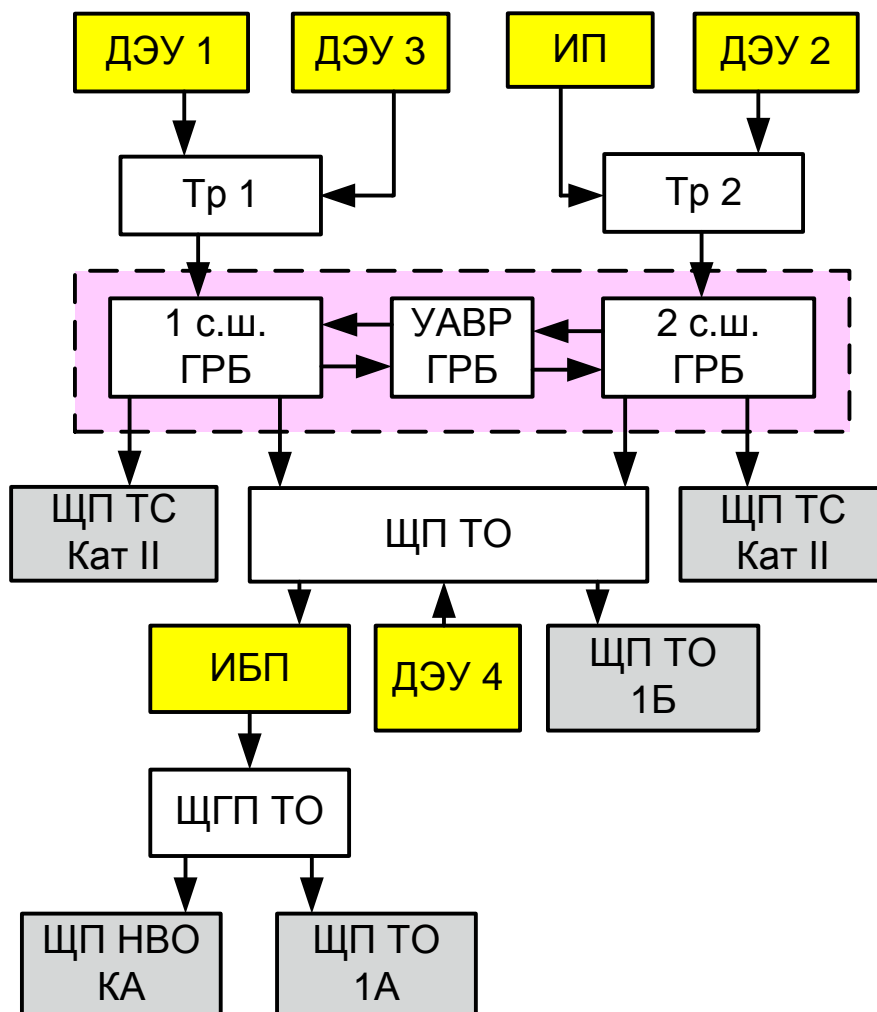
Окрім взаємнорезервування цих двох джерел електроенергії низької напруги на цьому рівні забезпечується потрібне резервування завдяки організації третього джерела електроенергії - дизельної генераторної установки низької напруги. ДГУ розміщується безпосередньо біля споруд, в яких є присутніми електроспоживачі, що вимагають підвищеної надійності електропостачання.

Для електроспоживачів, що допускають короточасні перерви в електропостачанні, резервована АВР напруга розподіляється від ТП за допомогою численних розподільних щитів, що розміщуються в приміщеннях будівель і споруджень СК.

Електроспоживачі короточасні перерви, що не допускають навіть, в електропостачанні живляться від щитів, які у свою чергу отримують електроенергію через джерела безперебійного живлення.

Система електропостачання споживачів СК космодрому в Південній Кореї складається з:

- основного джерела електроживлення (ДЕП);
- трьох високовольтних резервних дизельних енергоустановок (ДЕУ 1,2,3);
- трансформаторів (Тр 1, 2);
- головного розподільного блоку (ГРБ);
- щита живлення технологічного устаткування (ЩП ТЕ);
- щита гарантованого живлення технологічного устаткування (ЩГП ТЕ);
- джерела безперебійного живлення (ДБП);
- низьковольтної резервної дизельної енергоустановки (ДЕУ 4).



Малюнок 9.1.18 - Структурна схема СЕП СК космодрому в Південній Кореї

### Система електропостачання стартового комплексу космодрому в Куру

Космодром Куру́ (Гвіанський космічний центр, фр. Centre spatial guyanais) знаходиться на північному сході Південної Америки в 50 км від столиці Французької Гвіани Кайенни.

Зовнішнє електропостачання СЕП стартового комплексу космодрому Куру (малюнок 9.1.19) забезпечується від двох джерел електроенергії. Одним з них є введення від електростанції. Другий формується завдяки групі дизель-генераторних установок. Ці два джерела електроенергії високої напруги можуть дублювати один одного завдяки роботі обладнання автоматичного включення резерву розташованих в центральній розподільній підстанції (ЦРП).

Після розподілу високої напруги по будівлях і спорудженнях СК по дубльованих підземних кабельних лініях, воно знижується трансформаторними підстанціями (ТП), що розміщуються у будівлях і спорудженнях СК. Для електроспоживачів, що допускають короточасні перерви в електропостачанні, резервована АВР напруга розподіляється від ТП



за допомогою численних розподільних щитів, що розміщуються в приміщеннях будівель і споруджень СК.

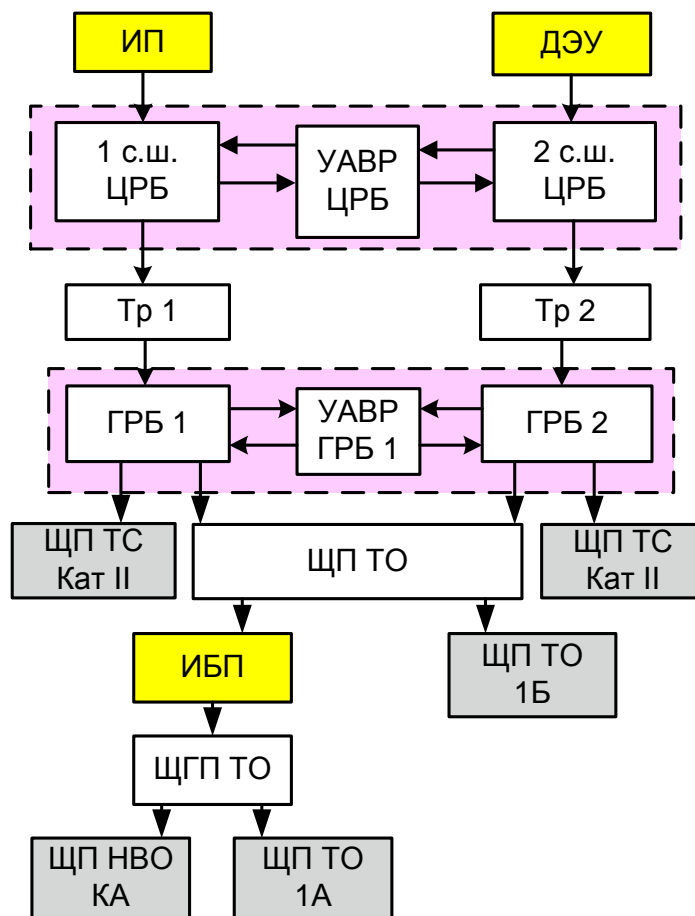
Електроспоживачі, що не допускають навіть короточасні перерви в електропостачанні, живляться від щитів живлення які, у свою чергу, отримують електроенергію через джерела безперебійного живлення.

Ця схема організації системи електропостачання реалізовує підвищені вимоги до якості живлячої напруги і його надійності.

Система електропостачання стартового комплексу космодрому в Куру включає:

- основне джерело електроживлення (ИП);
- резервну дизельну енергоустановку (ДЭУ);
- центральний розподільний блок (ЦРБ);
- трансформатори (Тр 1,2);
- головний розподільний блок (ГРБ);
- щит живлення технологічного устаткування (ЩП ТЕ);
- щит гарантованого живлення технологічного устаткування (ЩГП ТЕ);
- джерело безперебійного живлення (ДБЖ).

У нормальному режимі живлення приймачів електроенергії технологічного устаткування відповідного комплексу здійснюється від двох незалежних джерел.



Малюнок 9.1.19 - Структурна схема СЕП СК космодрому в Куру

У резервному режимі, перехід на який відбувається при зникненні напруги або при неприпустимому відхиленні параметрів живлячої напруги на одному з джерел ЦРБ, живлення усіх приймачів електроенергії технологічного устаткування комплексу походить від одного джерела електроенергії.

У перехідному режимі система електропостачання працює впродовж часу, за який відбувається перемикання ввідних і шиносоединительных автоматичних вимикачів в ЦРБ і ГРБ.

Загострення проблеми якісного і гарантованого електропостачання електроспоживачів СК на сучасному етапі характеризується наступними причинами:

- ростом споживання електричної енергії в умовах якісного вдосконалення КРК-космічної техніки;
- збільшенням кількості і номенклатури приймачів електричної енергії в кожному з об'єктів СК, одиничної і сумарної потужності об'єктів; розширенням засобів диспетчерського і технологічного управління, в яких використовується ЕОМ і мікропроцесорна техніка; необхідністю підвищення економічної ефективності створених елементів СЕП СК.

Виходячи з аналізу схем СЕП КРК при проектуванні сучасних стартових комплексів ракет-носіїв, фахівці повинні враховувати, що електропостачання найбільш відповідальних споживачів СК повинне відбуватися в умовах високої надійності живлення від СЕП і мінімальних відхиленнях параметрів якості електроенергії від номінальних значень в усіх режимах її роботи.

Система електропостачання стартового комплексу космодрому в Алкантара

Система електропостачання СК призначена для забезпечення електроенергією необхідного виду і якості в усіх режимах експлуатації наземного допоміжного електричного устаткування (НВЭО) КА і технологічного устаткування (ТЕ), що беруть участь в підготовці КА і РН, на стартовій позиції.

Первинним джерелом електроенергії для СЕП є незалежні джерела електропостачання.

СЕП структурно складається з наступних складових частин:

- дизель - генераторної установки;
- джерела безперебійного живлення;
- комутаційно-розподільних пристроїв зі вбудованими перетворювачами напруги;
- системи контролю якості електроенергії;
- комплекту кабелів внутрісистемних зв'язків.

Система електропостачання забезпечує:

- прийом і розподіл електроенергії по споживачах гарантованого електроживлення;
- автоматичне включення резервного ДЖ від ДГУ при пропажі електроенергії (чи виході параметрів за межі допусків) на обох введеннях системи внутрішнього електропостачання;

- захист устаткування СГЕ СК від струмів короткого замикання і струмів перевантажень в споживачах.

Дизель-генераторна установка обладнана системою автоматики, що забезпечує управління режимами роботи, автоматичний запуск і зупинку машини.

Наземне допоміжне електричне устаткування КА і технологічне устаткування, що бере участь в підготовці КА, є споживачами електроенергії 1 категорії особливої групи.

У зв'язку з тим, що вищезгадані елементи системи електропостачання не забезпечують НДЕУ КА і технологічне устаткування гарантованим електроживленням по 1 категорії особливої групи, стартова позиція дообладнуватиметься системою джерелом безперебійного живлення.

Проаналізувавши переваги і недоліки розподіленою і централізованою систем гарантованого електроживлення, переважною в нашому випадку є централізована система.

Для формування структур систем безперебійного електропостачання стартових комплексів наземного і шахтного базування розроблений алгоритм процесу формування цих схем (малюнок 9.1.20).

Згідно з розробленим алгоритмом:

1. Першим етапом побудови схем є визначення початкових даних. Початковими даними для формування структур систем безперебійного електропостачання СК є:

а) циклограма старту РН по споживачах СК :

- споживання енергії НДУ КА;
- споживання енергії споживачів категорії 1А;
- споживання енергії споживачів категорії 1Б;
- споживання енергії споживачів II категорії.

б) граничні значення показників якості електроенергії;

в) кількість і види джерел електроенергії, особливості місцевості і можливість використання різних джерел енергії.

2. Визначення видів і кількості можливих нештатних ситуацій для конкретного типу СК.

3. Складаємо схему системи електропостачання стартового комплексу (першого рівня) для забезпечення старту. Визначаємо параметри складових СЕП для забезпечення заданих значень параметрів якості електроенергії.

4. Враховуючи початкові дані, визначаємо рівні потужностей кожного елемента, що входить в СЕП СК першого рівня.



Малюнок 9.1.20 - Блок-схема методу формування структури СЕС СК

5. Визначаємо енерговитрати при штатному режимі роботи СЕП.

6. Моделювання роботи СЕП при виникненні нештатної ситуації :

а) вибираємо нештатну ситуацію з п.2 для моделювання;

б) включаємо до складу структури СЕП СК нове джерело живлення з визначених в п. 1;

в) для парировання заданої нештатної ситуації і при необхідності вводимо до складу СЕП нові елементи для забезпечення перемикання між джерелами (отримуємо структуру СЕП нового рівня);

г) визначаємо рівень потужності нового джерела і елементів з урахуванням виконання вимог по енергоспоживанню споживачів різних категорій;

д) моделюємо роботи СЕП СК (включаючи роботу усіх джерел) цього рівня з урахуванням виникнення вибраної нештатної ситуації.

7. Перевіряємо умову забезпечення усіх споживачів заданої категоричності по надійності і по кількості джерел живлення. Якщо умова не виконується, повторюємо процедуру моделювання нештатної ситуації згідно п. 6.

8. При виконанні умови, приведеної в п. 7, вважаємо структуру СЕП СК сформованою. Отримана структура СЕП СК забезпечує задані вимога за якістю електроенергії і безперебійності при виникненні усіх вибраних видів нештатних ситуацій.

9. Проводимо оцінку якості сформованих структур систем електропостачання стартових комплексів за основними показниками:

а) якість електроенергії;

б) структурна надійність СЕП СК;

в) вартість розробки і виготовлення СЕП СК;

г) вартість експлуатації СЕП СК.

Для прийому і розподілу електроенергії між споживачами технологічних і технічних систем в СЕП СК використовуються наступні розподільні пристрої:

- щити розподільні головні (ЩРГ);

- щити гарантованого живлення (ЩГП);

- щити розподільні (ЩР), одержуючі живлення від ЩРГ і ЩГП;

- щити живлення (ЩП) і лабораторні щити (ЛЩ), що забезпечуються електроенергією від ЩР.

Електропостачання розподільного пристрою здійснюється по двох лініях електроживлення від понизительной мережевої підстанції, кожен з яких виконаний двома кабельними лініями.

Понизительная мережева підстанція має дві секції шин з шиносоединительным вимикачем, який включається при неприпустимому зниженні або зникненні напруги на одному з введень і подальшому відключенні відповідного вхідного вимикача.

Розподільний пристрій має дві секції шин без автоматичного включення резерву, з'єднання шин при зникненні напруги на одній з секцій може здійснюватися вручну рубильником-роз'єднувачем.

Щити головні розподільні, від яких живляться щити розподільні (ЩР), отримують живлення від розподільного пристрою через трансформатори кожен по одному введенню. Для можливості резервування живлення кожного з ЩРГ передбачена можливість передачі живлення між щитами, які живляться від різних секцій шин.

Щити живлення і лабораторні щити отримують живлення від щитів розподільних ЩР.

До електроприймачів СК, споживаючих змінний струм частотою 50 Гц і напруга 0,4 кВ, відносяться електроприводи вентиляторів, насосів, компресорів, холодильних машин, підйомно-транспортних і інших пристроїв, нагрівачі, статичні перетворювачі змінного струму в постійний, зарядно-розрядні пристрої тиристорів і транзисторних, перетворювачі змінного струму частотою 50 Гц в змінний струм підвищеної частоти, світильники різних типів і інші. Найхарактернішими електроприймачами цього типу є асинхронні двигуни з короткозамкнутим ротором і трифазні напівпровідникові випрямлячі.

Споживачами трифазного струму частотою 50 Гц, напругою 6 кВ являються приводи потужних турбокомпресорів і холодильних машин системи термостатування, а так само кисневих насосів. Найбільш поширені електроприймачі цього типу - синхронні двигуни потужністю до 1600 кВт і асинхронні двигуни потужністю 315 кВт і 630 кВт.

Споживачами однофазного змінного струму частотою 50 Гц є освітлювальні прилади, нагрівачі, дрібні електроприводи, зварювальні трансформатори, блоки живлення ЕОМ і мікропроцесорних облаштувань систем управління, виміру, блоки живлення систем зв'язку, облаштування виводу ЕОМ, телевізійні установки та ін.

До споживачів змінного струму підвищеної частоти відносяться спеціальні високооборотні електроприводи систем управління, які забезпечуються електричною енергією від статичних або електромашинних перетворювачів.

Споживачами постійного струму є:

- системи управління технологічним устаткуванням на базі релейної техніки;
- виконавські електромагнітні елементи, що управляють технологічними операціями;
- ЕОМ, мікропроцесорні, мікроелектронні облаштування систем управління, які отримують електричну енергію постійного струму від статичних, стабілізованих перетворювачів змінного струму в постійний, що входять до складу системи наземного електропостачання спецструмами або від блоків вторинного живлення, систем управління виробів, що входять до складу устаткування.

Аналіз споживачів СК, дослідження циклограми проведення штатних робіт дозволили виділити особливу групу споживачів, безперебійна робота яких потрібна для :

- якісної підготовки і своєчасного проведення штатних робіт;

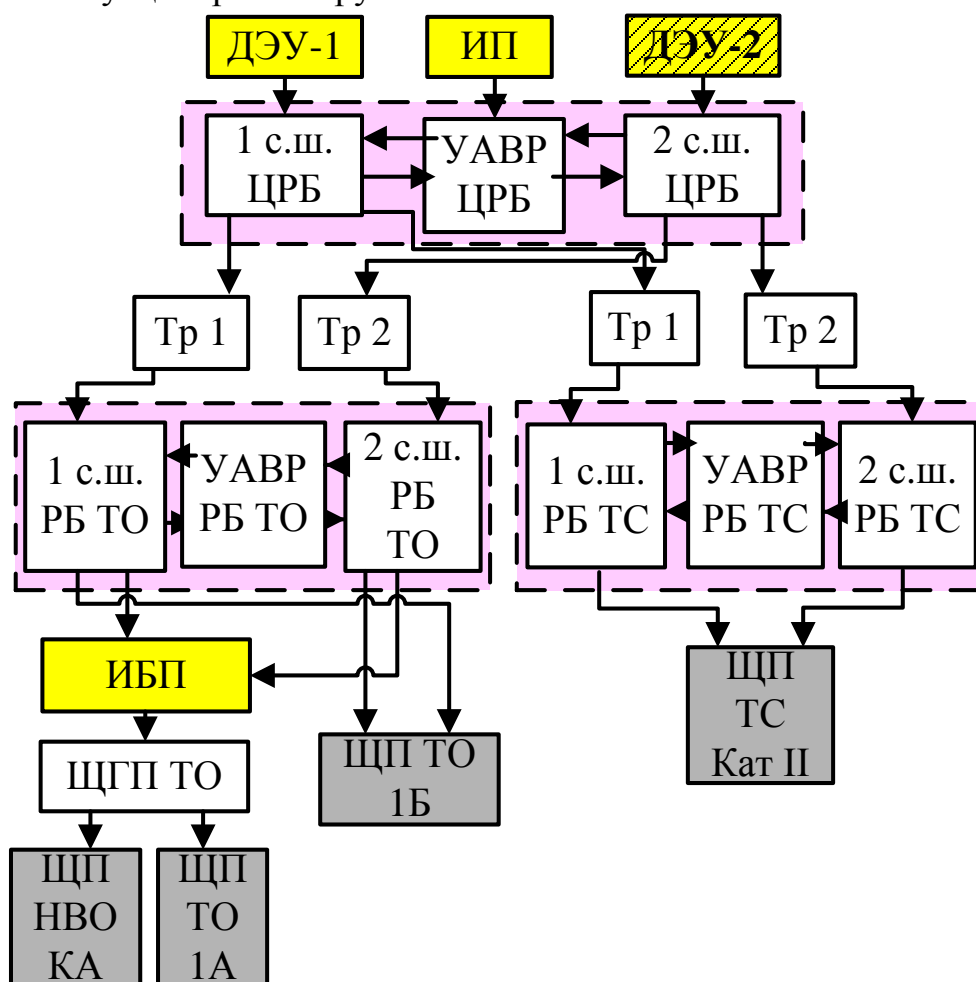
- безаварійної роботи комплексу;
- запобігання вибухам, пожежам, небезпеці для життя обслуговуючого персоналу;
- забезпечення робіт найважливіших систем контролю і управління комплексу в режимі штатних робіт.

До складу цієї групи споживачів входить наступне устаткування СК :

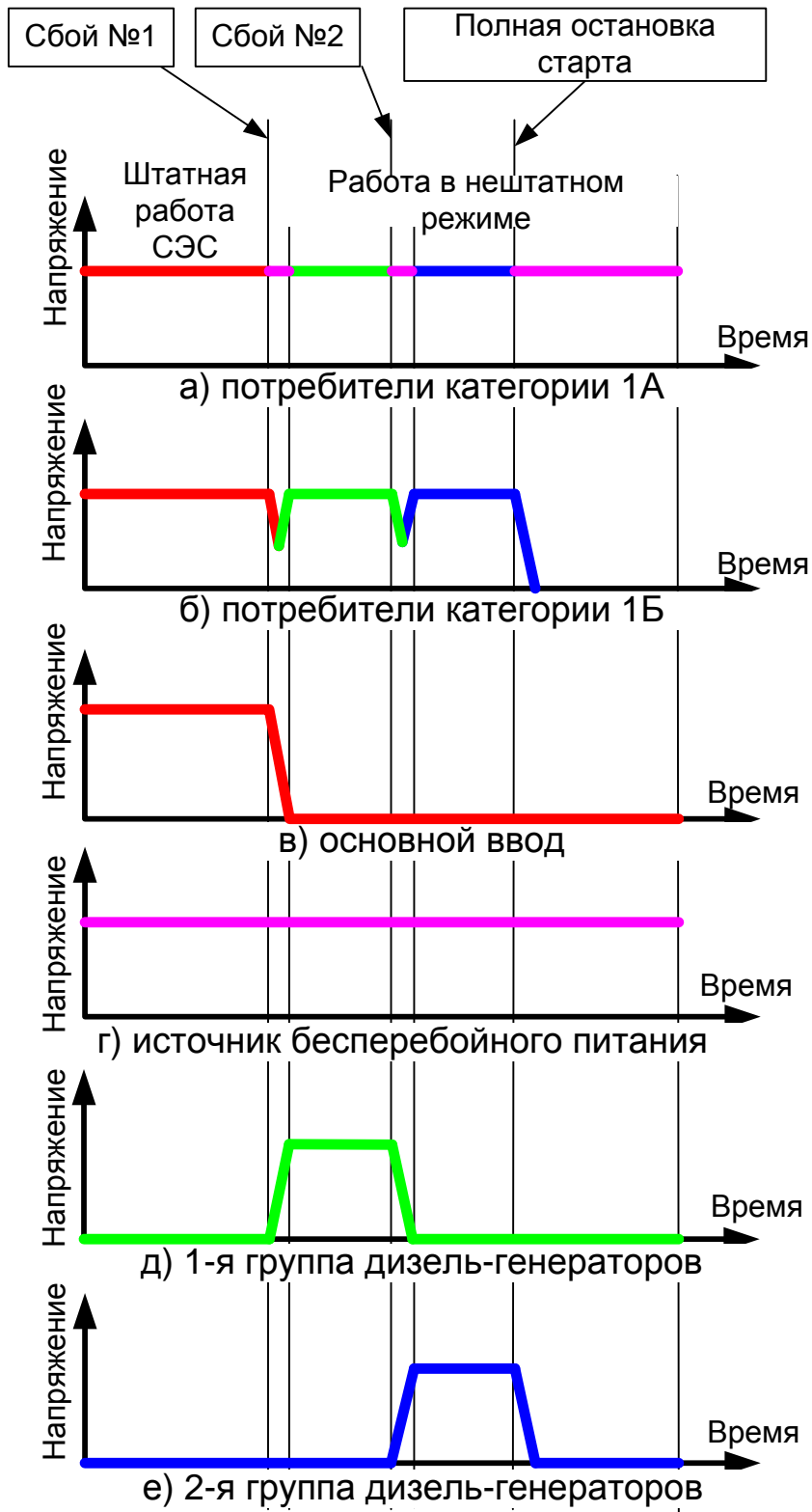
- комплект технологічного устаткування;
- комплект апаратури РН;
- комплект апаратури системи автоматичного управління (САУ).

В результаті проведення розрахунків і аналізу усіх можливих нештатних ситуацій, отримали остаточну структуру СЕП СК (малюнок 9.1.21) і параметри елементів цих схем.

Моделюємо зміну параметрів джерел живлення при вищезгаданій нештатній ситуації (малюнок 9.1.22). На малюнку 9.1.23 приведена блок-схема логіки роботи СЕП СК РН легкого класу типу "Циклон-4" при виникненні нештатних ситуацій третьої групи.

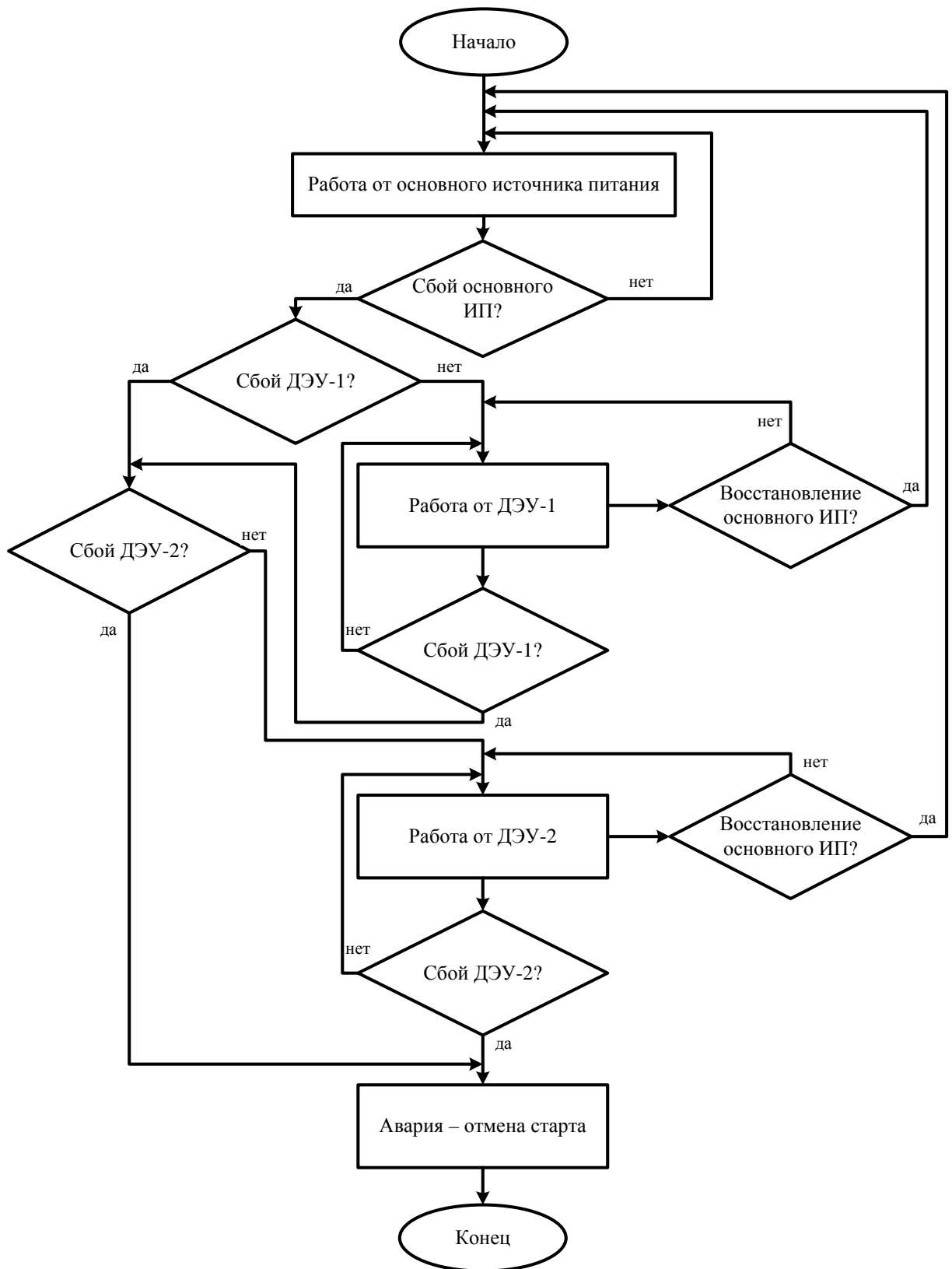


Малюнок 9.1.21 - Структурна схема системи електропостачання стартового комплексу (п'ятого рівня) для забезпечення старту РН легкого класу наземного базування



Малюнок 9.1.22 - Логіка роботи СЕП СК РН легкого класу типу "Циклон-4" при виникненні нештатних ситуацій





Малюнок 9.1.23 - Алгоритм роботи СЕС СК РН легкого класу типу "Циклон-4" при виникненні нештатних ситуацій

Таблиця 9.1.3

## Порівняння параметрів СЕП різних стартових комплексів

Агрегат	Параметр	СК для РН типу "Циклон-4"		СК для РН типу "Дніпро"		СК для РН типу "Зеніт"		СК космодрому в Південній Кореї	СК космодрому в Куру
		Фактично на космодромі Алкантара	Отримане в результаті дослідження	Фактично на космодромі Алкантара	Отримане в результаті дослідження	Фактично на космодромі Байконур	Отримане в результаті дослідження		
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Кількість, шт	1	1	4	2	4	2	1	1
	Сумарна потужність, мВт	5,0	1,8	0,6	0,19	24,0	12,6	2	16
	Потужність одиничного агрегату, МВт	5,0	1,8	0,6/6/0,5/0,11	0,095	6,0/6,0/0,5/24,0	6,3	2	16
	Напруга, В	13,8	13,8	6,0	13,8	6,0	13,8	6,0	6,0
	Інтенсивність відмови, 1/година	$2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$1,98 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$2,15 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$
	Енерговитрати, МВт×	115	41,4	4,8	1,52	2640	1386	48	1920
	Кількість, шт	2	2	2	1	2	2	4	1
	Сумарна потужність, мВт	5,0	3,6	0,5	0,072	24,0	9,46	2	16
	Потужність одиничного агрегату, МВт	5,0	1,8	0,5/0,110	0,072	0,5/24,0	4,73	2	16
	Напруга, В	13,8	13,8	0,38	0,38	0,38	0,38	6,0	6,0
	Інтенсивність відмови, 1/година	$3,7 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$1,298 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$1,43 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$3,8 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$
	Енерговитрати, МВт×	115	82,8	4	1,38	26,40	1040	48	1920
	Потужність МВт	5,0	1,8	0,5	0,095	8,0	-	-	16
	Напруга, В	13,8	13,8	6,0	13,8	6,0	-	-	6,0
	Інтенсивність відмови, 1/година	$1,53 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$3,2 \cdot 10^{-5}$	$3,4 \cdot 10^{-5}$	-	-	$1,7 \cdot 10^{-5}$

	Енерговитрати, МВт×	115	41,4	4	0,76	880	-	-	1920
	Кількість, шт	6	4	2	2	14	2	2	2
	Сумарна потужність, мВт	5,0	3,6	0,5	0,19	8,0	12,6	2	32
	Потужність одиничного агрегату, МВт	1,0/1,5/2,0	1,5/0,3	0,5/0,5	0,095	0,8	6,3	1	16
	Напруга, В	13,8/0,38	13,8/0,38	6,0/0,38	13,8/0,38	6,0/0,38	13,8/0,38	6,0/0,38	6,0/0,38
	Інтенсивність відмови, 1/година	$2,1 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$1,98 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$1,9 \cdot 10^{-5}$
	Енерговитрати, МВт×	115	82,8	4	1,52	15,40	1386	48	3840
	Потужність МВт	2,0/2,0/1,0	1,5/0,3	0,5	0,095	0,8	6,3	2	16
	Напруга, В	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
	Інтенсивність відмови, 1/година	$2,1 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$3,2 \cdot 10^{-5}$	$3,4 \cdot 10^{-5}$	$3,0 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$2,1 \cdot 10^{-5}$
	Енерговитрати, МВт×	46	34,5	4	0,76	88	693	48	1920
	Потужність МВт	-	-	0,1	0,072	0,2	4,7	1,2	10
	Напруга, В	-	-	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
	Інтенсивність відмови, 1/година	-	-	$2 \cdot 10^{-6}$	$1,98 \cdot 10^{-6}$	$2,3 \cdot 10^{-6}$	$2,15 \cdot 10^{-6}$	$2,1 \cdot 10^{-5}$	$2,1 \cdot 10^{-5}$
	Енерговитрати, МВт×	-	-	0,8	0,58	22	517	28,8	1200
	Кількість, шт	12	1	1	1	4	2	1	1
	Сумарна потужність, мВт	0,258	0,172	0,040	0,035	0,286	0,43	0,3	2
	Потужність одиничного агрегату, МВт	0,040/0,003	0,172	0,040	0,035	0,140/0,03	0,2/0,23	0,3	2
	Напруга, В	0,38/0,22	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
	Інтенсивність відмови, 1/година	$5,2 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$0,7 \cdot 10^{-6}$	$0,4 \cdot 10^{-6}$	$5,2 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$
	Енерговитрати, МВт×	5,934	3,956	0,32	0,28	31,46	47,3	7,2	240
	Кількість, шт	4	1	2	1	-	-	1	1

	Потужність, МВт	0,06	0,172	0,02	0,035	-	-	0,3	2
	Напруга, В	0,38/0,22	0,38	0,38	0,38	-	-	0,38	0,38
	Інтенсивність відмови, 1/година	$2,1 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-6}$	$1,463 \cdot 10^{-6}$	-	-	$2 \cdot 10^{-6}$	$1,9 \cdot 10^{-6}$
	Енерговитрати, МВт×	1,38	3,956	0,16	0,28	-	-	7,2	240

## 9.2 Система зовнішнього освітлення НК

Система зовнішнього освітлення (СЗО) призначена для освітлення в темний час доби за будь-яких погодних умов об'єктів, розміщених на території НК і прилеглих до нього територій, під'їзних шляхів, складів, навантажувально-розвантажувальних терміналів.

Внутрішнє освітлення споруд і архітектурне освітлення НК в завдання СЗО не входить.

Виходячи з вимог, що пред'являються, СЗО НК включає:

- охоронне освітлення, яке встановлюється по периметру об'єкту або окремих об'єктів, що входять в нього, у тому числі КПП НК;
- освітлення проїздів, під'їзних доріг і пішохідних доріг;
- робоче освітлення зон поза спорудами: заправки ємностей з КРП, заправки балонів стислими газами, розвантаження/перевантаження технологічного устаткування, у тому числі РКП.

Мінімальна освітленість в горизонтальній площині робочого освітлення зон поза спорудами: заправки ємностей з КРП, заправки балонів стислими газами, розвантаження/перевантаження технологічного устаткування, у тому числі РКП повинна прийматися 50 лк.

У СЗО НК застосовуються як світильники, так і прожектори, що встановлюються на спеціальних щоглах.

Використовувані в освітлювальних установках НК устаткування і матеріали повинні відповідати вимогам стандартів, технічній напрузі мережі, умовам довкілля. Застосування в освітлювальних установках НК відкритих ламп не допускається.

Норми, що регламентують основні показники СЗО НК, повинні прийматися однаковими при будь-яких джерелах світла, які використовуються в освітлювальних установках, відповідати вимогам СНиП по проектуванню природного і штучного освітлення.

Оскільки рівень освітленості НК впливає на безпеку і продуктивність праці, освітленість території НК і окремих об'єктів повинна відповідати нормативам.

Для забезпечення вказаних вимог в установках СЗО НК слід застосовувати газорозрядні джерела світла - переважно лампи МГЛ, НЛВД.

Висота щогл і кількість на них освітлювальних приладів (світильники, прожектори) залежить від розміру освітлюваної території і повинна

забезпечувати освітленість території відповідно до прийнятих норм зовнішнього освітлення.

Для обмеження сліпучої дії установок зовнішнього освітлення місць виробництва робіт і територій СЗО НК висота установки світильників над рівнем землі має бути:

а) для світильників із захисним кутом менше  $15^\circ$  - не менше 7 м;

б) для світильників із захисним кутом  $15^\circ$  і більше - не менше 3,5 м при будь-яких джерелах світла.

Освітлення проїздів, під'їзних доріг в НК слід проектувати, виходячи з норм середньої горизонтальної освітленості поверхні 20 лк.

Охоронне освітлення (за відсутності спеціальних технічних засобів охорони) повинне передбачатися уздовж меж територій, що охороняються в нічний час. Освітленість має бути не менше 0,5 лк на рівні землі в горизонтальній площині або на рівні 0,5 м від землі на одній стороні вертикальної площини, перпендикулярної до лінії межі.

При використанні для охорони спеціальних технічних засобів освітленість слід приймати за завданням на проектування охоронного освітлення.

Для охоронного освітлення можуть використовуватися будь-які джерела світла, за винятком випадків, коли охоронне освітлення автоматично включається від дії охоронної сигналізації або інших технічних засобів. У таких випадках повинні застосовуватися лампи з мінімальним тимчасовим виходом на робочий режим.

Допускається не обмежувати висоту підвісу світильників із захисним кутом  $15^\circ$  і більше (чи з рассеивателями з молочного скла без відбивачів) на майданчиках для проходу людей або обслуговування технологічного (чи інженерного) устаткування, а також біля входу у будівлю.

Висота установки світильників розсіяного світла має бути не менше 3 м при світловому потоці джерела світла до 6000 лм і не менше 4 м при світловому потоці більше 6000 лм.

Управління СЗО НК - централізоване. Допускається використання місцевого (автоматичного або ручного управління) в якості додаткової міри для забезпечення найбільш оптимальних умов експлуатації комплексу. Кількість місцевих пультів управління при цьому має бути мінімальною.

При невеликій кількості прожекторів управління проводиться усіма прожекторами одночасно. При великій кількості прожекторів вони об'єднуються в групи по декілька прожекторів. Це дає можливість в аварійних ситуаціях використати групи справних прожекторів для проведення аварійних і ремонтних робіт. Крім того, коротке замикання в ланцюзі одного з прожекторів викличе відключення тільки однієї цієї групи прожекторів. Але для великої кількості освітлювальних приладів, найчастіше, передбачається схема, що дозволяє управляти окремими групами прожекторів. Окрім групових щитів на освітлювальних щоглах встановлюють зазвичай ввідний щит, оснащений рубильником або пускачем, включенням прожекторів, що

дозволяє організувати дистанційне керування, з центрального диспетчерського пульта.

Електроживлення складових частин СЗО НК здійснюється від відповідних складових частин СЕП НК.

На особливо важливих ділянках об'єктів НК (контрольно-перепускні пункти, режимні об'єкти, склади з матеріальними цінностями) передбачено аварійне освітлення від незалежних джерел живлення.

Аварійне освітлення відповідно до правил облаштування електроустановок розділяється на освітлення безпеки і евакуаційне.

Освітлення безпеки застосовується для продовження робіт при аварійному відключенні СЗО. Освітлення безпеки повинні забезпечувати створення мінімальної освітленості, що становить 5 % від нормованої освітленості.

Евакуаційне освітлення призначене для евакуації людей з приміщення при аварійному відключенні СЗО.

Зовнішнє освітлення повинне мати управління, незалежне від управління освітленням усередині будівель.

Пульт системи управління СЗО НК розміщується в приміщеннях контрольно-перепускного пункту НК.

Світильники або прожектори охоронного освітлення встановлюються уздовж меж об'єкту, що охороняється. Управління охоронним освітленням має бути централізованим - з пункту управління усім зовнішнім освітленням або з пункту управління З НК.

Остаточні норми зовнішнього освітлення повинні вибиратися виходячи з нормативних вимог країни дислокації НК.

### **9.3 Система водопостачання і каналізації**

Система водопостачання НК включає роздільні системи: систему господарсько-питного холодного і гарячого водопостачання, подаючу воду для побутових потреб обслуговуючого персоналу і для технічних цілей, і систему протипожежного водопроводу.

Визначення потрібної кількості води на побутові потреби персоналу проводиться, виходячи з прийнятої норми водоспоживання на одну людину 100 літрів в добу, однозмінної роботи персоналу і кількості персоналу на об'єктах НК, визначеного заздалегідь, з урахуванням досвіду експлуатації об'єктів аналогічного призначення, що мається.

Попередні середньодобові об'єми споживання води на господарчо-побутові і технічні потреби по основних об'єктах НК наступні:

- технічний комплекс РН - до (7 - 10) м<sup>3</sup>/доба (з розрахунку на 40 - 50 чоловік персоналу плюс (3 - 5) м<sup>3</sup>/доба на миття автотранспортних засобів і підживлення системи охолодження устаткування СВСГ);
- технічний комплекс КА і ГБ - до (4 - 6) м<sup>3</sup>/доба (30 - 40 чоловік, плюс витрата на технологічні потреби);
- стартовий комплекс - до (4 - 6) м<sup>3</sup>/доба (30 - 40 чоловік, плюс витрата на технологічні потреби);

- командний пункт - до (2 - 3) м<sup>3</sup>/доба (20 -30 чоловік).

Загальне середньодобове споживання води НК на господарчо-побутові і технічні потреби може скласти до (30 - 50) м<sup>3</sup>. Ці дані уточнюються на етапах проектування, після визначення штатного складу персоналу НК, змінності його роботи, чисельності адміністративного персоналу, технічного персоналу (охорона, обслуговування технічних систем, прибирання приміщень, обслуговування транспортних і вантажопідйомних засобів загального призначення), а також з урахуванням санітарно-гігієнічних вимог і норм території базування НК.

Пікові об'єми споживання води на технологічні потреби, які можуть мати місце на етапах підготовки і пуску РКП, ліквідації проток КРП і так далі, визначаються в процесі розробки РКД.

Усі об'єкти і спорудження НК оснащуються системою протипожежного водопроводу. Мережі протипожежного водопроводу виконуються кільцевими, із сталевих труб. Для гарантованого забезпечення водою системи пожежогасінні НК передбачається створення сховища з резервуарами, розрахованого на запас води не менше 400 м<sup>3</sup>.

Об'єм стоків, що скидаються в мережі побутової каналізації, може бути прийнятий рівним передбачуваній витраті води на господарчо-побутові і технічні потреби. Вода, використувувана на технічні цілі (у системах термостатування, охолодження агрегатів, для миття транспортних засобів), перед скиданням в систему каналізації території базування комплексу піддається очищенню за параметрами і до рівнів, що регламентується діючими нормами території базування НК.

Для змиву компонентів ракетного палива у разі їх протоки, на усіх об'єктах НК і в приміщеннях, де виконується робота з КРП, передбачаються точки відбору води. Збір проток КРП після змиву водою проводиться в систему збору і нейтралізації пари КРП і промстоков, що виключає їх попадання в системи побутової і зливової каналізації.

#### **9.4 Транспортні комунікації**

Усі об'єкти і спорудження НК [11] з'єднуються між собою, а також з об'єктами зовнішньої інфраструктури транспортними комунікаціями, якими виступають автомобільні дороги з твердим покриттям.

Автомобільні дороги НК (міжмайданчикові і внутрішньомайданчикові) призначені для переміщення:

- технологічного транспорту НК (агрегатів транспортування складових частин РКП);
- сторонніх (орендованих) транспортних засобів, що доставляють :
- в період будівництва НК - будівельні конструкції, технологічне устаткування, матеріали і так далі;
- в процесі експлуатації НК - контейнери транспортувань із складовими частинами РКП, контейнери-цистерни з компонентами ракетного палива, зріджені гази, паливно-мастильні і інші матеріали, необхідні для функціонування комплексу;

- автотранспорту, що доставляє персонал до об'єктів НК, адміністративного автотранспорту;
- спеціалізованого стороннього автотранспорту (пожежна машина, машина швидкої медичної допомоги).

Проектування полотна доріг, розв'язок, поворотів, майданчиків для розвороту, ухилів і підйомів ведеться з урахуванням навантажень від транспортних засобів, їх габаритів, радіусів розворотів, допустимих ухилів доріг і так далі

Розрахункова швидкість руху великовантажних транспортних засобів по автомобільних дорогах КРК для рівнинної місцевості і на прямих ділянках - 60 км/год; для пересіченої місцевості - 40 км/год; для гірської - 30 км/год. Максимальна розрахункова швидкість руху на кривих ділянках - 10 км /ч.

Радіуси кривих в плані на міжоб'єктових автомобільних дорогах приймаються не менше 40 м. На складних ділянках доріг допускаються наступні мінімальні радіуси кривих : 60 м - для агрегатів з базою 12 м; 100 м - для агрегатів з базою більше 12 м.

Мінімальні радіуси кривих в плані для внутрішньооб'єктових автодоріг визначаються залежно від характеристик використовуваних рухливих агрегатів (30 - 50 м), але не має бути менше 15 м.

Внутрішньооб'єктові автомобільні дороги проектується з шириною проїжджої частини 6 - 7 м, найбільшим ухилом 7 - 9%, трасування доріг на позиціях КРК обумовлюється розташуванням, характером технологічного процесу, рельєфом ділянки.

## **9.5 Система виявлення і гасіння пожежі НК**

Схемно-технічні рішення, тип і характеристики вживаних методів і засобів пожежогасінні розробляються з урахуванням будівельних особливостей будівель, що захищаються, і приміщень, наявності або відсутності в них персоналу, характеру робіт, що проводяться.

Тип засобів пожежогасінні, їх конструктивні особливості і огнетушачі речовини вибираються з урахуванням пожежної небезпеки і фізико-хімічних властивостей вживаних речовин і матеріалів, що зберігаються.

Приміщення, САВГП, що захищаються, оснащені покажчиками про наявність в них САВГП. У входів в приміщення, що захищаються, передбачається сигналізація відповідно до існуючих стандартів.

У системах воздухопроводов загальнообмінної вентиляції, повітряного опалювання і кондиціонування повітря приміщень, що захищаються, передбачаються повітряні затвори або протипожежні клапани.

На випадок пожежі передбачається (до включення САВГП) автоматичне відключення систем вентиляції, повітряного опалювання і кондиціонування приміщень, що захищаються, а також закриття повітряних затворів або протипожежних клапанів. При цьому час їх повного закриття не повинен перевищувати 30 с.

САВГП забезпечує затримку видачі огнетушачого речовини в приміщення, що захищається, на якийсь час, необхідне для евакуації людей



після подання звукового і світлового сигналів сповіщення про видачу ОТР, а також повної зупинки вентиляційного устаткування, але не менше 30 с. Час, необхідний для евакуації людей з приміщення, що захищається, визначається відповідно до існуючих стандартів.

Система виявлення і гасіння пожежі призначена для забезпечення пожежної безпеки НК, а саме:

- своєчасного виявлення вогнища займання;
- усунення займання.

До складу системи виявлення і гасіння пожежі НК входять:

- система автоматичного виявлення пожежі (САВП);
- система автоматичного виявлення і гасіння пожежі (САВГП).

САВП обладналися приміщення ТК РН, ТК КА і ГБ, СН, КП, адміністративні будівлі.

До складу САВП входять:

- пожежні сповіщувачі;
- пожежні приймально-контрольні прилади і облаштування управління;
- сполучні лінії (дроти, кабелі).

САВГП може бути як з власним ОТВ, так і з поданням ОТВ від зовнішнього джерела.

Так, наприклад, САВГП СК з власним запасом ОТВ складається з наступних складових частин:

- насосній станції;
- сховищ для води;
- трубопроводів з арматурою;
- комбінованих лафетних стволів;
- електроустаткування.

До складу насосної станції входять:

насосні установки;

- напірний, всмоктуючий і байпасний колектори з арматурою;
- засоби контролю тиску в напірних колекторах;
- змішувач для отримання розчину піноутворювача;
- місткості для піноутворювача.

До складу сховищ для води входять:

- резервуари для води;
- всмоктуючий трубопровід з арматурою;
- засоби сигналізації рівня води в резервуарах.

До складу трубопроводів входять трубопроводи з арматурою для подання води або розчину піноутворювача до комбінованих лафетних стволів.

До складу комбінованих лафетних стволів входять:

- чотири лафетні стволи для подання води або піни;
- гідравлічні приводи лафетних стволів;
- засоби управління лафетними стволами;
- засоби контролю положення лафетних стволів.
- До складу електроустаткування входять:
- пульт управління гасінням пожежі;

- пульт сигналізації і управління;
- засоби сигналізації і контролю роботи системи;
- місцевий пульт управління лафетними стволами;
- комплект кабелів.

Сховища для води розташовуються у безпосередній близькості від споруди насосної станції СК.

Табельними засобами пожежогасінні (вогнєгасники, багри, пісок і так далі) обладналися усі приміщення споруд, незалежно від наявності в них САВП і САВГП.

## **9.6 Засоби збору відходів**

На території НК забезпечується збір і безпечно зберігання твердих і рідких відходів, що утворюються в процесі експлуатації НК (відпрацьовані олії, мастила, технологічні рідини, фільтроелементи, пакувальні, обтиральні матеріали і так далі).

Кількість відходів, що утворюються, істотно залежить від етапу експлуатації НК.

За попередньою оцінкою середня кількість відходів НК в місяць може скласти: побутових відходів до 30 м<sup>3</sup>, твердих промислових відходів до (1 - 2) т, технічних рідин (антифризи, олії, розчинники, миючі засоби і так далі) до (100 - 200) л. Збір цих матеріалів проводиться в спеціальній тарі.

Для тимчасового зберігання твердих і рідких відходів на об'єктах НК обладналися відповідно до діючих норм ділянки території (приміщення). Збір відходів проводиться в спеціальних контейнерах (місткостях), які забезпечують безпечно зберігання відходів і дозволяють проводити навантажувально-розвантажувальні і транспортні роботи з виключенням попадання відходів в довкілля.

Вивезення і, при необхідності, утилізація (поховання) твердих і рідких відходів здійснюються відповідними спеціалізованими службами території базування НК.

## **9.7 Система охорони НК**

Система охорони об'єктів Наземного комплексу (НК) призначена для виявлення порушників при спробі їх проникнення на території, що охороняються, і в спорудження НК у будь-яку пору року і доби, а також для оперативного сповіщення персоналу охорони про досконале порушення.

Система охорони є складовою частиною об'єктів НК.

Охорона об'єктів НК забезпечується створенням периметрової зони охорони усього комплексу, а також створенням системи контролю доступу в спорудження НК, що охороняються.

Засоби охорони периметрової зони НК включають:

- пасивні засоби, що включають попереджувальні написи, залізобетонні, цегляні, блокові, комбіновані обгороджування (огорожі) або обгороджування з металевої сітки;

- активні (технічні) засоби охорона (вібраційно-чутливі сенсори, радіопроменеві, оптичні та ін.), що забезпечує виявлення, локалізацію місця порушення, видачу сигналу тривоги в пункт управління системою охорони об'єктів НК і розташовані або безпосередньо на конструкції обгороджувачів (огорож), або паралельно обгороджуванням (огорожам) навколо зон, що охороняються.

Пасивні засоби охорони забезпечують протидію фізичному проникненню порушників і тварин на територію, що охороняється.

Активні (технічні) засоби охорони периметрової зони забезпечують:

- попередження сторонніх осіб видачою попереджувального звукового сигналу про заборону проходу на територію об'єкту;
- виявлення порушників при спробі проникнення їх на територію об'єкту з видачою сигналу про місце порушення в пункт управління системою охорони НК, розташований в ККП при в'їзді на територію НК;
- санкціонований допуск персоналу і транспорту на територію об'єктів НК з використанням технічних засобів доступу;
- запобігання проникненню на територію НК сторонніх осіб і тварин.

Усі об'єкти НК, що розміщуються усередині периметрової зони і вимагає обмеження доступу в них, обладнані технічними засобами доступу, сигналізації і сповіщення. Ці засоби забезпечують:

- реєстрацію місць порушень з видачою сигналу про місце порушення в пункт управління системою охорони НК;
- видачу попереджувального звукового сигналу;
- санкціонований допуск персоналу і транспорту у будівлі і споруди з використанням технічних засобів доступу.

Попередня структурна схема системи охорони об'єкту НК представлена на малюнку 9.7.1.



Малюнок 9.7.1 - Попередня структурна схема системи охорони об'єктів НК

До складу системи охорона входить:

- інженерні загородження;
- технічні засоби виявлення;
- телевізійні засоби спостереження
- технічні засоби сигналізації і сповіщення;
- пункт управління системою охорони.

Інженерні загородження діляться на зовнішні і внутрішні.

Зовнішні загородження є залізобетонними, цегляними, блоковими огорожами, або загородженнями з колючого дроту або металевої сітки, встановлювані по зовнішньому периметру кожного об'єкту. Для попередження сторонніх осіб, що випадково виявилися поблизу об'єкту, що охоронявся, про заборону проходу в зону, що охороняється, зовнішнє обгороджування забезпечене попереджувальними плакатами і транспарантами.

Внутрішнє обгороджування призначене для запобігання випадковому проходу персоналу в периметрову зону виявлення зсередини території об'єкту. Воно виготовляється у вигляді огорожі з колючого дроту або металевої сітки і встановлюється по внутрішньому периметру кожного об'єкту.

Технічні засоби виявлення призначені для виявлення порушників при спробі їх проникнення на територію об'єкту, що охороняється, через

периметрову зону і розміщуються між зовнішнім і внутрішнім обгороджуваннями.

Найбільш перспективними є технічні засоби виявлення, принцип дії яких заснований на реєстрації викликаних порушником перерозподілів електромагнітного поля або змін параметрів інфрачервоного випромінювання.

Телевізійні засоби спостереження призначені для візуального виявлення порушника в периметровій зоні і спостереження за його діями.

До складу телевізійних засобів спостереження, що розміщуються на території об'єкту, що охороняється, входять телевізійні камери денного і нічного бачення з поворотними пристроями.

Включення цих засобів і вихід на робочий режим здійснюється автоматично при отриманні сигналу про спрацьовування технічного засобу виявлення з однієї з ділянок периметрової зони виявлення, а також від технічних засобів, встановлених на в'їзних воротах на територію об'єкту, що охороняється.

Технічні засоби сигналізації і сповіщення призначені для реєстрації порушень з локалізацією місць порушень, видачі попереджувальних сигналів про порушення, санкціонованого допуску в зону, що охороняється, будівлі, що охороняються, і спорудження об'єкту з використанням технічних засобів доступу.

Управління системою охорони об'єктів НК здійснюється з пункту управління, розташованого в караульному приміщенні при в'їзді на територію НК. Пункт управління забезпечує управління усіма технічними засобами системи охорони, реєстрацію порушень з візуалізацією конкретного місця порушення, запис і зберігання інформації, а також оперативний обмін інформацією із службою безпеки об'єкту.

Електроживлення апаратури системи охорони об'єктів НК і пункту управління системи охорони здійснюється від відповідних складових частин СЕП НК.

На подальших етапах розробки комплексу мають пропрацювати питання охорони території НК з боку закритої морської гавані.

Вигляд системи охорони, її структура побудови, апаратурний склад, технічні характеристики можуть уточнюватися на подальших етапах проектування після узгодження конкретних вимог, що пред'являються до неї.

## **9.8 Система телекомунікаційного забезпечення**

Система телекомунікаційного забезпечення (СТО) КРК забезпечує надання персоналу пускових місій телекомунікаційних послуг в необхідному об'ємі (телефонний і факсимільний зв'язок, передача даних, в т.ч. телеметричної інформації, технологічний і гучномовний зв'язок, СІВБА та ін.) при підготовці і запуску РКП, як на території космодрому, так і з абонентами за його межами.

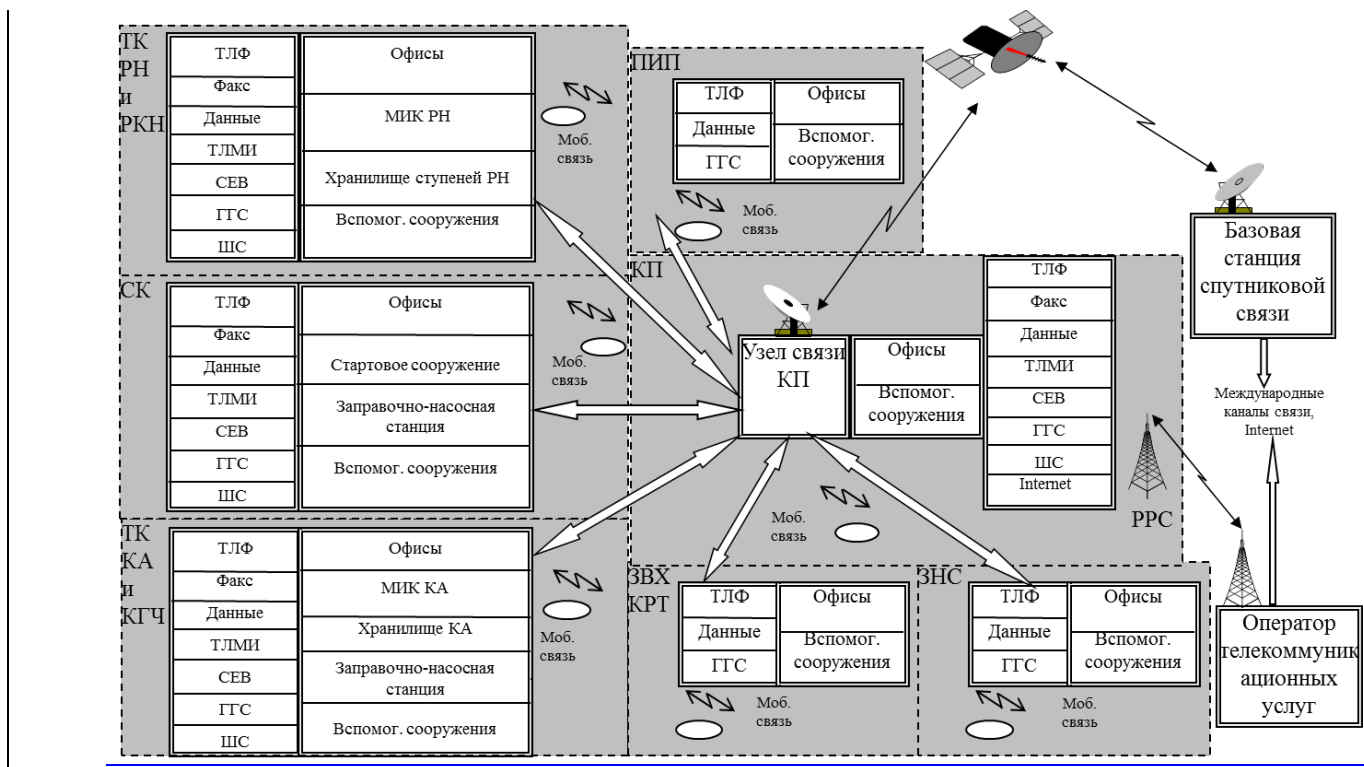
СТО створюється як єдина розподілена інформаційна мережа, реалізована з урахуванням принципів ISDN, утворена за допомогою мережі кабельних (дротяних, волоконно-оптичних), радіо і радіорелейних каналів зв'язку, що

охоплюють усі робочі місця в приміщеннях і спорудженнях НК, використовуваних при роботах по зборці, підготовці до пуску РКП.

Для організації і оперативного доведення до споживачів телерепортажу про основні моменти підготовки і пуску РКП задіюється репортажно-студійний комплекс, оснащений сучасним телевізійним, монтажним і каналоформируючим устаткуванням.

З метою мінімізації витрат створювані СТО ПК максимально інтегруються в існуючу систему зв'язку космодрому.

Типова схема організації телекомунікаційного забезпечення приведена на малюнку 9.8.1.



Малюнок 9.8.1 - Типова схема організації телекомунікаційного забезпечення

## 10 ОБ'ЄКТІВ І СИСТЕМИ ІНФРАСТРУКТУРИ КОСМОДРОМУ

### 10.1 Центр управління польотами

Центр управління польотами в інтересах КРК забезпечує супровід, підготовку і проведення пусків в частині забезпечення польотної безпеки, готовності телеметричних засобів, розміщення VIP -персон, візуалізація передполітної підготовки і польоту ракет носіїв, а також забезпечення необхідного зв'язку між ЦУПом і командними пунктами КРК.

Структурно ЦУП включає наступні приміщення:

Центральний зал ЦУП;

1. Зал для проведення нарад (прес-центр) при підготовці пуску;
2. Апаратну засобів візуалізації;
3. Апаратну для розміщення телекомунікаційного устаткування;
4. Кімнати для розміщення засобів споживачів пускових послуг;
5. Кімнати служби безпеки космодрому.

*Центральний зал ЦУП*

Центральний зал ЦУП обладнаний робітниками місцями, що забезпечують при попередньої підготовки і запуску КА функціонування наступного персоналу пускової місії :

- директори місії;
- заступника директора місії;
- керівника групи підтримки операцій;
- керівника пускової компанії;
- керівника місії КА;
- директори по дню пуску;
- керівника по інтеграції блоку корисного вантажу;
- головного інженера;
- координатора по безпеці;
- координатора району пуску;
- фахівця із засобів зв'язку;
- представника держнагляду держави, що забезпечує запуск РКП;
- представника держнагляду держави постачальника КА;
- представника держнагляду держави-замовника пуску;
- перекладача;
- координатора зв'язку з громадськістю.

Окрім цього, в центральному залі ЦУП передбачають резервні місця, що розподіляються на розсуд директора місії.

В цілому, загальна кількість робочих місць в центральному залі ЦУП може досягати близько 30.

Центральний зал обладнаний засобами візуалізації і забезпечується каналами:

- місцевому і міжнародному телефонному і факсимільному зв'язку;
- внутрішньому технологічному зв'язку;
- гучномовному зв'язку сповіщення;

- конференцзв'язки;
- доступу до локальної комп'ютерної мережі;
- доступу в мережу Internet.

Окрім центрального залу в ЦУПі передбачені кімнати для розміщення керівного складу пускової місії і представників Замовника пуску, що безпосередньо не беруть участь в пускових операціях.

## **10.2 Комплект засобів вимірів, збору і обробки інформації**

Комплект засобів вимірів, збору і обробки інформації (КСИСО) призначений для інформаційного забезпечення пуску РКП (з урахуванням інформації про корисне навантаження, що виводиться).

КСИСО складається з:

- засобів прийому телеметричної інформації космодрому (вимірювальний комплекс космодрому - ИКК), що притягаються;
- вимірювальних засобів інформаційної інфраструктури космічних агентств іноземних держав або виносних вимірювальних пунктів;
- програмно-апаратного комплексу обробки вимірювальної інформації, розміщеного на території розробника РКП і його елементів на території космодрому;
- засобів збору і передачі інформації із складу каналів зв'язку СТО КРК;
- засобів СІВБА космодрому (КРК).

Склад наземних вимірювальних засобів, що притягаються для інформаційного забезпечення конкретного запуску і програма їх задіявання, визначається і узгоджується на етапі ув'язки КА з РН. Репортажна інформація з тросових станцій прийому інформації і виносних вимірювальних пунктів передається в центр збору і обробки в масштабі реального часу.

## **10.3 Морський порт**

### *10.3.1 Вимоги до морського порту*

Морський порт повинен мати інфраструктуру що забезпечує прийом судів типу Ро-ро, вивантаження, зберігання і охорону вантажів, що прибувають.

До складу інфраструктури морського порту повинні входити:

- глибоководний канал і акваторія для маневрування судів;
- причал для прийому морського судна;
- господарство крану;
- майданчики перевантаження;
- споруда для зберігання технологічного устаткування;
- електропостачання;
- зв'язок.

Глибина води в акваторії порту і уздовж причалу має бути не менше 8 м (з урахуванням відливу).

Причал повинен мати горизонтальний майданчик, що має тверде покриття, для перевантаження і тимчасового зберігання РКП, контейнерів із



ЗІП і технологічного устаткування. Вказаний майданчик повинен мати кран, що має швидкості для підйому (опускання вантажу не більше 1 м/мін).

У комплектації причалу має бути устаткування для робіт з вантажами (автонавантажувачами, автомобільні тягачі).

Причал повинен мати системи охорони, освітлення, охоронної сигналізації.

Технічні можливості причалу (лоцманські вимоги) :

- провідка лінійними лоцманами;
- наявність двох буксирів;
- наявність засобів зв'язку "судно-берег-судно".

## **10.4 Аеропорт**

### *Вимоги до аеропорту*

Аеропорт космодрому повинен мати інфраструктуру, що забезпечує прийом літака типу Ан-124-100 "Руслан", вивантаження, зберігання і охорону вантажів, що прибувають.

До складу інфраструктури аеропорту повинні входити:

- злітно-посадочна смуга (ЗПС) завдовжки 3000 м і шириною 45 м з відповідним авіаційним устаткуванням, що забезпечує проведення зльоту-посадки літака;
- господарство крану;
- майданчики перевантаження;
- споруда для зберігання технологічного устаткування;
- електропостачання;
- зв'язок.

## **10.5 Транспортні комунікації**

Транспортні комунікації космодрому складаються із зовнішніх і внутрішніх комунікацій [11].

Зовнішні транспортні комунікації призначаються для зв'язку космодрому з підприємствами-виготівниками, арсеналами, базами постачання і іншими постачальниками космічних і матеріальних засобів. Зовнішні комунікації є залізними, автомобільними дорогами, повітряними і водними шляхами загальної транспортної мережі.

Внутрішні транспортні комунікації космодрому складаються з міжоб'єктових і внутрішньооб'єктових доріг.

До міжоб'єктових транспортних комунікацій відносяться і автомобільні залізниці зв'язуючі об'єкти космодрому.

Внутрішньооб'єктові і автомобільні залізниці створюються на території окремих об'єктів і забезпечують технологічні зв'язки між окремими спорудами або групами споруд.

Міжоб'єктові автомобільні дороги космодрому, примикання, що зв'язують станцію, містечко, аеропорт позиції стартових і технічних комплексів, створюють зазвичай з бетонним або асфальтобетонним покриттям радіуси кривих в плані на міжоб'єктових автомобільних зазвичай приймаються не

менше 40 м. на складних ділянках доріг допускаються наступні мінімальні радіуси кривих : 60 м - для агрегатів з базою до 12 м; 100 м - для агрегатів з базою більше 12 м.

Розрахункова швидкість руху великовантажних транспортних засобів по міжоб'єктових автомобільних дорогах для рівнинної місцевості і на прямих ділянках - 60 км/год; для пересіченої місцевості - 40 км/год; для гірської місцевості - 30 км/год. Максимальна розрахункова швидкість руху агрегатів на кривих ділянках - 10 км/год.

Ширина проїжджої частини міжоб'єктових автомобільних доріг забезпечує двосторонній рух автомобілів і рухливих агрегатів на автомобільних шасі при ширині машин і агрегатів до 2,5 м.

Проїзди для пожежних машин є спланованими ділянками шириною не менше 6 м. Вони забезпечують під'їзд до будівлі з двох сторін, при цьому, видалення будівлі від дороги має бути не більше 25 м.

Внутрішньооб'єктові автомобільні дороги зазвичай проектуються з двосхилим поперечним профілем, який утворюється проїжджою частиною і узбіччями. Залізничні колії, призначені для перевезення піротехнічних засобів, вибухових речовин, компонентів ракетних палив віддаляються на відстань не менше 50 м від будівель і споруд. Мінімальні відстані від зовнішньої межі стіни споруди до осі залізничної колії, призначеної для перевезення невибухонебезпечних вантажів, за відсутності виходів із споруди складають 3,1 м, з виходом із споруди - 6 м.

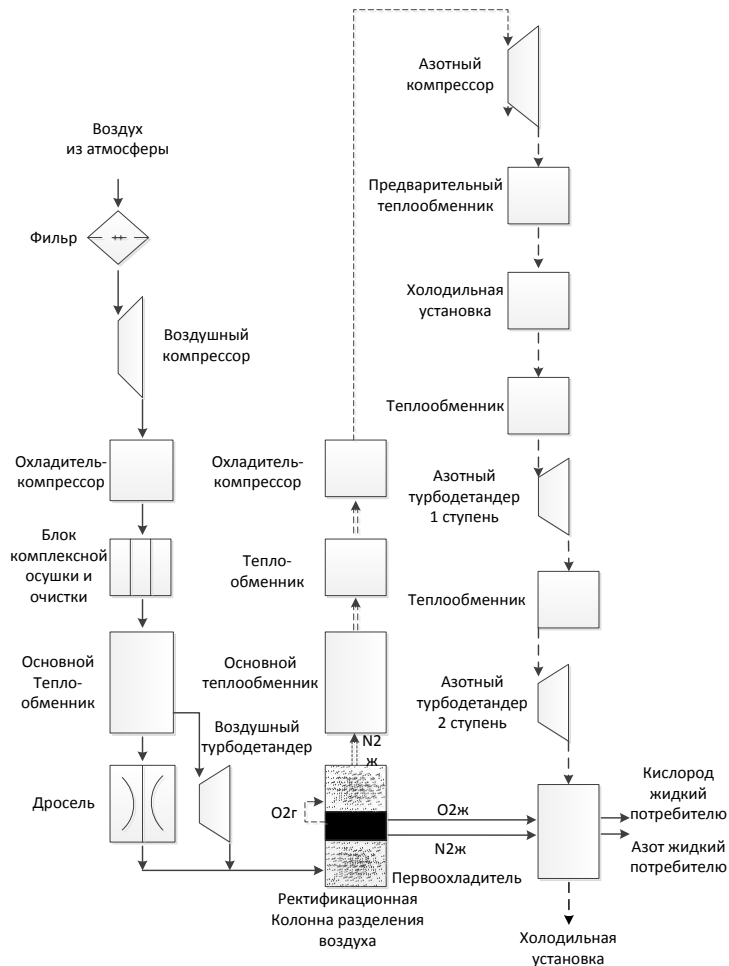
### **10.6 Киснево-азотний завод**

Киснево-азотний завод (КАЗ) призначений для виробництва і зберігання криогенних продуктів - кисню, азоту, водню і аргону.

Рідкий кисень в якості окисника є компонентом ракетного палива для РКП таких як "Союз", "Зеніт". Як компонент ракетного палива рідкий кисень застосовується з рідким воднем (центральний блок РКП "Енергія").

Зберігання і доставка споживачам криогенних продуктів здійснюється в Дьюара або цистернах (танках) з вакуумною ізоляцією. Ці продукти не допускають тривалого зберігання (без вжиття спеціальних заходів) із-за втрат на випар, особливо в умовах космічного простору у зв'язку з обмеженням маси теплоізолюючих пристроїв.

Основним технологічним об'єктом КАЗ є цех розділення повітря, в якому розміщується устаткування (турбодетандери, ректифікація колону), необхідне для розділення повітря на рідкий кисень і азот. Процес отримання рідкого кисню і азоту виглядає таким чином (малюнок 10.6.1) :



Малюнок 10.6.1 - Схема технологічного процесу отримання рідкого кисню і азоту

### 10.7 Зона зберігання компонентів палива

Зона зберігання КРП призначена для прийому, тимчасового зберігання контейнерів-цистерн (КЦ) з компонентами ракетного палива (КРТ) і порожніх, обслуговування КЦ в процесі зберігання і відвантаження КЦ для відправки на СК з урахуванням забезпечення необхідних вимог екологічної безпеки, що пред'являються при роботах з компонентами ракетного палива. В якості КРП, що доставляються на ЗЗ за допомогою КЦ, використовуються:

- окисник - тетраоксид діазота (АТ);
- пальне - несиметричний диметилгідразін (НДМГ).

Зона зберігання КРП є об'єктом підвищеної небезпеки, до складу якого входять споруди, технічні системи, технологічне устаткування. Зона зберігання КРП є земельною ділянкою площею ~3 га, на якому розташовані бетоновані майданчики для зберігання контейнерів-цистерн окисника і пального, укриття для контейнерів цистерн, що оберігають їх від дії сонячних променів і атмосферних опадів, дороги, обгороджування, пропускні пункти, інші елементи інфраструктури.

Склад ЗЗ:

- укриття КЦ пального;
- укриття КЦ окисника;
- інфраструктура;

- будівля чергової зміни;
- пожежна водойма з водою і насосною станцією;
- приміщення прийому промстоків окисника;
- приміщення прийому промстоків пального;
- технологічне устаткування ЗХ.
- У складі ЗЗ використовуються технічні системи:
- водопостачання;
- каналізації;
- електропостачання;
- пожежогасіння;
- відеоспостереження;
- охоронній сигналізації.

Технологічне устаткування зони зберігання складається з двох незалежних комплектів устаткування, подібних по своєму призначенню і конструкції :

- технологічне устаткування зони зберігання окисника (ТЕ ЗЗ "О");
- технологічне устаткування зони зберігання пального (ТЕ ЗЗ "Г").

До складу ТЕ ЗЗ "О" (ТЕ ЗЗ "Г") входить:

- засоби відведення пари КРП від КЦ при спрацьовуванні запобіжного клапана КЦ;
- засоби збору промстоків КРП ;
- засоби газопостачання;
- засоби змиву проток КРП ;
- вантажопідйомне устаткування;
- комплект ЗИП;
- комплект монтажний;
- комплект устаткування для огляду резервуарів, працюючих під тиском.
- Загальний вигляд ЗЗ показаний на малюнку 10.8.1.

На малюнку 10.8.1 окрім об'єктів ЗЗ показані будівля фізико-хімічної лабораторії і спорудження зберігання і підготовки засобів індивідуального захисту.

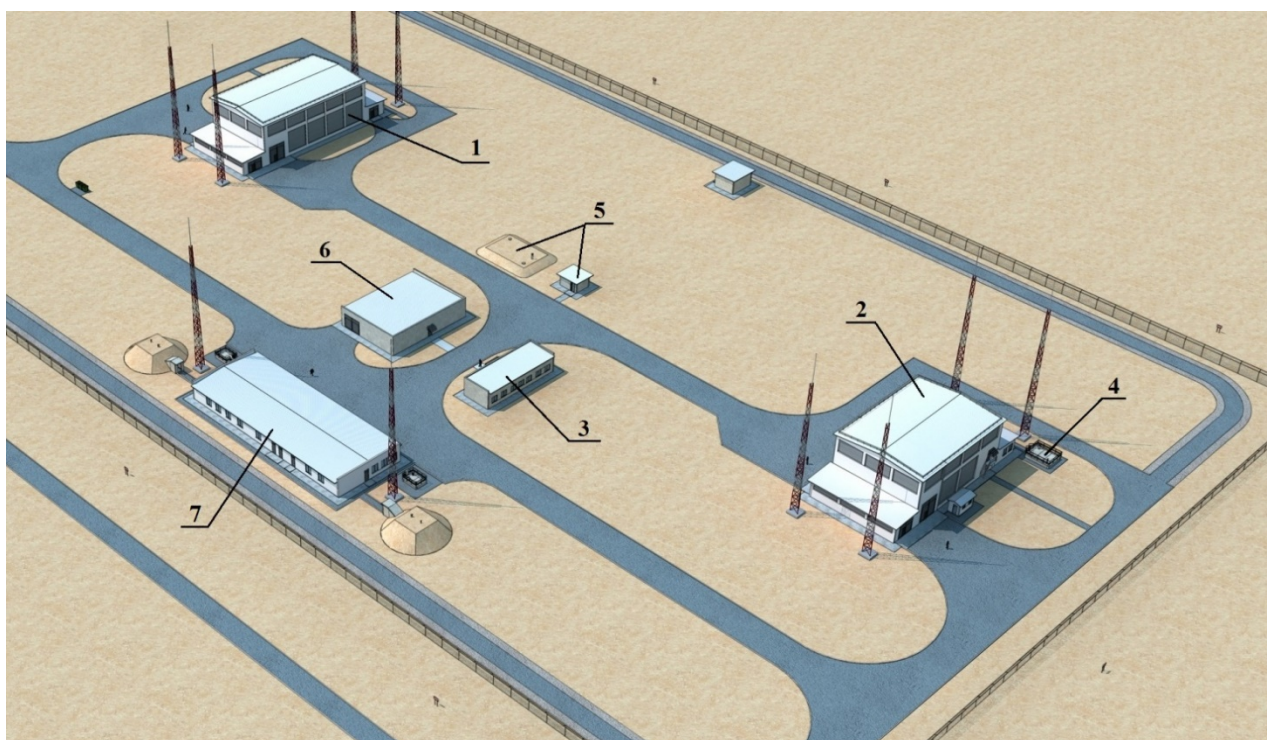
Технологічне устаткування зони зберігання КРП призначене для виконання наступних операцій :

- відведення парогазової суміші, у разі спрацьовування запобіжного клапана КЦ, від кожної з КЦ, що зберігаються, в атмосферу без забруднення довкілля;
- змив можливих проток КРП технічною водою, що подається від системи пожежогасінні;
- відведення промстоків, утворюваних змивом проток КРП , від місць зберігання КЦ, збір, зберігання і видачу промстоків в агрегат прийому, транспортування і видачі промстоків;
- зберігання і видачу стислого газу для перевірки герметичності роз'ємних з'єднань засобів відведення пари і засобів збору промстоків, продування комунікацій і витискування промстоків із засобів збору промстоків в транспортний засіб;

- вантаження (вивантаження) рамп газових балонів при транспортуванні їх на зарядку і вантаження (вивантаження) КЦ.

Комплекс будівельних споруд з технічними системами зони зберігання КРП призначений для:

- тимчасового зберігання КЦ з компонентами палива і порожніх;
- забезпечення спільного зберігання КЦ окисника і пального;
- забезпечення обслуговування КЦ в процесі зберігання;
- забезпечення технічної і екологічної безпеки при зберіганні і обслуговуванні КЦ;
- відвантаження КЦ з КРП для їх транспортування на СК для зливу КРП в ємності системи заправки;
- зберігання і обслуговування агрегату прийому, транспортування і видачі промстоків.



- 1 - укриття КЦ окисника; 2 - укриття КЦ пального; 3 - чергове приміщення;  
4 - приміщення місткості збору промстоків; 5 - насосна станція з пожежною водоймою; 6 - спорудження засобів індивідуального захисту;  
7 - фізико-хімічна лабораторія

Малюнок 10.8.1 - Загальний вигляд зони зберігання КРП

Для реалізації поставлених завдань проектом ЗЗ передбачаються:

- наявність устаткування крану, здатного перевантажити КЦ масою ~36 т;
- наявність майданчиків для розміщення КЦ окисника і пального із забезпеченням безпечної відстані між майданчиками;
- захист КЦ від дії на них при зберіганні сонячної радіації і атмосферних опадів;
- відведення від КЦ і нейтралізація пари КРП у разі спрацювання запобіжного клапана КЦ;

- змив проток КРП, відведення, збір і видалення промстокої КРП;
- відбір проб КРП з КЦ.

Укриття є спорудою, що включає майданчик, покритий кислотостійким бетоном, і будівля, розміщена на майданчику. Загальний вигляд укриття показаний на малюнку 10.8.2.

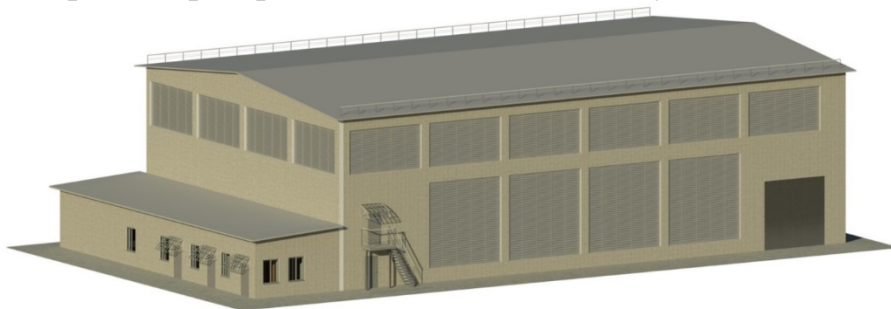
Будівля укриття включає приміщення:

- приміщення для зберігання КЦ;
- балонна;
- електрощитова;
- приміщення сантехнічного призначення;
- аварійні душові;
- приміщення для зберігання і обслуговування агрегату транспортування і видачі промстоків КРП.

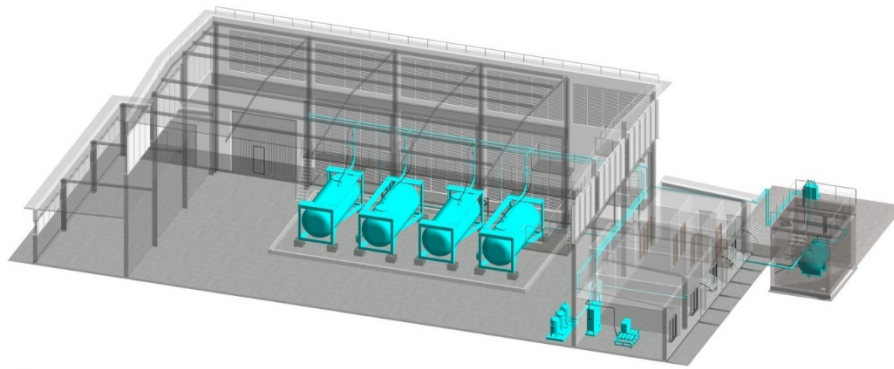
Бічні стіни будівлі укриття мають отвори, жалюзі, що закриваються, що забезпечують природну вентиляцію будівлі і природне освітлення в денний час. При необхідності отвори в стінах можуть оскритися. У будівлі також передбачені електричні світильники у вибухобезпечному виконанні. У будівлі встановлений мостовий кран вантажопідйомністю 40 т з можливістю переміщення вантажу в подовжньому і поперечному напрямках. За допомогою крану проводиться перевантаження КЦ з платформи автомобіля на бетонний майданчик усередині укриття. Контейнери-цистерни встановлюються упоперек майданчика. На відстані 2,0-2,5 м один від одного і на відстані 0,5 м від бордюру майданчика. Поміст зі сходами розміщений уздовж стіни будівлі укриття, біля якої встановлені контейнери цистерни. До помосту кріпляться відкидні перехідні майданчики для переходу на майданчики КЦ. Уздовж стінки будівлі прокладаються трубопроводи подання води і трубопроводи системи газопостачання. Вода використовується для змиву проток КРП, які можуть виникнути при відборі проб КРП з КЦ і при аварійній ситуації з КЦ. У підлозі бетонного майданчика виконані приймальні трапи, повідомлені самопливними трубопроводами з місткістю збору промстоків, розташованою поза укриттям. Трапи розміщуються між двома сусідніми КЦ.

Укриття КЦ пального виконане аналогічно укриття КЦ окисника. Розміри укриття залежать від кількості КЦ, що зберігаються.

Розміщення технологічного устаткування в укритті зображене на малюнку 10.8.3. Приклад компоновки технологічного устаткування для 4-х контейнер-цистерн представлений на малюнку 10.8.4.

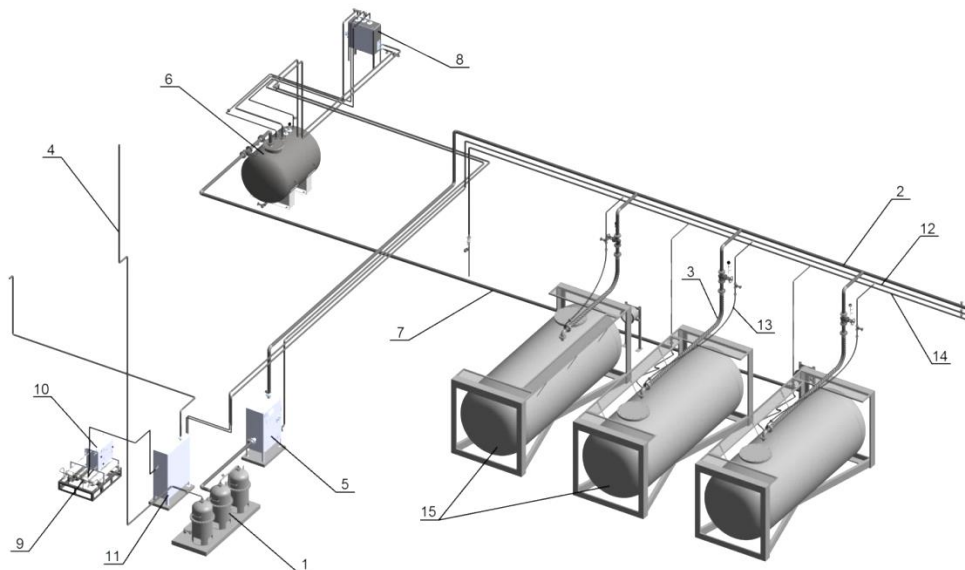


Малюнок 10.8.2 - Загальний вигляд укриття



■ – Технологическое оборудование окислителя

Малюнок 10.8.3 - Розміщення технологічного устаткування в укритті



- 1 - Блок фільтрів-поглиначів пари КРП; 2 - колектор відведення пари; 3 - рукави відведення пари; 4 - дренажний стояк; 5 - дренажна колонка; 6 - резервуар збору промстоків; 7 - колектор відведення промстоків; 8 - колонка видачі промстоків; 9 - пересувна рампа газових балонів; 10 - пневмощит зарядний; 11 - пневмощит що видає; 12 - колектор наддування і продування; 13 - рукави наддування і продування; 14 - колектор води технічної; 15 - контейнери-цистерни пального

Малюнок 10.8.4 - Компонування технологічного устаткування

Контейнери-цистерни (контейнери) є покупним устаткуванням, призначені для перевезення КРП і забезпечують повне збереження вантажу при доставці і зберіганні. Використовуються контейнери-цистерни двох моделей :

- для окисника - тетраоксид діазота (АТ);
- для пального - несиметричний диметилгідразин (НДМГ).

По своїх конструктивних особливостях КЦ окисника і пального аналогічні (за винятком системи термостатування і наявності теплоізоляції, якими обладнана КЦ окисника).

Контейнер є транспортним засобом багатократного застосування, що має розміри і конструктивні елементи, встановлені міжнародними стандартами, і призначений для перевезення і тимчасового зберігання рідких вантажів. Стандартизовані габарити і конструкція забезпечують зручність

механізованого перевантаження контейнера на транспортний засіб і закріплення на нім типовими засобами. Загальний вигляд КЦ окисника представлений на малюнку 10.8.5. Загальний вигляд КЦ пального представлений на малюнку 10.8.6.

Засоби відведення пари призначені для відведення і утилізації пари КРП при спрацьовуванні запобіжного клапана КЦ.

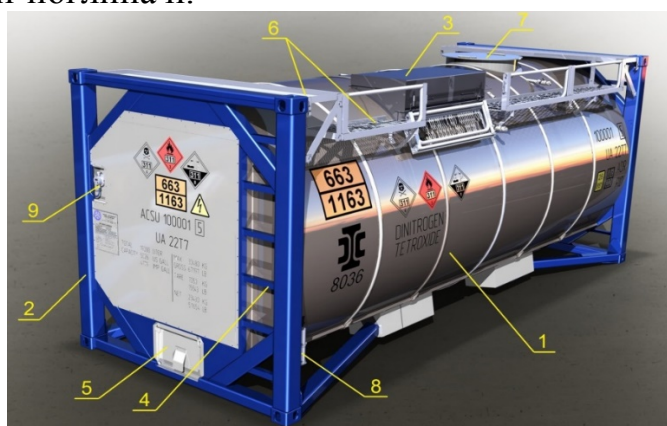
У конструкції КЦ передбачена наявність запобіжного клапана, що забезпечує дренажування надмірного тиску з КЦ для запобігання руйнуванню КЦ. Оскільки компоненти ракетного палива є екологічно шкідливими речовинами, необхідно утилізувати дренажі з КЦ пари КРП. Для цього у складі технологічного устаткування ЗЗ передбачені засоби відведення пари КРП від КЦ при спрацьовуванні запобіжного клапана КЦ з утилізацією пари КРП, що відводиться. Засоби включають:

- блок фільтрів-поглиначів
- колектор відведення пари;
- рукави відведення пари;
- дренажний стояк;
- дренажну колонку (малюнок 10.8.7).

По своїх конструктивних і технологічних особливостях засобу відведення пари від запобіжних клапанів КЦ "О" і "Г", в основному, ідентичні. Відмінність полягає у кількості обслуговуваних контейнерів.

Колектор відведення пари є трубою РУ 100. У колектор врізані короткі трубопроводи, на яких встановлені замочні клапани Ду100 і манометри. Трубопроводи сполучені з дренажними металорукавами Ду100, через трійники зістиковані з горловиною НК КЦ.

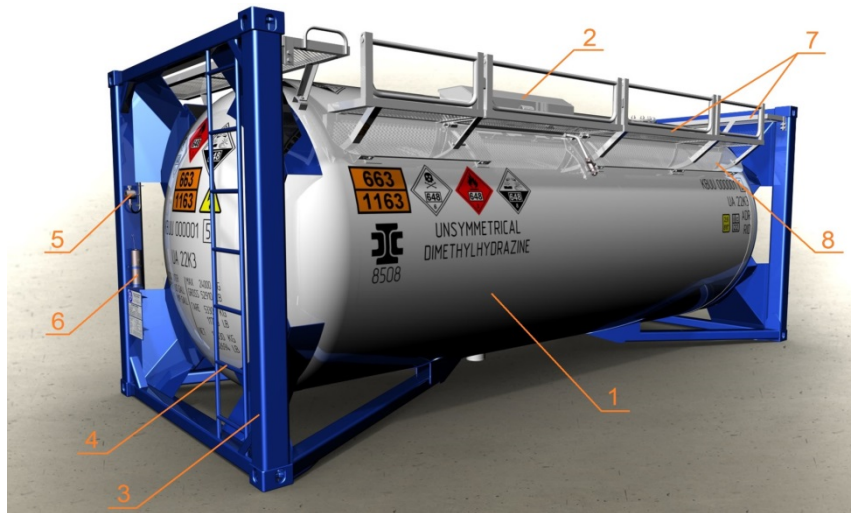
У трійники введені металорукава подання тиску від засобів газопостачання. Управління арматурою і контроль тиску по манометрах здійснюється з майданчиків, закріплених в стіні будівлі укриття на висоті 2,8 м для обслуговування КЦ. З цих майданчиків здійснюється перехід операторів на КЦ. Колектор введений в колонку, через яку парогазова суміш з колектора поступає у фільтри-поглиначі.



- 1 - цистерна з кожухом ізоляції; 2 - рама торцева; 3 - арматурний відсік;  
4 - сходи; 5 - відсік системи теплообміну; 6 - помости; 7 - люк-лаз;  
8 - пенал для документів; 9 - система вимірювальна

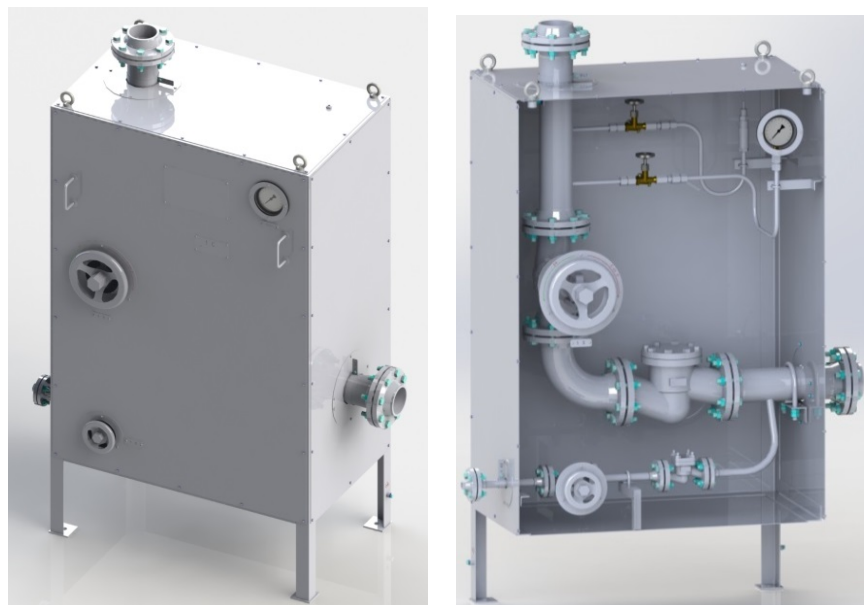
Малюнок 10.8.5 - Контейнер-цистерна окисника





1 - цистерна; 2 - арматурний відсік; 3 - торцева рама; 4 - сходи; 5 - система вимірювальна; 6 - пенал для документів; 7 - помости; 8 - тіньовий захист

Малюнок 10.8.6 - Контейнер-цистерна пального



Малюнок 10.8.7 - Дренажна колонка

Фільтри-поглиначі призначені для поглинання (нейтралізації) пари окисника - азотного тетраоксида, пари пального - несиметричного диметилгідрозину. Конструктивно фільтри-поглиначі окисника і пального ідентичні і відрізняються типом шихти. У фільтрі реалізується паралельна схема руху парогазової суміші через касети з шихтою, при якій парогазова суміш пропускається одночасно (паралельно) через усі касети, де пари КРП поглинаються зернами шихти, а очищена газова суміш поступає всередину корпусів і відводиться через патрубков в атмосферу. Таке рішення дозволяє рівномірно використати шихту і понизити гідравлічний опір ФП.

Після блоку фільтрів-поглиначів трубопровід вводиться в дренажний стояк, який є вертикальною трубою РУ 50 завдовжки 10 м. Фільтри-поглиначі є покупним елементом.

Таким чином, представлена конструкція засобів відведення пари включає в основному досить прості і доступні покупні елементи і забезпечує екологічну безпеку при спрацьовуванні запобіжного клапана КЦ.

Засоби збору промстоків призначені для змиву проток КРП технічною водою від системи пожежогасінні в трапи, відведення промстоків, що утворюються, в ємність збору промстоків і видачі промстоків з місткості в транспортний засіб для подальшого їх видалення з майданчика ЗХ.

Протоки КРП можуть виникнути тільки при відборі проб КРП з КЦ в процесі їх зберігання і підготовки до відправки на СК через помилку операторів або негерметичну стиків.

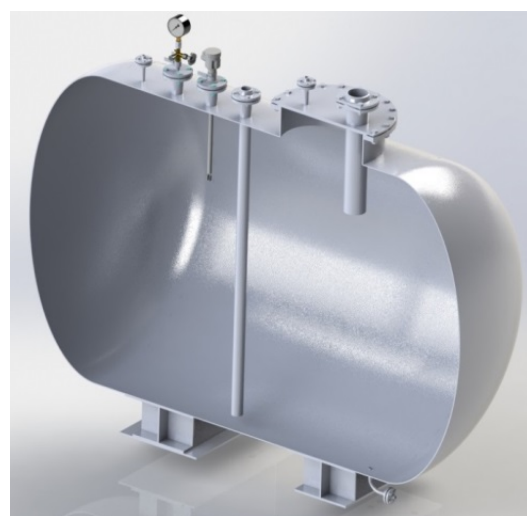
Засоби збору промстоків включають:

- резервуар збору промстоків (малюнок 10.8.8);
- колектор відведення промстоків;
- трапи зливні і самопливні трубопроводи (малюнок 10.8.9);
- колонку видачі промстоков (малюнок 10.8.10).

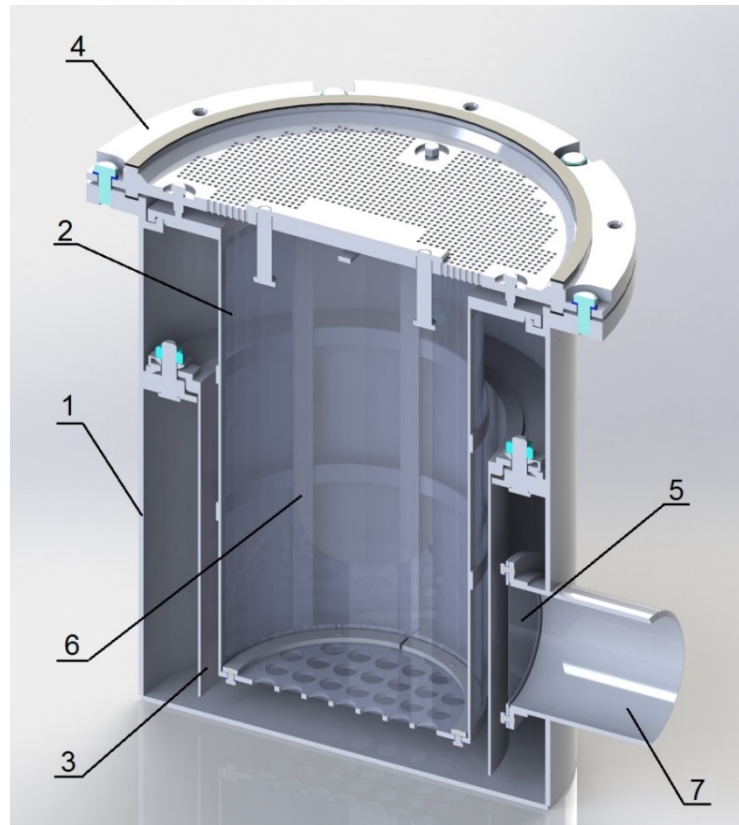
Особливості конструкції засобів показані на малюнках 10.8.10, 10.8.11.

Конструкція трапів представлена на малюнку 10.8.14. Основою конструкції трапа є склянка, поміщена у бетонний колодязь. Склянка закрита кришкою, перфорована отворами. Усередині склянки встановлені фільтр первинного очищення і фільтр вторинного очищення, що забезпечують фільтрацію промстоків 200 мкм. У корпус склянки введений патрубок, до якого приєднаний похилий трубопровід, по якому промстоки самопливно зливаються в похилий колектор, промстоки, що відводить, в резервуар збору промстоків. У конструкції трапа реалізується гідравлічний затвор, який перешкоджає проникненню пари КРП в зал укриття.

Місткість збору промстоків є циліндричним горизонтальним герметичним резервуаром. Конструктивно місткості збору промстоків окисника і пального повністю аналогічні.

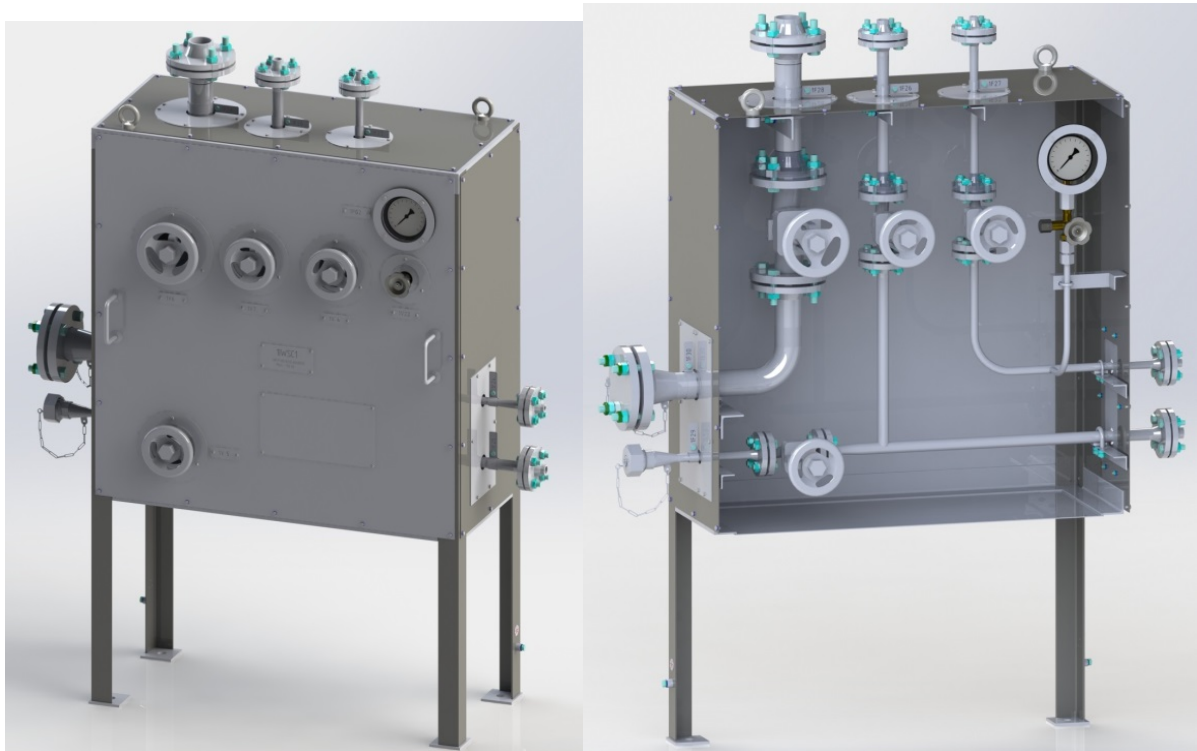


Малюнок 10.8.8 - Резервуар збору промстоков



1 - корпус; 2 - фільтроелемент; 3 - гідрозасув; 4 - кришка у зборі;  
5 - фільтроелемент; 6 - каркас фільтроелемента; 7 - патрубок

Малюнок 10.8.9 - Зливний трап



Малюнок 10.8.10 - Колонка видачі промстоків

Місткість встановлена на опорах в заглибленому приміщенні зони зберігання на спеціальних ложементах. Розміри приміщення дозволяють вільно обслуговувати місткість: контролювати візуально стан стиків, проводити відбір проб промстоков, проводити, при необхідності, стикування з горловиною зливного рукава Ду100, повідомленого з похилим зливним колектором через зворотний клапан.

Зберігання промстоков в місткості здійснюється при атмосферному тиску, щоб виключити викид промстоков з трапів в укриття при підвищенні тиску в місткості понад 0,15 кгс/см<sup>2</sup>. Для цього дренажна горловина місткості через щит управління постійно повідомлена з атмосферою через фільтри-поглиначі ФП засобів відведення пари.

Таким чином, підтримується атмосферний тиск в місткості збору промстоков, і виключається забруднення довкілля парами КРП.

Для зливу промстоков з місткості проводиться наддування місткості від засобів газопостачання.

• Таким чином, конструкція засобів збору промстоков дозволяє проводити:

- змив проток КРП в трапи;
- відведення промстоков з будівлі і збір промстоков в місткості збору промстоков;
- зберігання промстоков в місткості збору промстоков при атмосферному тиску і з дотриманням екологічної безпеки;
- видачу промстоков з місткості збору промстоков в транспортний засіб з подальшим видаленням промстоков з майданчика ЗХ.

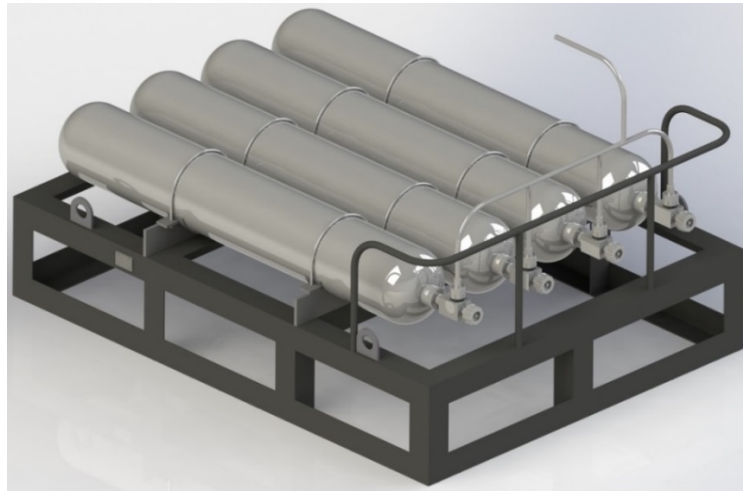
Засоби газопостачання (СГС) призначені для забезпечення опресовування і продування магістралей засобів відведення пари і витискування промстоков з місткості збору промстоков. Як газ використовується стислий азот. Засоби газопостачання "О" служать для подання стислого азоту в укриття КЦ окисника і засобу газопостачання "Г" - для подання стислого азоту в укриття КЦ пального. Устаткування ЗГП "О" і "Г" по своїх конструктивних особливостях і функціональному призначенні аналогічно.

До основних елементів засобів відносяться:

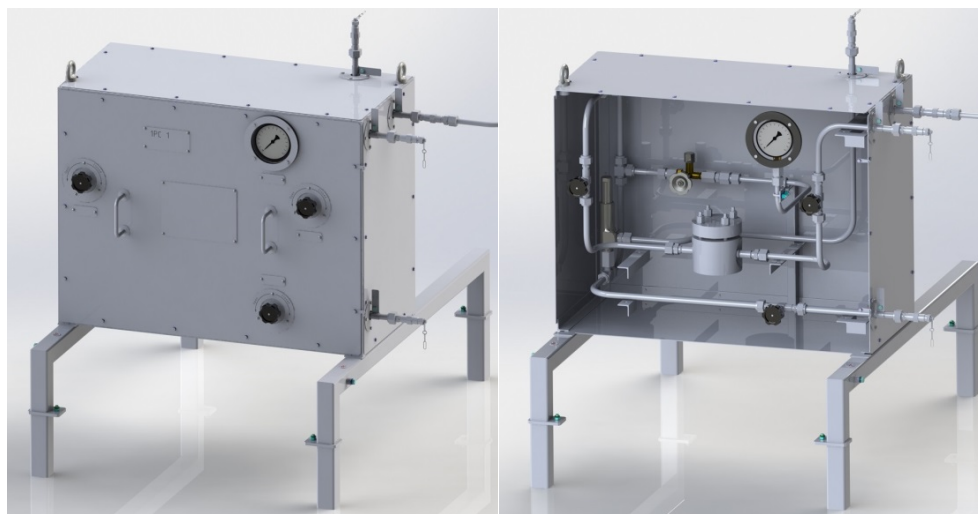
- пересувна рампа газових балонів (малюнок 10.8.11);
- пневмоцит зарядний (малюнок 10.8.12);
- пневмоцит що видає (малюнок 10.8.13);
- колектор наддування і продування;
- рукави наддування і продування.

До складу кожної рампи газових балонів входять:

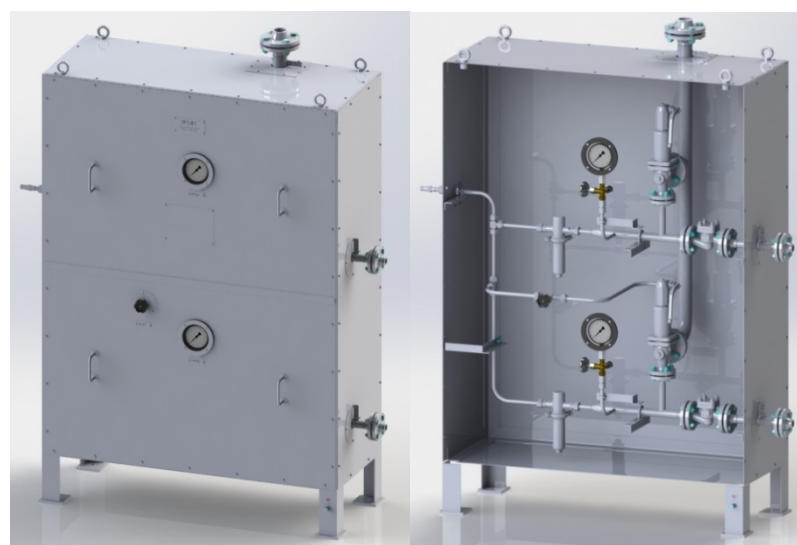
- газові балони;
- платформа;
- пневмоцит управління;
- дренажний пристрій (розсікач).



Малюнок 10.8.11 - Рампа газових балонів



Малюнок 10.8.12 - Пневмоцист зарядний



Малюнок 10.8.13 - Пневмоцист що видає

По аналогії з існуючими проектами подібного призначення ЗГП, устаткування засобів виконане у вигляді рампи газових балонів і видаючого пневмоцита. Рампа газових балонів забезпечує прийом, зберігання і видачу на видаючий щит стислого азоту високого тиску. Видаючий пневмоцит забезпечує прийом від рампи газових балонів стислого азоту високого тиску від 5,0 до 20,0 МПа і видачі його із заданими параметрами споживачам:

- 1,0 МПа на опресовування і продування рукавів і колекторів системи відведення пари;
- 0,05 МПа на наддування місткості системи збору промстоков.

Платформа призначена для установки на ній газових балонів і ПЩУ з відповідною арматурою (вентилі, манометри, фільтри, зворотні клапани та ін.).

Пневмоцит зарядний призначений для управління арматурою пневмоблока при прийомі азоту в газові балони і при видачі азоту в ТЕ ЗХ.

Дренажний пристрій призначений для дренажу стислого азоту з магістралей ПЩУ.

До складу пневмоцита що видає входять:

- замочно-регулююча арматура;
- запобіжні клапани;
- манометри;
- фільтри;
- газові редуктори.

Таке конструктивне рішення СГС дозволяє проводити поповнення запасів стислого газу у балонах від системи забезпечення стислими газами СН, розміщеною на значній відстані від ЗХ. Для цього рампа з газовими балонами і зарядним щитом від'єднується від видаючого щита і доставляється до місця зарядки балонів автомобільним транспортом. Після зарядки балонів рампа повертається на ЗЗ і система наводиться в робоче положення.

### **10.8 Фізико-хімічна лабораторія**

Фізико-хімічна лабораторія (ФХЛ) космодрому займається оцінкою якості компонентів ракетного палива (КРТ) і стислих газів при експлуатації систем космодрому і підготовці до пуску ракет-носіїв (РН) і космічних апаратів (КА).

Зокрема ФХЛ може проводити контроль якості наступних речовин :

- окисник - тетраоксид діазота (АТ), азотний тетраоксид інгібований (АТИН);
- пальне - несиметричний диметилгідразин (НДМГ), гідразин, монометилгідразин (ММГ), гас РГ-1 (чи його модифікація);
- пари і промстоки КРП;
- стислі гази - азот, повітря, гелій;
- рідкий кисень;
- дистильована вода.

Окрім цього ФХЛ забезпечує контроль якості повітря відбираного з навколишньої атмосфери, на предмет змісту в нім механічних домішок, олій, кислот, лугів і хлоридів.

Номенклатура КРП і стислих газів визначається для кожного конкретного ракетно-космічного комплексу.

У споруді ФХЛ розміщується необхідне для проведення контролю якості компонентів палива, газів лабораторне і аналітичне устаткування, а також технологічне устаткування і засоби індивідуального захисту.

До складу споруд ФХЛ входять:

- лабораторний корпус для проведення аналізів окисника, пального і стислих газів;

- споруда (погріб) для зберігання проб і відходів окисника;

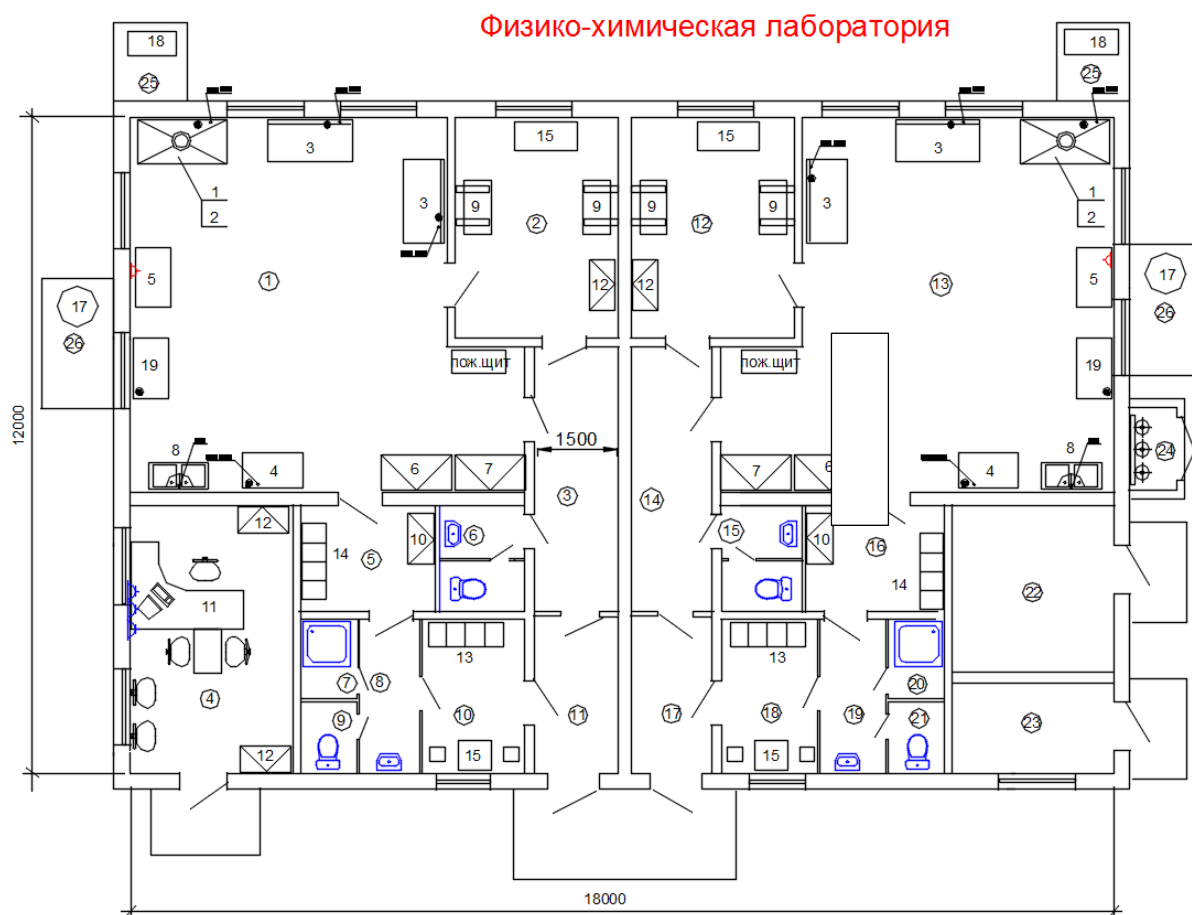
- споруда (погріб) для зберігання проб і відходів пального.

Лабораторний корпус ФХЛ, відповідно до діючих будівельних норм для об'єктів з КРП, розділений центральною капітальною перегородкою на дві рівні, симетричні робочі зони, "окисника" і "пального", а спорудження зберігання проб "окисника" і "пального" розміщуються на нормативних, безпечних відстанях від лабораторного корпусу і між собою.

Технологія роботи ФХЛ передбачається відповідно до діючих інструкцій по виконанню аналізів проб КРП, а також методиками виконання аналізів, розробленими і затвердженими спеціалізованими хімічними організаціями.

Планування приміщень і розміщення устаткування типової ФХЛ представлені на малюнку 10.9.1.

## 10.9 Фізико-хімічна лабораторія



Малюнок 10.9.1 - Планування ФХЛ

Приміщення ФХЛ: 1 - приміщення для аналізів пального; 2 - вагова пального; 3, 8, 14, 19 - коридор; 4 - кабінет; 5, 16 - гардероб робочого одягу і засобів індивідуального захисту; 6, 9, 15, 21 - санвузол; 7, 20 - душова;

10, 18 - гардероб для чистого одягу; 11, 17 - тамбур; 12 - вагова окисника; 13 - приміщення для аналізів окисника; 22 - технічне приміщення;

23 - електрощитова; 24 - ресіверна; 25 - майданчик для ФП; 26 - приямок для місткості збору промстоків.

Устаткування ФХЛ: 1 - шафа витяжна; 2 - стіл під витяжну шафу;

3 - стіл лабораторний хімічний; 4 - стіл для титрування; 5 - стіл для нагрівальних приладів; 6 - шафа для лабораторного посуду; 7 - шафа для хімічних реактивів; 8 - стіл, що змиває; 9 - стіл для вагів антивібраційний; 10 - шафа для засобів індивідуального захисту; 11 - стіл для ПЕВМ; 12 - шафа офісна; 13 - шафа для чистого одягу; 14 - шафа для робочого одягу; 15 - стіл; 16 - стіл в комплекті з двома стільцями;

17 - місткість збору промстоків; 18 - блок фільтрів-поглиначів пари КРП;

19 - стіл підготовки пробовідборних пристроїв.

Споруди для зберігання проб і відходів є заглибленими залізобетонними або цегляними приміщеннями (льохи) з жорсткою покрівлею. Внутрішні розміри в плані (орієнтовно) 4х4м.

У лабораторному корпусі передбачені:

- електричне освітлення;



- водопровід і каналізація;
- загальнообмінна вентиляція;
- витяжна вентиляція (з фільтрами-поглиначами пари КПП);
- система автоматичного виявлення пожежі;
- ручні засоби пожежогасінні (вогнегасники, багри, пісок і тому подібне);
- гучномовний і телефонний зв'язок.

Фільтри-поглиначі пари окисника і пального розміщуються по обидві сторони споруди на бетонованих майданчиках з навісом на відстані не менше 50 м один від одного і мають трубопроводи, що відводять, для видалення викидів на висоту не менше 10 м.

У лабораторному корпусі передбачено відведення мийних вод від раковин столів окисника і пального, що змивають, витяжних шаф в спеціальні ємності збору промстоків (відповідно) для подальшої евакуації промстоків за межі ФХЛ, а також підготовка пробовідборних пристроїв для відбору проб КРП (пробовідборные пристрої можуть входити до складу ФХЛ або запозичуватися із складу інших систем РКК).

Для збору промстоків КРП передбачені вертикальні циліндричні місткості збору промстоків об'ємом  $\sim 1$  м<sup>3</sup>, які розміщуються за межами споруди у бетонованих приямках. Приямки забезпечують прокладення самопливних трубопроводів до раковин столів, що змивають, а також можливість огляду місткостей обслуговуючим персоналом. Приямки мають бути захищені від проникнення опадів. Місткості збору промстоків пов'язані дренажними магістралями з фільтрами поглиначами пари КРП.

У кожному з приміщень для проведення аналізів окисника і пального розміщені:

- витяжна шафа;
- столи під витяжну шафу;
- два лабораторні столи;
- стіл для титрування;
- стіл для нагрівальних приладів;
- стіл підготовки пробовідборних пристроїв;
- стіл, що змиває;
- шафа для лабораторного посуду;
- шафа для хімічних реактивів;
- балони з газоподібним азотом і арматурою;
- раковини для зливу води і мийних вод.

До столу підготовки пробовідборних пристроїв підведені трубопроводи від: балонів із стислим азотом, місткості збору промстоків, вакуумного насоса, від фільтрів поглиначів (дренажні), а також витяжна вентиляція на фільтри-поглиначі.

Прийом промстоків, забруднених КРП від раковини столу, що змиває, здійснюється в ємність збору промстоків.

У приміщенні для робочого одягу розміщуються шафи для засобів індивідуального захисту (халати, спецодяг, гумові рукавички, чоботи, захисні окуляри, протигази).

Приміщення для чистого одягу обладналося шафами.

Засоби освітлення і інше електроустаткування ФХЛ виконані у вибухобезпечному виконанні. Також передбачено аварійне освітлення.

У приміщеннях спорудження ФХЛ забезпечуються наступні умови режиму температурної вологості :

- температура від плюс 15 до плюс 25°З,
- відносна вологість - до 80 % при температурі плюс 20°С.

Склад аналітичного, лабораторного устаткування і хімічних реактивів визначається спеціалізованою хімічною організацією на підставі методик проведення аналізів.

### **10.9 Метрологічна лабораторія**

В ході експлуатації КРК калібрування і перевірку засобів вимірювальної техніки (СИТ), їх технічне обслуговування, ремонт, облік і нагляд забезпечує спеціалізована метрологічна (калібрувальна) лабораторія космодрому.

Загальні вимоги до технічної компетентності метрологічних лабораторій, що представляють послуги з калібрування ЗВТ містяться в стандарті NBR ISO/IEC 17025. Цей стандарт поширюється на метрологічні лабораторії незалежно від чисельності персоналу і виконуваних об'ємів калібрувальних робіт.

Стандарт встановлює:

- вимоги до управління калібрувальною лабораторією;
- технічні вимоги до калібрувальної лабораторії.

Для виконання вимог по управлінню калібрувальна лабораторія документально оформляє процедури, що встановлюють порядок:

- контролю своєчасного проведення калібрування робочих еталонів, допоміжного устаткування;
- облік ЗВТ, що представляються на періодичне калібрування, що забезпечує, а також зберігання ЗВТ до і після проведення калібрування і до передачі відкаліброваних ЗВТ експлуатуючому персоналу КРК;
- контролю правильності обліку калібрувальних клейм, порядок їх зберігання і видачі, а також систему ідентифікації підписів осіб, що проводять калібрування ЗВТ.

Для виконання технічних вимог калібрувальна лабораторія оснащується робочими еталонами, допоміжним устаткуванням і повним комплектом документації (нормативні документи, методики калібрування).

### **10.10 Електротехнічна лабораторія**

Електротехнічна лабораторія (ЕТЛ) призначена для проведення перевірок і випробувань електротехнічного устаткування і електрозахисних засобів, відшукування і ремонту місць ушкоджень на магістральних кабельних лініях і інших аналогічних робіт.

Для забезпечення виконання вказаних робіт електротехнічна лабораторія оснащена спеціальним електроустаткуванням, приспособленнями, електроінструментом, вимірювальними приладами.

Орієнтовний склад устаткування, інструменту і пристосувань ЕТЛ наступний:

- осцилограф;
- мультиметр;
- реостати навантаження;
- паяльна станція;
- набір слюсарного інструменту (гайкові ключі, викрутки, пасатижі, лещата, ножиці по металу та ін.);
- набір електроінструменту (кутошліфувальна машина, електродріль, дремель, перфоратор і ін.);
- стенд для проведення перевірок і випробувань електрозахисних засобів;
- набір ручного устаткування для роботи з кабелями;
- ручне пристосування для пошуку обриву кабелів;
- генератор НЧ/ВЧ/НВЧ;
- трансформатор пропалення;
- кліщі електровимірювань;
- переносні заземлення;
- свердлувальний верстат;
- заточний верстат;
- зварювальний апарат;
- витратні матеріали (припої, ізоляційна стрічка, кабельні наконечники, кабельні муфти, компаунд і т. д.);
- стелажі для зберігання інструменту і устаткування;
- шафа лабораторна;
- лабораторні столи для проведення випробувальних і ремонтних робіт;
- пристрій для проведення випробувань підвищеною напругою;
- облаштування для проведення випробувань трансформаторної олії;
- устаткування для сушки трансформаторної олії.

### **10.11 Засоби контролю ЕМО і ЕМС**

Електромагнітна обстановка (ЕМО) на місці базування НК визначається наявністю і характером зовнішніх джерел перешкод, а також електромагнітними полями, створюваними технічними системами і агрегатами, системами електропостачання, транспортом і радіоелектронними засобами різного призначення з умовою їх монтажу і установки на розміщуваних наземних об'єктах.

Комплекс робіт за визначенням і забезпеченням ЕМО і електромагнітною сумісністю (ЕМС) систем і засобів НК в період виконання усіх технологічних операцій проводиться службами космодрому і службами НК.

При підготовці РН і КА на наземному комплексі забезпечується і контролюється електромагнітна обстановка службами космодрому. Для цього створюється комплекс засобів контролю ЕМО і ЕМС, що включає:

- комплект вимірювальної апаратури;
- апаратно-програмний комплекс;
- спеціальне програмне забезпечення для виміру, реєстрації і обробки характеристик електромагнітних завад і дистанційного керування вимірювальною апаратурою;
- джерело безперебійного живлення (при необхідності).

У комплект вимірювальної апаратури входять:

- автоматизований аналізатор спектру (вимірювальний приймач) з комплектом антени, пристроїв, що погоджують, сполучних кабелів;
- попередній підсилювач на увесь діапазон контрольованих частот (за відсутності в аналізаторі попереднього підсилювача);
- калібрувальний генератор.

Вимірювальна апаратура забезпечує вимір амплітудно-частотних характеристик електричних і магнітних полів в діапазонах частот :

- від 30 Гц до 100 кГц - для магнітних полів;
- від 10 кГц до 40 ГГц - для електричних полів.
- Діапазон зміни рівнів при вимірі АЧХ полів :
- магнітних від 0 до 140 дБмкА/м;
- електричних від 0 до 140 дБмкВ/м.

Похибки виміру характеристик ЕМП, що припускається :

- рівень перешкоди  $\pm 3$  дБ;
- частота  $\pm 2\%$ .

Вимірювальним засобом КЗК ЕМС є аналізатор спектру, разом з комплектом вимірювальних антен забезпечує виміри характеристик електричних і магнітних полів.

Як аналізатор спектру використовується апаратура типу Rohde&Schwarz FSV40, яка в комплекті містить вбудований попередній підсилювач і ПО для видаленого мережевого контролю.

Попередній підсилювач призначений для збільшення чутливості аналізатора спектру і дозволяє проводити контроль радіоперешкод низького рівня.

Для вимірів електромагнітних полів використовується комплект антен і пробників, працюючих в діапазонах частот від 10 Гц до 40 ГГц.

Калібрувальний генератор Rohde&Schwarz SMF 100A забезпечує калібрування вимірювальних трактів аналізатора спектру після зборки схем вимірів перед початком випробувань в усьому заданому діапазоні частот.

### **10.12 Система єдиного часу**

Система єдиного часу (СЄЧ) космодрому в інтересах КРК забезпечує формування і зберігання шкали часу, синхронізованої з шкалою часу супутникової радіонавігаційної системи, видачу сигналів стандартної сітки синхрочастот (метод часу) і кодів часу для забезпечення тимчасової

синхронізації робіт технологічного устаткування, прийому і видачі сигналу "КП" - контакт підйому споживачам, а також часофікації споруд і приміщень КРК.

СЄЧ забезпечує:

- формування власної шкали часу із стабільністю не менше  $10^{-9}$  на базі оперативного генератора з рубидиевим еталоном частоти;
- прийом навігаційної інформації і синхронізацію власної шкали часу з шкалою часу навігаційної інформації;
- введення розрахункового часу пуску;
- прийом від наземної СІ СК сигналу "КП";
- реєстрацію сигналу "КП" з погрешністю не більше 1 мс;
- формування сигналу "КП" на табло і споживачам;
- часофікацію споруд і приміщень КРК;
- видачу імпульсних сигналів синхрочастот в технологічні системи СК і КП, кода поточного часу в технологічні системи СК і КП по міжмашинному інтерфейсу;
- код поточного часу і код розрахункового часу пуску на табло;
- сигналу "КП" споживачам.

Апаратура СІВБА виконується дубльованою, в якій використовуються два ідентичні комплекти (основний і резервний) з автоматичним задіюванням резервного комплекту у разі несправності основного. Видача інформації об СІВБУ здійснюється по двох незалежних інформаційних лініях від кожного комплекту. Апаратура СІВБА відповідає 3-у класу точності.

### **10.13 Система виробництва стислих газів**

Процес підготовки і здійснення пуску ракети-носія є сукупністю технологічних операцій, пов'язаних із заправкою ракети компонентами палива, газами для наддування і роботи бортових джерел потужності, підготовкою до роботи бортових систем, охолодженням пускової установки, зливом палива при відміні пуску і з рядом інших дій.

У багатьох системах підготовки і пуску ракети-носія в якості робочого тіла використовують різні гази (повітря, азот, гелій та ін.). Отримання, зберігання і видача газу з необхідними параметрами, в заданих кількостях і відповідно до циклограми робіт з підготовки і здійснення пуску - основне завдання технологічних систем забезпечення стислими газами стартових і технічних комплексів.

Типові вимоги, що пред'являються до систем газопостачання наземного комплексу наступні :

- відсутність у видаваних газах механічних домішок. Чистота фільтрації (максимальний розмір часток, що допускаються в газі) від 20 до 0,1 мкм;
- мінімальна присутність у видаваному газі вологи. Як правило, вологість газів повинна відповідати точці роси не вище мінус 55 °С. При підвищеній вологості газу може виникнути примерзання окремих деталей пневмоустройств (клапанів, золотників і так далі) при паденді температури газу, що обумовлюється або низькою температурою довкілля, або фізичними

ефектами, супроводжуваними процеси течії газу, зокрема, ефектом охолодження газу при його дроселюванні;

- відсутність в газах домішок олії, які можуть привести до засмічення і порушення роботи елементів пневмоавтоматики, приладів і агрегатів;

- хімічний склад вживаних інертних газів (азоту, гелію та ін.) має бути досить чистим;

- гази, що видаються споживачам, повинні мати строго задані параметри по тиску, температурі, вологості, причому ці параметри повинні підтримуватися на постійному рівні, а у ряді випадків змінюватися за заданим законом;

- вірогідність безвідмовної роботи повинна складати 0,99 - 0,999;

- система газопостачання має бути розрахована на роботу в умовах при температурах від мінус 50 до плюс 50 °С, відносній вологості до 98 % при 20 °С.

Окрім перерахованих вимог можуть пред'являтися різні специфічні вимоги: по конструктивному виконанню складових частин системи, працездатності в умовах вібрації і перевантажень, автоматизації виконуваних операцій і так далі

Система виробництва стислих газів призначена для отримання стислих газів, їх осушення і очищення, а також для подання отриманих газів у балони (ресівери) або, у виключно окремих випадках, безпосередньо споживачеві. Для отримання стислого повітря, як правило, використовують компресори. Інші види газів отримують на заводах в газоподібному (гелій) або "рідкому" виді (азот), звідки їх транспортують до місця того, що має в розпорядженні НК у балонах або криогенних місткостях. Система виробництва стислих газів здійснює перекачування газів з місткостей транспортувань в ресівери зберігання за допомогою дожимаючих компресорних станцій або криогенних газифікаторів.

Система виробництва стислих газів зазвичай проектується для кожного конкретного ракетно-космічного комплексу з урахуванням його особливостей. На НК є присутньою одна така система.

Системи виробництва стислих газів, як правило, мають одну або декілька компресорних установок для отримання стислого повітря, пристрою для його охолодження, осушення і очищення.

Компресорна установка для отримання стислого повітря має компресор і приводний двигун (зазвичай електродвигун). Найчастіше використовують поршневі компресори (таблиця 10.15.1).

## Параметри поршневих компресорів

Марка компресора	Продуктивність, м <sup>3</sup> /ч	Кінцевий тиск, МПа	Споживана потужність, кВт	Габаритні розміри, мм	Маса, кг
2ВК4-9,6/161	570	16	142	3300 x 1500 x 2160	5775
2ВК4-8/401	500	40	140	3845 x 1500 x 2230	200
УКС-400В-П4	140	40	Привід від дизеля ЯМЗ-236	6210 x 2350 x 2300	000
ВШВ-3/100	180	10	50	2400 x 1250 x 1490	520
ВШВ-2.3/230М	150	23	46	2400 x 1300 x 1500	260
ВШ-4,2/200	250	20	85	2300 x 1550 x 1600	000
2ВМ2,5-5/221	280	22	90	1650 x 2850 x 2200	050
7ВП-20/220	1200	22	315	8630 x 5000 x 3800	4630
СД-9/220	540	22	300	10000 x 3070 x 3700 на шасі «КрАЗ»	1000
ЭК7.5-3	150	40	55	1950 x 1150 x 1400	200
ЭКЮ-3	190	40	85	2000 x 1000 x 1350	590
ЭКСА7.5-3М-1	150	40	82	1915 x 1640 x 1150	000
ЭКСА25-1	475	40	180	3500 x 1615 x 9825	000
18ДКСР	980	40	130	3015 x 975 x 1220	470

Вологу з повітря видаляють фізичними і хімічними методами.

При хімічному методі, вживаному головним чином в невеликих установках, повітря осушується шляхом поглинання вологи такими речовинами, як твердий гідроксид натрію (їдкий натр), гідроксид калію (їдке калі) і хлорид кальцію.

До фізичних методів осушення можна віднести:

- видалення краплинної вологи інерційним способом у вологомасловіддільник;
- виморожування вологи в післяопераційно діючих теплообмінниках;

- поглинання вологи з повітря адсорбентами.

Вологомасловіддільник використовують в компресорних і азотодобуваючих станціях для попереднього видалення краплинної вологи. Вологомасловіддільники встановлюють в місцях інтенсивної конденсації пари води і олії, зазвичай після холодильників, і в низько розташованих точках газопроводів. Процес відділення у вологомасловіддільнику заснований на тому, що при різкій зміні напрямку руху і втрати газом швидкості краплі води під дією сил інерції продовжують рухатися в первинному напрямі, потрапляють на стінки і стікають в нижню частину вологомасловіддільника, звідки віддаляються.

При використанні виморожування вологи повітря в теплообміннику сильно охолоджується, внаслідок чого максимальна кількість вологи, яка може бути в повітрі при його насиченні, зменшується. Надлишок вологи випадає на стінках теплообмінника у вигляді інею або снігу.

Для остаточного видалення вологи найбільше поширення отримав метод поглинання вологи з повітря адсорбентами, який забезпечує більш високу міру осушення повітря, чим інші методи. В якості адсорбентів в основному застосовуються силікагель і алюмогель.

Проте спосіб осушення газів за допомогою адсорбентів має істотний недолік - при температурі вище 30 °З вони втрачають свої поглинаючі властивості, у зв'язку з чим доводиться повітря, що поступає на осушення, заздалегідь охолоджувати, якщо його температура вища за вказану.

У сучасних компресорних станціях перед вступом у блок осушення повітря піддається попередньому охолодженню, завдяки чому вдається значно знизити його вологостан, а також поліпшити умови адсорбції алюмогелем. Для нормальної роботи блоку осушення температура повітря на його вході має бути від 5 до 20 °С. Вище 30 °З адсорбції вологи майже не відбувається. Попереднє охолодження здійснюється в спеціальних теплообмінниках.

Ресіверна може входити як до складу СОСГ, так і до складу СВСГ.

Ресіверна призначена для прийому, тривалого зберігання стислих газів і видачі їх в лінії живлення споживачів. Вона складається з балонів, об'єднаних в секції, сполучених із заряднороздаточними щитами, і комплекту контрольно-вимірювальних приладів, що забезпечують вимір параметрів газу, формування відповідних сигналів для блоку управління і візуальної демонстрації результатів вимірів.

Ресіверна складається з балонів, об'єднаних в секції і сполучених з пневмоарматурою, і комплекту контрольно-вимірювальних приладів, що забезпечують вимір параметрів, формування відповідних сигналів для блоку управління і візуальної демонстрації результатів вимірів.

Ресіверні розміщуються в окремих захищених приміщеннях. Для зберігання великої кількості газів використовують балони місткістю 0,4-0,5 м<sup>3</sup>, розраховані на робочий тиск до 40 МПа. Окремі балони об'єднують в секції,



Окремі балони об'єднують в секції, які обслуговують певного споживача. Балони в ресіверних можуть розташовуватися вертикально, горизонтально і похило, частіше вертикально.

У устаткування ресіверною входять приймальна колонка для наповнення балонів стислими газами від рухливих заправних засобів і пневмоарматура для оберігання устаткування при випадковому підвищенні тиску.

Контрольно-вимірвальні прилади дозволяють стежити за рівнем тиску, температури і вологості газів в секціях балонів. Для визначення вологості газів і узяття проб в ресіверній використовують щит відбору проб. Тиск газів в секціях контролюється манометрами безпосередньо або дистанційно.

Для зручності обслуговування ресіверною під час експлуатації пневмоарматура і контрольно-вимірвальні прилади кожної секції групуються на окремому пневмощиті.

Балони між собою, а також з елементами пневмоарматури і приладами з'єднуються трубопроводами із сполучними пристроями, частіше за увесь лінзовий тип.

Стислі газы, окрім ресіверної, можна зберігати в рухливих агрегатах, змонтованих на шасі автомобілів. У агрегат входять балони для зберігання газу, щит управління з пневмоарматурою і сполучні трубопроводи.

Система виробництва стислих газів складається з:

- системи виробництва стислого повітря високого тиску;
- системи виробництва стислого азоту високого тиску;
- системи виробництва стислого гелію високого тиску;
- системи охолодження.

Структурна схема системи виробництва стислих газів представлена на малюнку 10.15.1.



Малюнок 10.15.1 - Структурна схема системи виробництва стислих газів

СВСТГ експлуатується спільно з наступними системами:

- системою забезпечення стислими газами стартового комплексу;
- системою забезпечення стислими газами технічного комплексу;
- фізико-хімічною лабораторією;
- системою газового контролю НК;
- системою телекомунікаційного забезпечення;
- системою електропостачання наземного комплексу;
- системою водопостачання і каналізації;

- системою газового контролю;
- заводом по виробництву рідкого азоту і кисню.

#### *Основні вимоги до системи виробництва стислих газів*

Система виробництва стислого повітря забезпечує:

- виробництво і видачу стислого повітря в ПУ СЗСГ СК для закачування балонів ресіверної стартового комплексу до тиску 39,2 МПа;
- виробництво і видачу стислого повітря в ПУ СЗСГ ТК для закачування балонів ресіверної технічного комплексу до тиску 39,2 МПа;
- відбір проб повітря і проведення аналізу його параметрів.

Подання стислого повітря високого тиску для закачування ресіверних виконується послідовно, посекційно.

Контроль влого- і маслосодержання стислого повітря на відповідність показників, приведених в таблиці повинен проводитися перед заправкою і в процесі заправки шляхом періодичного відбору проб з видаючої магістралі і їх подальшого аналізу засобами СВСГ.

Контроль фізико-хімічних параметрів стислого повітря на відповідність показникам повинен проводитися перед заправкою і в процесі заправки шляхом періодичного відбору проб з видаючої магістралі і їх подальшого аналізу засобами фізико-хімічної лабораторії НК.

#### *Опис системи виробництва стислого повітря високого тиску*

Кожна технологічна лінія складається з: компресора, фільтру і блоку осушення. Як мінімум одна лінія виступає резервною. Компресор забирає повітря з приміщення машинного залу і стискає воно до необхідного тиску. Далі стисле повітря проходить через попередній фільтр і поступає на блок осушення, де звільняється від механічних домішок, вологи, олії і осушується до заданої точки роси.

Частина повітря, що йде на регенерацію адсорбційного осушувача, через дренажний трубопровід, обладнаний розсікачем, скидається в атмосферу.

Дренаж і конденсат від компресорів після фільтрів і блоків осушення відводиться в дренажну ємність, потім в систему каналізації.

Після блоків осушення стисле повітря високого тиску поступає в загальну магістраль і далі через фільтр на розподільний щит стислого повітря і на щит для відбору проб.

Від розподільного пневмошита стисле повітря поступає в пневмооборудование для закачування балонів ресіверною.

Для охолодження компресорів подається вода від системи охолодження.

#### *Опис системи виробництва стислого азоту*

Система виробництва стислого азоту забезпечує:

- прийом рідкого азоту від заводу по виробництву рідкого азоту і кисню або від стороннього постачальника;
- стискування рідкого азоту до тиску 39,2 МПа;
- газифікацію рідкого азоту;
- видачу газоподібного азоту для закачування балонів ресіверної до тиску 39,2 МПа;

- відбір проб азоту для проведення аналізу його параметрів.

Подання стислого азоту високого тиску для закачування ресіверних також виконується послідовно, посекційно.

Контроль волого- і маслосодержання стислого азоту повинен проводитися перед заправкою і в процесі заправки шляхом періодичного відбору проб з видаючої магістралі і їх подальшого аналізу засобами СВСГ.

Контроль фізико-хімічних параметрів стислого азоту повинен проводитися перед заправкою і в процесі заправки шляхом періодичного відбору проб з видаючої магістралі і їх подальшого аналізу засобами ФХЛ.

Системою передбачається як мінімум двох паралельно працюючих технологічних ліній устаткування. Кожна технологічна лінія складається з насоса і групи випарників. Одна з ліній - резервна.

Від заводу по виробництву рідкого азоту і кисню або від стороннього постачальника через заправні рампи по криогенних трубопроводах рідкий азот поступає в криогенні резервуари.

З резервуару рідкий азот поступає на поршневі насоси, де стискається до тиску 40 МПа, далі поступає на атмосферні випарники високого тиску і під дією атмосферного тепла випаровується, перетворюючись на газоподібний.

Після випарників стислий азот високого тиску поступає в загальну магістраль і далі через фільтр на розподільний щит стислого азоту високого тиску і на щит для відбору проб.

Від розподільного пневмоцикла стислий азот поступає в пневмооборудование для закачування балонів ресіверною.

Опис системи виробництва стислого гелію високого тиску

Система виробництва стислого гелію забезпечує:

- прийом гелію у балонах або пересувних ресіверах від стороннього постачальника;
- видачу гелію для закачування балонів гелієм ресіверної до тиску зберігання до 39,2 МПа;
- відбір проб гелію і проведення аналізу його параметрів.

Подання стислого гелію високого тиску для закачування ресіверного виконується послідовно, посекційно.

Контроль фізико-хімічних параметрів стислого гелію повинен проводитися перед заправкою і в процесі заправки шляхом періодичного відбору проб з видаючої магістралі і їх подальшого аналізу засобами фізико-хімічної лабораторії.

Контроль волого- і маслосодержання стислого гелію повинен проводитися перед заправкою і в процесі заправки шляхом періодичного відбору проб з видаючої магістралі і їх подальшого аналізу засобами СВСГ.

Має бути передбачена резервна лінія виробництва стислого гелію. Кожна технологічна лінія складається з пневмоцикла компресора і компресора. При первинній заправці уся система виробництва стислого гелію має бути отвакуумирована за допомогою вакуумного насоса.

При прийомі від постачальника гелію у балонах або пересувному, гелій подається в розрядну рампу. З рампи гелій поступає на попередній фільтр,

проходить через пневмоциліндр компресора і далі спрямовується в компресор, де стискається до потрібного тиску.

Після стискування гелій поступає в загальну магістраль і далі на розподільний щит стислого гелію високого тиску і на щит для відбору проб.

Від розподільного пневмоциліндра стислий гелій поступає в пневмоустановка для закачування секцій гелію балонів ресіверною.

Для охолодження компресорів подається вода від системи охолодження.

Для усіх систем виробництва стислих повітря, азоту і гелію повинно бути передбачено:

- відключення подання стислого газу в пневмооборудовані при відхиленні фізико-хімічних параметрів, що заміряються засобами СВСТ від потрібних.

- включення резервної технологічної лінії при аварійній зупинці робочої технологічної лінії.

Для охолодження компресорних агрегатів повинна передбачатися система охолодження.

## **10.14 Об'єкти житлово-побутового, культурно-побутового і медичного забезпечення**

В інтересах КРК космодром забезпечує на період створення і проведення випробувань наземних комплексів КРК, підготовки до проведення пусків і при проведенні пуску житлово-побутові, культурно-побутові і медичні послуги для персоналу КРК і споживача пускових послуг.

До складу об'єктів житлово-побутового, культурно-побутового і медичного забезпечення входять:

- приміщення для відпочинку особового складу;
- зона відпочинку;
- приміщення медичного призначення;
- приміщення для приготування їжі;
- приміщення для їди.

Приміщення для відпочинку включають:

- кімнати для сну (на 1-2 людини);
- кімната гігієни (душ, туалет).

Зона відпочинку розміщується поряд з приміщенням для відпочинку особового складу і включає:

- спортивних зал;
- блок водних процедур;
- спортивне містечко.

До складу приміщень медичного призначення входять:

- кабінет лікаря;
- перев'язувальна;
- операційна з передопераційною;
- стерилізаційна;
- клінічна лабораторія, аптека.

### **Висновок**

У справжніх лекціях проведений розгляд складу і структури космодромів як об'єкту проектування і загальних відомостей про існуючі космодроми світу. Інженерний підхід вимагає не упускати з поля зору усі технічні засоби, що реалізують задуми і ідеї польоту РКП. Забезпечити політ РКП без розвиненого і продуманого наземного комплексу так само неможливо, як без рухової установки або системи управління РКП. У цьому плані розглянуті разом з космічним ракетним комплексом, в якому знаходиться інфраструктура наземного комплексу, об'єкти і системи і об'єкти інфраструктури космодрому. Об'єктивною особливістю інфраструктури наземного комплексу і об'єктів і систем космодрому є необхідність проведення тривалих і трудомістких процесів шляхом реалізації їх якості і отримання необхідного результату.

Представлений матеріал дозволяє зрозуміти круг проблем по створенню інфраструктури наземного комплексу і об'єктів, систем космодрому, їх складність і основні напрями їх рішення.