

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Жеткербай Әкежан Ерланұлы

Зымыран тасымалдаушының істен шыққан сатысының жарылыс қауіпсіздігін
қамтамасыз ету бойынша зерттеулердің жай-күйін талдау

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

5B074600 – «Ғарыштық техника және технология» мамандығы

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті
Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

И.Сырғабаев

«__» _____ 2020 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Тақырыбы: «Зымыран тасымалдаушының істен шыққан сатысының жарылыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету бойынша зерттеулердің жай-күйін талдау»
5B074600 – «Ғарыштық техника және технология» мамандығы

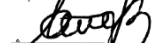
Орындаған:

Жеткербай Ә.Е.

Пікір беруші:

АЖЕТИ аға ғылыми

қызметкері, PhD


 Ахметжанов

М.А.

« 25 » _____ 05 _____ 2020 ж.

Ғылыми жетекші:

тех. ғыл. маг.

 А. Бапышев

« 25 » _____ 05 _____ 2020 ж.

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті
Ө.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы
5B074600 – Ғарыштық техника және технология

БЕКІТЕМІН
Кафедра меңгерушісі
техникалық ғалымдар кандидаты
Е.Таштай
«__» _____ 2020 ж.

Дипломдық жоба орындауы ТАПСЫРМА

Білім алушы: Жеткербай Әкежан Ерланұлы

Тақырыбы: Зымыран тасымалдаушының істен шыққан сатысының жарылыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету бойынша зерттеулердің жай-күйін талдау
Университет ректорының « 27 » 01 2020 ж. № 762-б бұйрығымен бекітілген
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі « 02 » 06 2020 ж.

Жобаның бастапқы мәліметтері: зымыран-тасымалдаушының істен шыққан сатысындағы зымыран отыны компоненттерінің қалдықтары.

Дипломдық жобада өңделетін сұрақтар, дипломдық жобаның қысқаша мазмұны:

а) Орбитадағы зымыран-тасымалдаушылардың істен шыққан сатысының жарылыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету бойынша зерттеулердің қазіргі жағдайы

ә) Ластанудың салдары және жер маңындағы ғарыш кеңестігіндегі зымыран-тасымалдаушының істен шыққан сатысының жарылыс қауіпсіздігін арттыру үшін қолданылатын шаралар

б) Орбитада болған кезде зымыран-тасымалдаушының істен шыққан сатысындағы отын бағының жарылыс қауіпсіздігін талдау

в) Зымыран-тасымалдаушының істен шыққан сатысындағы отын бағының жарылыс қауіпсіздігін арттыру әдістері

г) Зымыран-тасымалдаушының істен шыққан сатысындағы отын бағының жарылыс қауіпсіздігін бағалау

Сызбалық материалдар тізімі:

1. Сызба материалдары 11, 24 слайдтарда көрсетілген

2. Және б. Сызба материалдар, 20 слайдтан артық емес


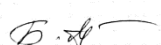
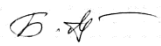

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 2 атау

1. Трушляков В. И. Оценка возможности разрушения топливных баков орбитальной отработанной ступени ракеты-носителя с маршевым ЖРД / В.И.

Трушляков, К. И. Жариков // Тепловые процессы в технике. – 2016. – № 6. – С. 278–288.




2. Трушляков В. И. Повышение тактико-технических характеристик ракет космического назначения с маршевыми жидкостными ракетными двигателями за счет газификации невырабатываемых остатков топлива и сжигания отделяющихся частей с использованием энергетических материалов / В. И. Трушляков, Д. Б. Лемперт, В. Е. Зарко, М. А. Корчагин // Сборник статей. Серия "Космический вызов XXI века". Москва. – 2016. – С. 189–204. 3 Теория и практика эксплуатации объектов космической инфраструктуры/ Спб.; БХВ-Петербург, - 2006.– 400 с.: ил.

Дипломдық жобаны дайындау
КЕСТЕСІ


Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Орбитадағы зымыран-тасымалдаушылардың істен шыққан сатысының жарылыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету бойынша зерттеулердің қазіргі жағдайы	13.03.2020	
Өз миссиясын орындағаннан кейін зымыран-тасымалдаушының істен шыққан сатысының қауіпсіздігін арттыру үшін қолданылатын шаралар	28.03.2020	
Орбитада болған кезде зымыран-тасымалдаушының істен шыққан сатысындағы отын бағының жарылыс қауіпсіздігін талдау	21.04.2020	
Зымыран-тасымалдаушының істен шыққан сатысындағы отын бағының жарылыс қауіпсіздігін арттыру әдістері	10.05.2020	

Дипломдық жоба бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының
аяқталған жобаға қойған

Қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Аналитикалық бөлім	А. Бапышев тех. ғыл. маг.	25.05.2020	
Негізгі бөлім	А. Бапышев тех. ғыл. маг.	25.05.2020	
Норма бақылаушы	А. Хабай PhD докторы	30.05.2020	

Ғылыми жетекшісі _____  А. Бапышев

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____  Ә. Жеткербай

Күні " 30 " 05 2020 ж

АҢДАТПА

Отын бактары мен магистральдарында қалған зымыран отының компоненттеріндегі өңделмеген сұйық қалдықтары, негізгі зымыран қозғалтқышы (3% - ға дейін бастапқы құюдан) өшірілген соң, шар баллондардағы үрлеу газымен қоса, өңделген сатылы зымыран-тасымалдаушыны жарылысқа қауіпті ірі көлемді ғарыш қоқысына айналдырады. Отын бактарынан бу-газ қоспасын (отынның буланған компоненті және үрлемелі газ) шығару кезінде дренаж жүйесінің қату мүмкіндігі үшін, ЗТ отын багы бастапқы кешенінде де, орбитада да жарылысқа әкеліп соғады. Алайда жер маңындағы ғарыш кеңістігінің ластануын төмендету мәселесі аса маңыздырақ болып табылады.

Бұл жұмыста Байқоңыр ғарыш айлағынан ұшырылған ұшыру аппараттарының жарылыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін зерттеулердің жай-күйіне талдау қарастырылған.

АННОТАЦИЯ

Невырабатываемые жидкие остатки компонентов ракетного топлива в топливных баках и магистралях после выключения маршевого ракетного двигателя (до 3% от начальной заправки), газ наддува в шар баллонах, превратили отработавшие ступени ракет-носителей во взрывоопасный крупногабаритный космический мусор. Возможность замерзания дренажной системы при сбросе парогазовой смеси (испарившийся компонент топлива и газ наддува) из топливных баков приводят к взрыву топливного бака как на стартовом комплексе РН, так и на орбитах. Однако наиболее актуальным является снижение засорения околоземного космического пространства.

В данной работе рассматриваются анализ состояния исследований по обеспечению взрывобезопасности отработавшей ступени ракет-носителей, запускаемых с космодрома Байконур.

ANNOTATION

Undeveloped liquid residues of rocket fuel components in fuel tanks and highways after turning off the main propellant rocket engine (up to 3% of the initial refueling), boost gas in a balloon, turned spent rocket stages into explosive large-sized space debris. The possibility of freezing of the drainage system when the vapor-gas mixture is discharged (the evaporated fuel component and boost gas) from the fuel tanks leads to a fuel tank explosion both on the launch vehicle and in orbits. However, the most relevant is the reduction of near-Earth space clogging.

This paper considers an analysis of the state of research to ensure the explosion safety of the spent stage of launch vehicles launched from the Baikonur Cosmodrome.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Орбитадағы зымыран-тасымалдаушылардың істен шыққан сатысының жарылыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету бойынша зерттеулердің қазіргі жағдайы	10
1.1 Ластанудың салдары және жер маңындағы ғарыш кеңестігіндегі зымыран-тасымалдаушының істен шыққан сатысының жарылыс қауіпсіздігін арттыру үшін қолданылатын шаралар	10
1.2 Өз миссиясын орындағаннан кейін зымыран-тасымалдаушының істен шыққан сатысының қауіпсіздігін арттыру үшін қолданылатын шаралар	12
2 Орбитада болған кезде зымыран-тасымалдаушының істен шыққан сатысындағы отын бағының жарылыс қауіпсіздігін талдау	15
3 Зымыран-тасымалдаушының істен шыққан сатысындағы отын бағының жарылыс қауіпсіздігін арттыру әдістері	18
3.1 Орбитадағы зымыран-тасымалдаушының істен шыққан сатысындағы отын бағының жарылыс қауіпсіздігін бағалау әдістемесі	19
3.2 Зымыран-тасымалдаушының істен шыққан сатысындағы отын бағының жарылыс қауіпсіздігін бағалау	22
Қорытынды	25
Қысқартулар тізімі	26
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	27

КІРІСПЕ

Отын бактары мен магистральдарында қалған зымыран отының компоненттеріндегі өңделмеген сұйық қалдықтары, негізгі зымыран қозғалтқышы (3% - ға дейін бастапқы құюдан) өшірілген соң, шар баллондардағы үрлеу газымен қоса, өңделген сатылы зымыран-тасымалдаушыны жарылысқа қауіпті ірі көлемді ғарыш қоқысына айналдырады. Отын бактарынан бу-газ қоспасын (отынның буланған компоненті және үрлемелі газ) шығару кезінде дренаж жүйесінің қату мүмкіндігі үшін, ЗТ отын багы бастапқы кешенінде де, орбитада да жарылысқа әкеліп соғады. Алайда жер маңындағы ғарыш кеңістігінің ластануын төмендету мәселесі аса маңыздырақ болып табылады.

UN COPUOS, IADC халықаралық ұйымдарының әзірленген ұсынымдарында, келесі шараларды қамтамасыз ететін, бірқатар талаптар бар:

- отын бактарындағы отын компоненттерінің өңделмеген қалдықтарын азайту;

- отын бактары мен шар баллондарынан, отын және газ компоненттерінің өңделмеген қалдықтарын қоршаған ортаға шығару. Бактан отын компоненттерінің өңделмеген қалдықтарын шығару жүйесін енгізу (ЗТ істен шыққан сатысының пассивациясы) орбитада қалдырылған ЗТ істен шыққан сатысының өз миссиясын орындағаннан кейін, отын багының жарылыс қауіпсіздігін арттыруға мүмкіндік береді.

Отын багынан шығару процесінде дренаж жүйесі арқылы бу-газ қоспасы ағады, бұл ретте конденсаттың түсуі және оның әрі қарай қатуының мүмкіндігі бар. Нәтижесі – жеткіліксіз өнімділікте көрінетін дренаж жүйесінің жұмысы кезінде, температуралық режимінің бұзылуы немесе дренаждық магистралінің толық қатуына алып келетін, суыған бу-газ қоспасының әсерінен толық жұмыс істемеу қабілеті, соның салдарынан ЗТ істен шыққан сатысындағы багтың жарылуы болып табылады.

Бұл отын компоненттерінің өңделмеген қалдықтарының қарқынды булануына және отын багындағы артық қысымның көбеюіне себеп болған, орбиталық істен шыққан ЗТ сатысының конструкциясына жылулық жүктелу көздеріне күн сәулесі, жердің меншікті және қайта зақымдалған сәулеленуі болып табылады. Конструкция материалы үшін рұқсат етілген мандерден асатын механикалық кернеулердің өсуіне байланысты, нәтижелегенде, отын багының ықтимал жарылысына әкеп соқтырады.

1 ОРБИТАДАҒЫ ЗЫМЫРАН-ТАСЫМАЛДАУШЫЛАРДЫҢ ІСТЕН ШЫҚҚАН САТЫСЫНЫҢ ЖАРЫЛЫС ҚАУІПСІЗДІГІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ БОЙЫНША ЗЕРТТЕУЛЕРДІҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ

Зымыранды шығару құралдарының қарқынды дамуы және орбитаға көптеген ғарыш аппараттарын (ҒА) ұшыру әсері, шығару құралдары нарығын елеулі өзгерістерге алып келді. Ең алдымен, ЗТ іске қосудың өзге де бірдей техникалық сипаттамалары кезінде, ҒА шығару құны, бәсекеге қабілеттіліктің ең басты факторына айналды, бұл ретте шығындар құрылымына экологиялық залалды өтеуге байланысты шығындар да кіреді.

Қоршаған ортаның өсіп келе жатқан ластану (жер маңындағы ғарыш кеңістігінің (ЖМҒК) қорғалатын аймақтары) салдары ғарыштық объектілердің (ҒО) қақтығыстары мен жарылыстарының жиілеуіне алып келді, сол себепті қоғамда сын-қатерлер қалыптасты, ЗТ әзірлеушілері үшін халықаралық ұйымдардың түрлі ұсыныстары осыған жауап болды, оған ғарыш кеңістігін бейбіт пайдалану жөніндегі БҰҰ техникалық кіші комитеті (UN COPUOS), ғарыш қоқысы жөніндегі Агенттік аралық үйлестіру комитеті (IADC), Ұлттық ғарыш агенттіктері (Роскосмос, Nasa , Жаха және т. б.) кіреді.

1986 жылы "Arian V-16" ЗТ екінші сатысының жарылысынан кейін, IADC ЗТ істен шыққан сатысының бортында тұрған зымыран отынының компоненті (ЗОК) істен шыққан энергетикалық қалдықтарын бәсеңдету арқылы, ЗТ істен шыққан сатысының отын бағының жарылыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету бойынша талаптар енгізілді. Талаптарды орындау орбитада тұрған ЗТ істен шыққан сатыларының, отын бактарының жарылыстарының санын азайтуға мүмкіндік берді. Дегенмен, кейбір деректер бойынша ЗТ сатыларының істен шыққан отын бактарының жарылыстары қазіргі уақытта да орын алады.

1.1 ЛАСТАНУДЫҢ САЛДАРЫ ЖӘНЕ ЖЕР МАҢЫНДАҒЫ ҒАРЫШ КЕҢЕСТІГІНДЕГІ ЗЫМЫРАН-ТАСЫМАЛДАУШЫНЫҢ ІСТЕН ШЫҚҚАН САТЫСЫНЫҢ ЖАРЫЛЫС ҚАУІПСІЗДІГІН АРТТЫРУ ҮШІН ҚОЛДАНЫЛАТЫН ШАРАЛАР

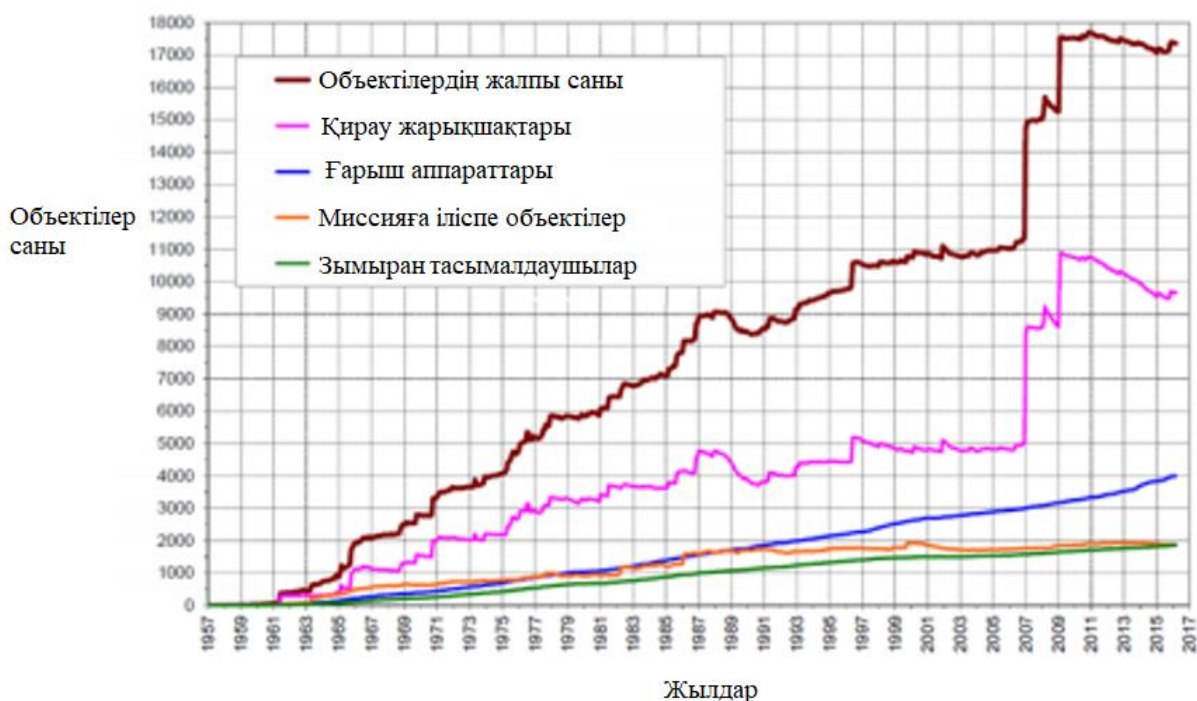
ҒА шығару процесі, оның жұмыс істеуі және одан әрі орбитада орнығуы, ЖМҒК техногенді ластанудың әртүрлі көздері болып табылады.

Ұзақ уақыт бойы орбитада орналасқанда, бұл техногенді ластану көздері ҒА орбитасына келетін , ұшырылатын ҒА, сондай-ақ жер бетіндегі объектілер мен халыққа тұрақты қауіп төндіреді. Ғарыштық қоқыстың техногендік көздеріне:

- Функционалдығын жоғалтқан ҒА;
- ЗТ істен шыққан сатылары;
- ҒА іске қосу және шығаруға байланысты элементтер;
- ҒА ұшуға және жұмыс істеуіне байланысты элементтер;

- ҒА миссиясымен байланысты элементтер;
- ғарыш объектілерінің бұзылу өнімдері (оның ішінде ҒА және ЗТ);
- отынның жану өнімдері.

Ластанудың осы көздері өзінің салмағы бойынша әртүрлі және ЖМҒК-нің жалпы ластануына әсер етеді. ҒА алғашқы іске қосылған сәттен бастап және осы уақытқа дейін ЖМҒК-нің техногендік ластануының жай-күйіне мониторинг жүргізіледі. АҚШ-ның мониторинг орталығының ҒО каталогының мәліметтері бойынша ЖМҒК-де кем дегенде 20 000 түрлі ҒО-ден астамы орналасқан. 1.1 Суретте 2017 жылғы қаңтардағы ЖМҒК-дегі ғарыш объектілері санының өзгеру диаграммасы көрсетілген.



1.1 Сурет – ЖМҒК-дегі ғарыш объектілері санының өзгеру диаграммасы

Қираулар санының және объектілердің жалпы санының өсуі 2007 және 2009 жылдары болған жарылыстарға байланысты. Берілген диаграммадан көрініп тұрғандай, ғарыштық қоқыстың пайда болуының ең қауіпті себебі, жарылыс салдарынан, қирау болып табылады. Жарылыс себептері әдетте операторлардың қателігі болып табылмайды, өйткені жарылыс өз миссиясын аяқтағаннан кейін орын алады.

Жарылыстардың салдары болжанбайды және статистикалық деректермен бағаланады. Жарылыс орбитада көптеген сынықтар жасайды, қарқынды жағынан биіктігін және қозғалыс бағытын осы орбитада өзгертетін. Одан әрі ҒО сынықтарының қозғалысы белгісіз, және жиі түрде айтылған сынықтар орбитада орналасқан басқа ҒО қақтығысыны алып келеді. ЖМҒК техногенді ластанудың әртүрлі салдарлары 1.2 Суретте көрсетілген.



1.2 Сурет – ЖМҒК техногенді ластану салдарларының түрлері

Көп жағдайда ЗТ орбиталық істен шыққан сатыларының, екпінді блоктардың және ҒА жарылыстары күтпеген сипатқа ие болып табылады және көбінесе "аномалды оқиға" ретінде каталогталады. Бақылау нәтижелерін талдау бойынша "аномалды оқиғалардың" 25% - ы бағдарлау және басқару жүйелеріне, сондай-ақ ашық кеңістікте орналасқан кіші жүйелерге келеді деп болжайды. 35% энергетикалық жүйелермен, атап айтқанда күн батареяларымен немесе олардың жетек тетіктерімен байланысты. Аномалды оқиғаны — ЗТ мен ҒА-ның істен шыққан сатыларының отын жүйелерінде, аккумуляторлық батареяларда, сығылған газы бар баллондарда және басқа да борттық жүйелерде, әдетте, олардың бағдарламалық жұмыс істеуін аяқтағаннан кейін болатын, штаттан тыс процесс ретінде сипаттауға болады.

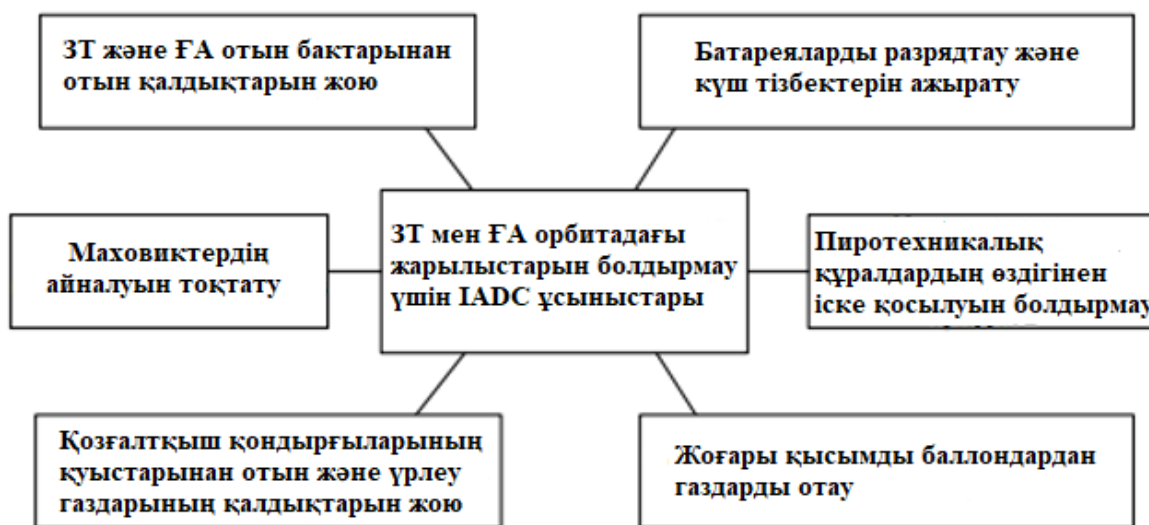
1.2 ӨЗ МИССИЯСЫН ОРЫНДАҒАННАН KEЙІН ЗЫМЫРАН-ТАСЫМАЛДАУШЫНЫҢ ІСТЕН ШЫҚҚАН САТЫСЫНЫҢ ҚАУІПСІЗДІГІН АРТТЫРУ ҮШІН ҚОЛДАНЫЛАТЫН ШАРАЛАР

Қазіргі уақытта қолда бар деректер бойынша ЖМҒК-дегі марштық сұйықтықты зымыран қозғалтқыштары бар ЗТ сатыларының пайдаланылған отын бактарының 200-ден астам жарылуы туралы белгілі. Статистикалық мәліметтерге сәйкес жарылысқа өзін-өзі тұтанатын сұйық ЗОК, сондай-ақ өздігінен тұтанбайтын ЗТ істен шыққан сатысының отын бактары ұшырайды.

Көшкін тәріздес ғарыштағы объектілер санының ұлғайуы және ЗТ өңделген сатылары мен разгондық блоктарының жиі жарылыстары, негізгі ғарыш агенттігі мен ЗТ және ҒА әзірлеушілерін, ЖМҒК орбиталарындағы ғарыш қоқысының түсуін төмендетуді қамтамасыз ету үшін, қазіргі уақытта тиімді жобалық-құрастырушылық шешімдерді төмендетуді қамтамасыз ететін қарқынды іздеу жүргізілуде.

IADC ағымдағы жыл сайынғы отырыстарында бұрын жарияланған "жер маңындағы ғарыш кеңістігінің ластануын азайту жөніндегі жұмыстардың басшылық қағидаттары" құжатына түзетулер мен толықтырулар енгізіледі. Бұл мәселе БҰҰ-да, атап айтқанда, UN COPUOS ғарыш кеңістігін бейбіт пайдалану жөніндегі техникалық кіші комитетте үнемі талқыланады.

Нормативтік құжаттарға сәйкес ғарыштық қоқыстың пайда болуын төмендету және өз миссиясын орындауды аяқтаған ЗТ мен ҒА істен шыққан сатыларының жарылыстарын болдырмау үшін 1.3 Суретте ұсынылған бірқатар талаптар енгізілді.



1.3 Сурет – Өз миссиясын аяқтағаннан кейін ЗТ және ҒА жұмыс істеген сатыларының орбитасындағы жарылыстарды болдырмау үшін IADC ұсыныстары

Аталған талаптарды қолдану, осы құжатты әзірлеушілердің пікірінше, ЗТ сатыларының пайдаланылған отын бөліктерінің жарылыстарының санын азайтуға мүмкіндік береді. Атап айтқанда, "Ариан-5" ЗТ бірінші сатысының жарылыс қауіпсіздігін газдалған сутегін шығару есебінен, бойлық осьтің айналасына айналу жолымен қамтамасыз етті. "Дельта" ЗТ екінші сатылы отын бактарынан өздігінен тұтанатын сұйық ЗОК және үрлеу газын шығару, орбитадағы осы отбасының ЗТ істен шыққан сатыларының жарылыс қауіпсіздігін арттыруға мүмкіндік берді.

"НП-В" ЗТ екінші сатысының криогенді отын бөлігінің қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін, биіктігі ~ 260 км айналма орбитада қызып кетуден және орбитадан кейінгі белсенді басқарылатын түсіру үшін, отын бөлігінің бетіне қосымша жылу қорғау жабыны жағылды. Бұл рәсім орбитада ЗТ істен шыққан сатысының болу уақытын, бастапқы уақыттан 3 орамға дейін арттырды.

Орбитада орналасқан ЗТ істен шыққан сатысының отын багынан сұйық ЗОК қалдықтарын жоюды қамтамасыз ету, өте күрделі және еңбекті көп қажет ететін процесс. ЗТ-ның пайдаланылған сатысы жеңілдікте болғандықтан, сұйық ЗОК қалдықтарының шекаралық жағдайын анықтау мүмкін емес. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелеріне сәйкес, ЗТ істен шыққан сатысының конструкциясына әрекет ететін шамадан тыс, жүктеме салдарынан марштық сұйықтықты зымыран қозғалтқышын (СЗҚ) ажыратқаннан кейін, сұйық ЗОК отын багының төменгі түбінен жоғарғы түбіне жылжиды.

Үрлеу газын отын багынан жоюының өз қиындықтары бар. Отын багының газ фазасында үрлеу газынан басқа сұйық ЗОК булары да бар, сонымен қатар жоғары қайнайтын және криогендік ЗОК үшін газ фазасындағы будың көлемді құрамы әртүрлі болады. Бу – газ қоспасын (БГҚ) (үрлегіш газы және сұйық ЗОК буы) шығару кезінде дренаждық жүйе арқылы ЗТ істен шыққан сатысының отын багында бар - конденсаттың БГҚ-нан түсуі және оның дренаждық магистральда (ДМ) одан әрі қатуы мүмкін, ол ЗТ істен шыққан сатысының отын багының қирауына және жарылысына әкеп соқтырады.

"Зенит" ЗТ екінші сатылы отын багының орбитадағы жарылысына әкеп соққан, ЗОК және үрлегіш газының сұйық қалдықтарын шығару амалының, іске асыру мысалы болып табылады. Орбитаға пайдалы жүктеме шығарылғаннан кейін және отын бактарындағы марштық СЗҚ сөндірілгеннен соң, сұйық оттегі 4 тоннаға дейін, керосин 2 тонна және 60 кг газ тәрізді гелийдің қалуы мүмкін. Шығару процесінде және жарылысқа дейін "Зенит" ЗТ екінші сатылы отын бактары, барынша жарық беру жағдайында болды. Күн мен жерден отын багының бетіне әсер ететін жылу жүктелуі, криогендік ЗОК-нің қарқынды булануына алып келді. Криогендік отын багының дренаждық жүйесі, шамасы, отын багынан ағатын бу-газ қоспасының әсерінен, жұмысқа жарамсыз болып шықты.

2 ОРБИТАДА БОЛҒАН КЕЗДЕ ЗЫМЫРАН-ТАСЫМАЛДАУШЫНЫҢ ІСТЕН ШЫҚҚАН САТЫСЫНДАҒЫ ОТЫН БАҒЫНЫҢ ЖАРЫЛЫС ҚАІПСІЗДІГІН ТАЛДАУ

Кез келген жанғыш материалдар сияқты, сұйық ЗОК сақтау ерекшеліктері, сондай-ақ оларды жер бетіндегі жағдайларда пайдалану ережелері өрт, жарылыс және олардың салдары сияқты әлеуетті сценарийлерді талдауға негізделеді. Жоғары температурада, жеткілікті ұзақ уақыт бойы әсер еткен кезде, жабық ыдыстардағы сұйықтықтардың қайнату механизміне алып келеді, сондай – ақ мұндай қайнаудың салдары – жарылыс болып табылады, жұмыстарда егжей-тегжейлі сипатталған.

Жанғыш материалдарды сақтау кезінде, өрт және жарылыс қауіпсіздігін үшін, сандық бағалау әдістерін қолдану, қауіптілік коэффициенттерін есептеуге және тәуекел дәрежесін есептеу кезінде статистикалық-ықтималдық тәсілге негізделген. Бұл орбитада орналасқан ЗТ-ның пайдаланылған сатысындағы отын бағының жарылыс қауіпсіздігін, ЗОК өңделмеген сұйық қалдықтарымен бағалауға мүмкіндік бермейді. Бұл қолда бар әдістемелік материалдарға байланысты, ғарыштық кеңістік факторларының әсер етуі жағдайында, жанғыш материалдарды сақтауды көздемейді. Ғарыш кеңістігінің факторлары деп орбиталық қозғалысы кезінде ЗТ істен шыққан сатысының отын бағына, жерден шағылысқан тікелей күн сәулесі, жердің меншікті сәулеленуі және аэродинамикалық жылу ағыны сияқты жылу әсерлері түсініледі.

ЗТ сатысының істен шыққан отын бағының жарылыс себептерін талдау барысында, жарылыс екі түрге бөлінген: химиялық және физикалық. ЗТ істен шыққан сатысындағы отын бағының жарылыс себептерінің жіктелуі, 2.1 Суретте көрсетілген.



2.1 Сурет – ЗТ істен шыққан сатысындағы отын бағының жарылыс себептерінің жіктелуі

Өздігінен тұтанатын ЗОК бар ЗТ сатысының істен шыққан отын багының химиялық жарылысының ең ықтимал себебі, отын бөліктеріндегі конструкциялардың деформациясы (аралық түптер, құбырлар) және олардың ЗОК өзара іс-қимылына алып келетін зақымдануы болып табылады.

ЗТ-ның істен шыққан сатысындағы отын багының деформациясы, өз кезегінде, ЗТ-ның істен шыққан сатысының конструкциясының күндік жылулық жүктемесінен, орбиталық қозғалыс кезіндегі жердің сәулеленуінен, ЗТ-ның булануы салдарынан, бактар мен магистральдардағы ішкі қысымның жоғарылауынан, сондай-ақ ғарыш кеңістігі факторларының әсерінен, ЗТ-ның істен шыққан сатысының отын багының конструкциясы материалының беріктігінің төмендеуінен, туындауы мүмкін.

Тұтанбайтын ЗОК бар (атап айтқанда, криогенді) ЗТ істен шыққан сатысы үшін, отын бактарында, ЗОК булары қысымының бактар конструкциясының беріктігінен асатын шамаларға дейін артуы нәтижесінде болатын, отын бактарының физикалық жарылысы орын алады деп болжанады. Бактар конструкциясы материалының беріктігі, ғарыштық кеңістік факторларының әсеріне байланысты болып табылады. Қарастырылып отырған кезеңде бұл тәуелділік, температураның жоғарылауы кезінде, конструкция материалының беріктігі, модулінің шамасының төмендеуінен көрінеді.

Бірнеше факторлардың белгілі бір үйлесімі (орбитаның жарықтандырылған бөлігінде ЗТ істен шыққан сатысындағы отын багының болу уақыты, орбитаның параметрлері, отын багындағы сұйық ЗОК қалдықтарының саны, ЗОК типі, үрлеудің бастапқы қысымы, ЗТ істен шыққан сатысының бағдары, дренаждық құрылғылардың болуы және т.б.) орбитада орналасқан ЗТ істен шыққан сатысындағы отын багының жарылыс ықтималдығын арттырады. Жүргізілген жұмыстарда, ҒО жер атмосферасына кіру кезіндегі термомеханикалық бұзылуды, моделдеудің негізгі әдістері ұсынылған. ORSAT, SCARAB, SESAM, SERAM сияқты қолда бар бағдарламалық өнімдер және зерттеулер, ЗТ істен шыққан сатысындағы отын багының жылу жай-күйін бағалауды жүргізуге мүмкіндік бермейді: қуатты, жоғары разрядты есептеу жүйелерін, қолайлы уақытта орындау кезінде, олардың дәлдігін арттыру үшін қажетті қолдану; осындай бағдарламалық өнімдердің құны жеткілікті жоғары. Осылайша, осы жұмыстағы міндеттерінің бірі, аталған факторлардың әсерін және жалпы жарылыс қауіпсіздігін ескере отырып, орбитада орналасқан ЗТ-ның істен шыққан сатысындағы отын багының жылу жағдайын бағалау әдістемесін әзірлеу болып табылады.

ЗТ істен шыққан сатысындағы отын багының дренажды магистралынан бу-газ қоспасының аяқталуы жайлы зерттеулерді талдау

БГҚ шығару процесінде, газдың өтуі автотербелмелі сипатқа ие және ЗОК түріне байланысты болып табылады. Төмен қайнайтындар үшін – ЗОК тұрақты булануына байланысты (сұйық оттегі, сутегі) қоршаған ортаға мерзімді отау болады, жоғары қайнайтындар үшін – отыны багының қабырғасының аэродинамикалық қызуына және отынның сұйық компонентінің перифериясына байланысты мерзімді от жағу жүргізіледі.

Берілген координатқа пайдалы жүкті жеткізу бойынша, ЗТ өз миссиясын орындағаннан кейін марштық СЗҚ сөндіріледі, отын багына үрлеу газын беру тоқтатылады. IADC талаптарына сәйкес ЗТ өз миссиясын орындағаннан кейін – шар-баллондардан, отын багынан және үрлеу газдан БГҚ-ның шығарылу командасы беріледі. Газ шығару командасы, отын багынан БГҚ толық отындау үшін, дренажды-сақтандырғыш клапанын (ДСК) тұрақты ашуды білдіреді. Бұл ретте дренаждық магистраль бойынша ағатын БГҚ, жұмыс пен жылу алмасу жасайтын болады. Қоршаған ортамен және ДМ қабырғасымен жылу алмасу есебінен, ЗОК буының кейіннен сұйық немесе қатты фазаға, фазалық ауысуымен температурасының төмендеуі болады.

Статистикалық деректерге сәйкес, ЗТ пайдаланылған сатының отын багындағы марштық СЗҚ ажыратылғаннан кейін, өңделмеген сұйық ЗОК қалдығы, отын багына құйылатын бастапқы көлемнің 3-5% - ынан аспайды. Бұл ретте сұйық ЗОК булары конденсация және бу түзілу процесінің тоқтатылмауына байланысты, сұйық ЗОК бетінің айнасына тікелей жақын болады. СЗҚ ажыратылғаннан кейін сұйық ЗОК белгісіз шекаралық жағдайын ескере отырып, үрлеу газы мен бу-газ қоспасының, сондай-ақ сұйық ЗОК бар бу-газ қоспасының бірдей дәрежеде өтуі мүмкін.

Отын багының жарылу мүмкіндігін ескере отырып, ЗТ (отын багының көлемі, үрлемелі газ түрі, ЗОК түрі) және БГҚ термодинамикалық параметрлерінің функциясы ретінде орбитада орналасқан ЗТ істен шыққан сатысындағы отын багының дренаждық магистралынан БГҚ-ның өту процесі үшін, теориялық және эксперименттік зерттеу қажеттілігі туындайды. Өту процестеріне арналған көптеген жұмыстар негізінде газ немесе сұйық ортаның қозғалысы көп жағдайда қарастырылады. Жобаланған математикалық модельдер, өте сыни ағын жылдамдығының және қоршаған ортаның төмен қысымының ерекшеліктерін ескермейді.

3 ЗЫМЫРАН-ТАСЫМАЛДАУШЫНЫҢ ІСТЕН ШЫҚҚАН САТЫСЫНДАҒЫ ОТЫН БАҒЫНЫҢ ЖАРЫЛЫС ҚАУІПСІЗДІГІН АРТТЫРУ ӘДІСТЕРІ

Алдағы уақытта ЗТ үшін қолайлы, экологиялық "таза" сұйық ЗОК пайдалану: сұйық оттегі, керосин (РГ-1, Т-1), сұйық сутегі, сұйытылған табиғи газ ЗТ-на старттық дайындау кезінде жарылыс қауіпсіздігіне жоғары талаптар қояды. Осы талаптардың негізінде, қауіпсіздікті қамтамасыз ету және қауіпті мен зиянды факторлардың әсерін болдырмау жатады.

Қарастырылып отырған ЗТ сатысының істен шыққан отын бағының жарылыстық бұзылуының ең ықтимал себебі – отын бағындағы қалдық қысымның және ЗОК-нің өңделмеген сұйық қалдықтарының нәтижесінде пайда болатын, физикалық жарылыс. Газ үрлегіштің қысымындағы отын бағы жылу жүктеуге ұшырайды, соның нәтижесінде газдың кеңеюі және ЗОК өңделмеген сұйық қалдықтарының булануы есебінен, отын бағындағы және магистральдардағы ішкі қысым артады.

Қоршаған ортаға ДМ арқылы отын бағынан артық қысымды шығару, дренаждық магистральдің ішкі бетінде және дренаждық жүйенің жеткіліксіз өнімділігінің салдары ретінде ЗОК буының конденсациясына және қатуына алып келеді. Отын бағындағы және магистральдардағы ішкі қысымның өсуі процесінде, конструкция материалының беріктігінен асып түсетін шамаға жетіп, конструкция материалының бұзылу кернеуі өседі, бұл жарылысқа әкеледі.

Технологиялық процестердің айырмашылықтары себебінен қауіпсіздікті қамтамасыз етуге жалпы қабылданған талаптар мен әдістерді қолдану қиын.

Қолданыстағы әдістер, тәсілдер мен техникалық шешімдер, келесі үшін бағытталады:

– ЗТ істен шыққан сатысының отын бағындағы ЗОК өңделмеген сұйық қалдығының азаюы; мысалы, борттағы ЗОК кепілдік қорларын азайту үшін, отын бөлігінің құрамына бактарды бір мезгілде босату жүйесін үшін, ЗОК деңгейінің датчиктерімен, берілген алгоритм бойынша ЗОК беруді орындайтын борттық цифрлық есептеу кешенін орнатады. Бұдан басқа, старт алдындағы дайындық кезінде отын бактарына жеке жанармай құюды жүзеге асырады, осылайша ЗТ бортындағы ЗОК кепілдік қорларын барынша азайтуды қамтамасыз етеді;

– ЗТ бортында және ЗТ істен шыққан сатысының құлау аудандарында, ЗОК сұйық қалдықтарын бейтараптандыру; ЗОК сұйық қалдықтарын термиялық ыдырату және залалсыздандыру сияқты әдістерді іске асыру, экологиялық "таза" және жарылыс қаупі бар ЗОК-не байланысты мүмкін емес.

Отын бағында ЗОК қалдықтарының химиялық байланыстырылуын қолдану немесе ЗТ қолдау бортындағы олардың герметикалық конструкцияға орнын ауыстыруы, ЗОК өндірушісінен қолдау тапқан жоқ.

Бұлар мен ЗОК физикалық-химиялық тәсілдермен бейтараптандыру: каталикалық, радиациялық, адсорбциялық және т. б. қыздыру құралдарының көмегімен ЗОК қалдықтарын буландыру тәсілі сияқты ерекше сипатқа ие. Бұл

тәсілдер отын бактарындағы ЗОК өңделмеген сұйық қалдықтарынан толық мөлшерде құтылуға мүмкіндік береді, бірақ арнайы стационарлық жағдайларда ғана іске асырылады.

ЗОК қалдықтарының булануының баламалы шешімі отын бактарын үрлеу (желдету) болып табылады. IADC криогенді ЗОК үшін отын бактарының жарылыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету бойынша жалпы ұсынымдар ұсынылған, олар отын бактары мен магистральдарды желдетуді, марштық СЗҚ және т. б. өшіру сәтінде ЗОК өңделмеген сұйық қалдықтарын азайтуды көздейді. Отын багының вентиляциялануын іске асыру үшін марштық СЗҚ бар алдыңғы уақытта ЗТ үшін, отын багына жылу тасымалдағышты (ЖТ) беру негізінде ЗОК сұйық қалдықтарын конвективті газдандыру технологиясын пайдалануды қарастыру ұсынылады. Бұл технологияны іске асыру, газдандыру жүйесін әзірлеуді көздейді, ол өз кезегінде марштық СЗҚ бар ЗТ істен шыққан сатысын түсірудің белсенді борттық жүйесінің құрамдас бөлігі болып табылады.

Отын багындағы ЗОК-нің өңделмеген сұйық қалдықтарын газдандыру жүйесі үшін ЗТ істен шыққан сатысының бортына ЖТ алу марштық СЗҚ ажыратылғаннан және отын багың кейіннен желдетуден кейін берілген физика-химиялық қасиеттері бар газ генерациялайтын құрамдарды (ГГҚ) жағу негізінде ұсынылады.

ГГҚ жану процесінде құрамында газ фазасы (ГГҚ массасынан 42% - ға дейін), сондай-ақ қатты фазасы (ГГҚ массасынан 58% - ға дейін) бар жану өнімдерінің көп мөлшері бөлінеді. ГГҚ типтерін, құрамдарын және санын таңдау еңбекті қажет ететін міндет болып табылады.

Жылу тасымалдағыштан, ЗОК буларынан және дренаждық жүйе арқылы үрлеу газынан тұратын "БГҚ+ЖТ" термодинамикалық жүйесін шығару процесінде, қоршаған ортаға термодинамикалық параметрлердің өзгеруі жүргізілетін болады. Берілген термодинамикалық қасиеттермен ЖТ беру арқылы бақыланатын белгілі бір үйлескен кезде ЗОК булары конденсатының түсу және оның ДМ қату қауіпінсіз "БГҚ+ЖТ" термодинамикалық жүйесін шығару жүзеге асырылады.

ГГҚ қатты фазасынан жылу көпірінің есебінен дренаждық жүйеге қосымша жылу беру, дренаждық жүйе жұмысының қажетті температуралық режиміне, ал тұтастай алғанда, орбитада орналасқан ЗТ істен шыққан сатысының отын багының жарылыс қауіпсіздігіне кепілдік береді.

3.1 ОРБИТАДАҒЫ ЗЫМЫРАН-ТАСЫМАЛДАУШЫНЫҢ ІСТЕН ШЫҚҚАН САТЫСЫНДАҒЫ ОТЫН БАГЫНЫҢ ЖАРЫЛЫС ҚАУІПСІЗДІГІН БАҒАЛАУ ӘДІСТЕМЕСІ

Орбитадағы ЗТ істен шыққан сатысындағы отын багының жарылыс қауіпсіздігін бағалау әдістемесі, тұжырымдалған жорамалдар мен шектеулер

кезінде жылу, жылу және масса алмасу процестерін есептеудің математикалық модельдерін білдіреді.

Қарастырылып отырған термодинамикалық жүйелер: отын бағы және дренаждық магистраль – бөлек болып табылады, бұл ретте жүйелер арасындағы байланыс, газ массасының өзгеруі кезінде ғана жүзеге асырылады (қоршаған ортаға шығару кезінде). Дренаждық жүйеге дренаждық-сақтандырғыш клапан және дренаждық магистраль кіреді. ДСК ашылған сәтте, газ отын бағынан ДСК-нан өтеді, содан кейін ДМ өтеді, ал кейін қоршаған ортаға түседі. Бұл ретте ДСК ашылғанға дейін термодинамикалық жүйелер отын бағы және ДМ тұйық болмайды. Күн мен жерден ДМ-ға жылу жүктемесі, сондай-ақ отын бағынан ДМ жылу берілісімен, ДМ конструкциясының өте аз массасына байланысты болып табылады.

Әдістеме бірнеше кезеңнен тұрады:

- ЗТ істен шыққан сатысындағы отын бағының бағдарлау параметрлерін талдау;
- ЗОК өңделмеген сұйық қалдықтарының шекаралық жағдайын талдау;
- сыртқы жылу көзінен ЗТ сатысының пайдаланылған отын бағының конструкциясының қызуын талдау (күннен сәулелену, жерден және т. б. сәулелену), пайдаланылған ЗТ сатысының қыздырылған отын бағының конструкциясынан сұйық ЗОК қалдықтарына және үрлеу газына жылу беру;
- сұйық ЗОК өңделмеген қалдықтарының булануын есептеу;
- отын бағындағы БГҚ газдинамикалық параметрлерін есептеу, оның ішінде ішкі қысымнан отын бағының конструкциясының бұзылуына сәйкес шекті шамаға дейін БГҚ қысымын арттыру;
- ғарыштық кеңістік және температура факторларының әсерінен ЗТ істен шыққан сатысының отын бағының беріктігінің төмендеуін есептеу.

Жорамалдар мен шектеулер

Ж.1. 200-1000 км биіктік диапазонындағы ЗТ істен шыққан сатысының полярлық айналма орбиталары қарастырылады.

Аталған жол беру орбиталардағы ғарыш объектілерін (жұмыс істеген ЗТ, ҒА сатыларын) ажырату мақсатында енгізілді.

Ж.2. Күн сәулесінің жұтылу коэффициентінің және қара түсті дәрежесінің шамалары ЗТ-ның істен шыққан сатысының отын бағының бетінің тұрақты түрде қабылданады.

Ж.3. Жылу жүктемесін бағалауды жүргізу басында термодинамикалық тепе-теңдік болжанады, яғни барлық жылу алмасуға қатысушылар (үрлеу газы және сұйық ЗОК өңделмеген қалдығы) бактың ішінде және ЗТ істен шыққан сатысының отын бағының қабырғаларында бірдей температураға ие.

Зерттеу шеңберінде ЗТ-ның пайдаланылған сатысын өз миссиясын орындады, марштық СЗҚ өшірілді, басқару жүйелерінің батареялары ажыратылды, айналмалы маховиктер тоқтады, газ ағыны мен үрлеуінің ағуы және ЗОК болмайды.

Ж.4. Жер мен күннің беті изотермиялық болып қабылданған.

Ж.5. Жерден шағылысқан күн сәулесінің жылу ағыны және жердің меншікті сәулеленуі, орбитаның көлеңкелі және жарықтандырылған бөліктерінде тұрақты қабылданады.

Ж.4 және Ж.5 күн сәулесінің және жердің күн сәулеленуінің тоқтаусыз әсерінен дұрыс болып табылады. Жылу ағындарының орташа жылдық ауытқуы 5% - дан аспайды.

Ж.6. Беріктік шегінің төмендеуі отын бағының конструкциясының материалы ғарыш кеңістігі факторларының әсері, есебінен ғана қарастырылады.

Бұл әсер қосымша жылу әсерінің болуын негіздейтін (корпускулярлық ағындар, ультракүлгін радиация және т.б.) болып табылады.

Ж.7. ЗОК өңделмеген сұйық қалдықтарын орналастырудың шекаралық шарттары — отын бағының сфералық түбінде, не отын бағының цилиндрлік ернеушесінің ішкі бетінде.

Ж.8. Газ арасындағы жылу алмасу, ЗОК өңделмеген сұйық қалдықтары мен отын бағының қабырғалары, жылу өткізгіштік механизмінің есебінен жүзеге асырылады.

Бұл жол беру негізді болып табылады, себебі газ қозғалысы іс жүзінде жоқ, сәйкесінше жеңілдік жағдайында табиғи конвекция механизмі (жылудың конвективті тасымалдануы) мүмкін емес.

Ж.9. ЗТ істен шыққан сатысының бағдары кездейсоқ болып табылады, яғни оның айналу жылдамдығы және осьтердің орналасуы үнемі өзгереді, сондықтан бойлық және көлденең осьтердің айналуының екі шекаралық жағдайы қарастырылады.

Ж.10. Пайдаланылған ЗТ сатысының отын бағының кернеулі-деформацияланған жай-күйін бағалау шпангоуттарсыз және химиялық фрезерлеусіз, айналу беті бойынша біркелкі бөлінген ішкі қысымымен жүктелген, моментсіз жұқа қабырғалы цилиндрлік қабықтың кернеулерін есептеу негізінде жүзеге асырылады.

Ж.11. Отын бағының қабырғасы температурасының және олар түйісетін бактың сол бөлігі үшін, ЗОК өңделмеген сұйық қалдықтарының теңдігі қабылданады.

Ж.12. Газдан және ЗОК буларынан тұратын БГҚ есепті шешудің бірінші жол беруінде тек үрлеу газынан тұратын газ болып саналады, яғни бір фазалы орта – газды, ондағы бу құраушысын есепке алмағанда ғана қарастырады.

Статистикалық деректерге сәйкес отын бактарында марштық СЗҚ ажыратылғаннан кейін өңделмеген сұйық ЗОК қалдығы отын бағына құйылатын бастапқы көлемнің 3-5% - ынан аспайды. Бұл ретте ЗОК жұптары конденсация және бу түзілу процесінің тоқтатылмауына байланысты ЗОК өңделмеген сұйық қалдығының айнасына тікелей жақын болады.

Ж.13. ДМ бойынша қозғалыс кезінде газдың фазалық өту мүмкіндігін термодинамикалық талдау газ ағыны температурасының төмендеуі бойынша анықталады. Жол беру қолданылатын математикалық модельге байланысты.

Ж.14. Газ ағу процесінде гравитациялық құрамдастардың және инерциальды күштердің әсерімен, үйкеліс шығындарымен, тұтқырлықтың

әсерімен, үйкеліс шығындарымен, ДМ бойынша газдың өту процесінде, гравитациялық құрамдастардың әсерін ескермейміз.

Зерттеудің бастапқы кезеңінде бұл әсерлер мен факторлар қарастырылмайды. Одан әрі зерттеулерде әсерлер мен факторлардың деректері есепке алынады.

Ж.15. Газ шығару кезінде ДМ қабырғасының барлық бетінің температурасы тұрақты қабылданған.

Ж.11. және Ж.15. , Ж.8. енгізілуімен байланысты, жылу беру процесі жылуөткізгіштік механизмінің көмегімен жүзеге асырылады.

3.2 ЗЫМЫРАН-ТАСЫМАЛДАУШЫНЫҢ ІСТЕН ШЫҚҚАН САТЫСЫНДАҒЫ ОТЫН БАГЫНЫҢ ЖАРЫЛЫС ҚАУІПСІЗДІГІН БАҒАЛАУ

Жарылыс қауіпсіздігін бағалауға ұсынылатын тәсіл, сақиналы кернеулердің қатынасы ретінде берілген σ_{ϕ} отын багының конструкциясына, тиісті материалдан жасалған отын багының конструкциясы (мысалы, ЗТ конструкцияларында неғұрлым кең таралған АМГб) және σ_f конструкциясы материалының беріктілік шегі түрінде ұсынылған К (беріктік қоры) көрсеткішіне талдау жүргізуге негізделеді:

$$K = \sigma_{\phi} / \sigma_f \quad (1)$$

σ_f - ғарыштық кеңістік факторларының әсер ету жағдайында, конструкция материалының беріктік шегінің шамасы 270 МПа тең мән қабылданған.

Осылайша, егер $K \geq 1$ болса, онда пайдаланылған ЗТ сатысының отын багы жарылыс қауіпті болып табылады, ал егер $K < 1$ кезінде – жарылыс қауіпті емес.

Отын багында әсер ететін кернеулер ішкі қысыммен жүктелген, айналу беті бойынша біркелкі бөлінген, бекітілмеген жұқа қабырғалы цилиндрлік қабықтың кернеулі-деформацияланған жай-күй жағдайынан анықталады.

Жұқа қабырғалы бекітілмеген цилиндрлік қабыққа әсер ететін кернеу σ_{ϕ} сақиналы қимада максималды мәндерге ие болады:

$$\sigma_{\phi} = p_m * D / 2b \quad (2)$$

Мұнда:

Д – отын багының сыртқы диаметрі;

б – отын багының қабырғасының қалыңдығы.

ЗОК өңделмеген сұйық қалдығының қарқынды булануы нәтижесінде, қысымның жоғарылауына байланысты отын багының бұзылуын тротил эквивалентіндегі E_{exp} жарылыс қуаты арқылы бағалау орынды. Жарылыстың

үлестік энергиясы үшін жарылғыш заттың жарылу ыдырау энергиясы – тринитротолуол алынады:

$$E_{\text{exp}} = Q_{\text{TNT}} m_{\text{TNT}} \quad (3)$$

Мұнда:

Q_{TNT} – тринитротолуолдың жарылғыш ыдырауының үлестік энергиясы;

Орташа шамада = 4,52 МДж / кг;

m_{TNT} – жарылғыш заттың салмағы (тринитротолуол).

Физикалық жарылыс энергиясын теңдеумен бағалауға болады:

$$E_{\text{exp}} = (p_m * p_a)V / \kappa - 1 \quad (4)$$

Мұнда:

p_m, p_a – орбитаның берілген биіктігінде, отын бағындағы газға және атмосфераға сәйкес қысым;

V – отын бағындағы газ көлемі;

κ – отын бағындағы газ адиабатының көрсеткіші.

Осылайша, тротил эквивалентіндегі физикалық жарылысты бағалау үшін соңғы теңдеуде (3) және (4) қолданамыз:

$$E_{\text{exp}} = (p_m * p_a)V / (\kappa - 1) Q_{\text{TNT}} \quad (5)$$

ЗТ істен шыққан сатысының отын бағының жарылыс қауіпсіздігін бағалау әдістемесі, бірқатар факторларға байланысты термодинамикалық есептеуді жүргізуді көздейді (орбитаның жарықтандырылған бөлігінде ЗТ істен шыққан сатысының отын бағының болу уақыты, бактағы сұйық ЗОК қалдығының саны, ЗОК түрі, үрлеу газы, ЗТ істен шыққан сатысының бағдарлануы, дренаждық құрылғылардың болуы және т. б.) және бірқатар міндеттерді жүйелі шешуден тұрады:

а) ЗТ сатысының істен шыққан отын бағының жылу жүктелуінің жоғарғы мен төменгі шектерін және, тиісінше, ЗТ істен шыққан сатысының отын бағындағы БГҚ қысымын параметрлер функциясы ретінде анықтау:

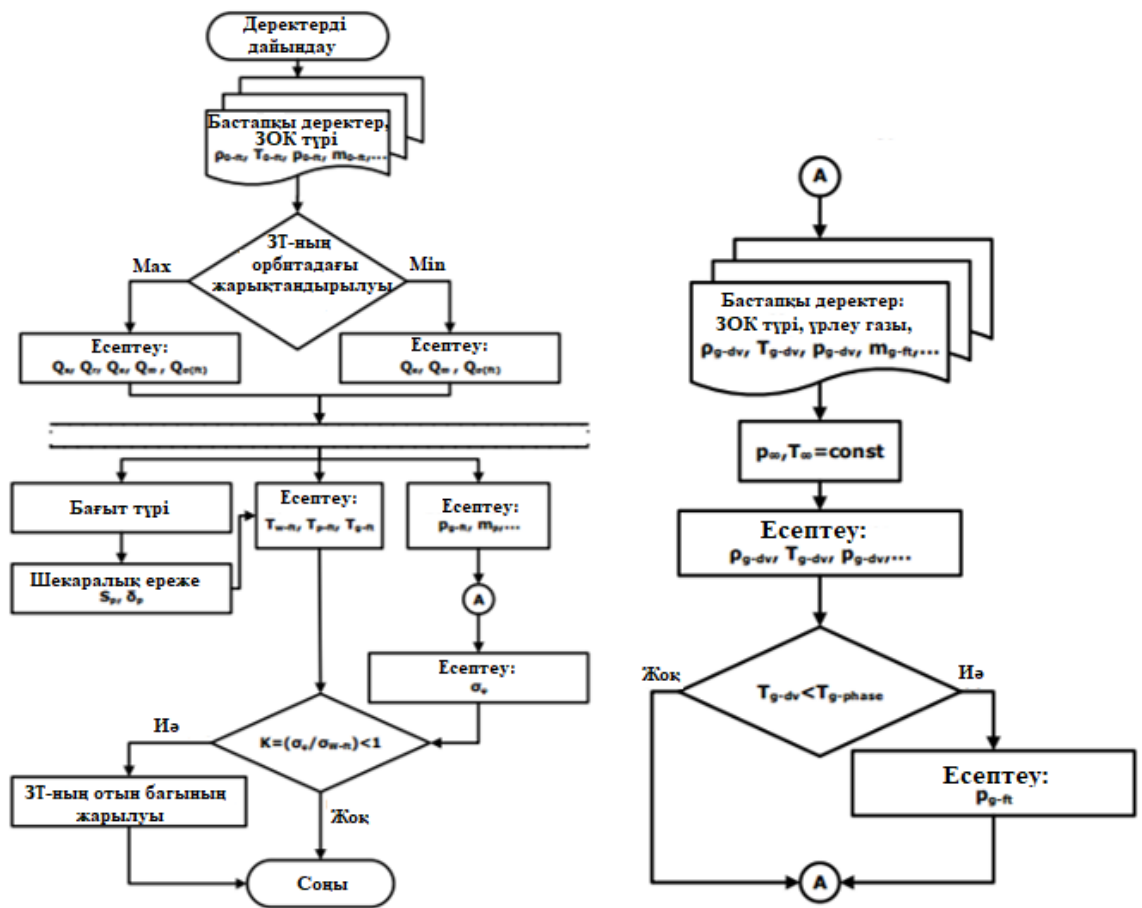
– ЗОК өңделмеген сұйық қалдығының массасы;

– ЗОК өңделмеген сұйық қалдығын орналастыру, шекаралық шарттары;

– ЗТ істен шыққан сатысының орбитасының параметрлері, оның ішінде жарықтандыру;

б) ДМ-дан БГҚ өту процесін сипаттайтын термодинамикалық параметрлер аймағын анықтау;

в) ЗТ-ның температурасының жоғарылауы және ЗОК-ның өңделмеген сұйық қалдығының булануынан туындаған, ішкі қысымның жоғарылауы кезінде істен шыққан сатының отын бағының конструкциясының беріктігін бағалау.



3.1 Сурет – Орбитадағы ЗТ істен шыққан сатысындағы отын бағының жарылыс қауіпсіздігін бағалау блок – схемасы

ҚОРЫТЫНДЫ

Осы жұмыс аясында зымыран тасымалдаушының істен шыққан сатысының жарылыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету бойынша зерттеулердің жай-күйін талдау қаралды:

1. Ресей және шетелдік баспасөз материалдары бойынша жүргізілген ақпараттық іздестіру негізінде зерттеудің өзектілігі мен мақсаты анықталды.

2. Өз миссиясын орындағаннан кейін ЗТ істен шыққан сатысының отын бағының жарылыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін қабылданған негізгі іс-шаралар көрсетілді.

3. ЗТ істен шыққан сатысындағы отын бағының жарылыстарының себептеріне баға берілді. Бірқатар факторлардың белгілі бір үйлесімі (ЗТ істен шыққан сатысындағы отын бағының жарықтандырылған бөлігінде орналасу уақыты, орбитаның саны қалдықтарын сұйық ЗОК бактағы типі, ЗОК-мен, газ үрлеу, дренаждық құрылғылардың болуы және т. б.) ЗТ істен шыққан сатысындағы отын бағының жарылыс қауіпі жағдайына әсер етеді.

ҚЫСҚАРТУЛАР ТІЗІМІ

- ЗТ – Зымыран тасымалдаушы
- ҒА – Ғарыш аппараты
- ЖМҒК – Жер маңындағы ғарыш кеңестігі
- ҒО – Ғарыш объектілері
- ЗОК – Зымыран отынының компоненті
- СЗҚ – Сұйықтықты зымыран қозғалтқыштары
- БҰҰ – Біріккен ұлттар ұйымы
- АҚШ – Америка Құрама Штаттары
- РБ – Разгондық блоктар
- БГҚ – Бу-газ қоспасы
- ДСК – Дренаждық-сақтандырғыш клапан
- ДМ – Дренаждық магистраль
- ЖТ – Жылу тасымалдағыш
- ГГҚ – Газ генерациялайтын құрамдар

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

- 1) Трушляков В. И. Оценка возможности разрушения топливных баков орбитальной отработанной ступени ракеты-носителя с маршевым ЖРД / В. И. Трушляков, К. И. Жариков // Тепловые процессы в технике. – 2016. – № 6. – С. 278–288.
- 2) Трушляков В. И. Повышение тактико-технических характеристик ракет космического назначения с маршевыми жидкостными ракетными двигателями за счет газификации невыработываемых остатков топлива и сжигания отделяющихся частей с использованием энергетических материалов / В. И. Трушляков, Д. Б. Лемперт, В. Е. Зарко, М. А. Корчагин // Сборник статей. Серия "Космический вызов XXI века". Москва. – 2016. – С. 189–204. 3 Теория и практика эксплуатации объектов космической инфраструктуры/ Спб.; БХВ-Петербург, - 2006.– 400 с.: ил.
- 3) Суйменбаев, Б.Т. О создании многоуровневой системы экологического мониторинга и прогнозирования состояния и устойчивости объектов окружающей среды космодрома «Байконур» и районов падения ОЧРН // Вестник АН РК. – Алматы, 2005. - №6.
- 4) Шатров Я. Т. Обеспечение экологической безопасности ракетно-космической деятельности / Я. Т. Шатров. – Королёв: ЦНИИмаш. – 2010. – 802 с.
- 5) Трушляков В. И. Исследование возможности использования газогенерирующих составов для повышения эффективности жидкостных ракет / В. И. Трушляков, Д. Б. Лемперт, М. Е. Белькова // Физика горения и взрыва. – 2015. – Т. 51, № 3. – С. 48–54.
- 6) Трушляков В. И. Исследование возможности разработки бортовой системы обезвреживания остатков жидких токсичных компонентов ракетного топлива в отделяющейся части ракеты-носителя / В. И. Трушляков, В. В. Шалай, В. Н. Блинов // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана, сер. Машиностроение. – 1996. – № 1. – С. 58–66.
- 7) Трушляков В. И. Исследования по определению проектного облика и технических характеристик двигательной установки, работающей на основе эффекта газификации остатков топлива в отработавших отделяющихся частях ракет-носителей и разгонных блоках, и системы её управления: Отчет о НИР / ОмГТУ; Рук. В.И. Трушляков. – Шифр: НИР «Одиссей-Д». Договор № (27-1001-2011)-1203/217-2011г. от 12.09.2011 г. – Омск, 2011. – 132 с. 7 Баранов Д.А., Макаров Ю.Н., Трушляков В.И., Шатров Я.Т. Проект создания автономной бортовой системы увода отработавших ступеней ракет-носителей в заданные области/ Космонавтика и ракетостроение №50 (84), - 2015. - С. 76 – 82
- 8) Баранов Д.А., Лемперт Д.Б., Трушляков В.И., Шатров Я.Т. Разработка бортовой системы испарения невыработываемых остатков жидкого топлива в баках отделяющейся части ступени РН// Космонавтика и ракетостроение -2017 - 6(99) - с. 93 - 103

9) Руководящие принципы работ по снижению засоренности околоземного космического пространства (IADC-02-01) [Электронный ресурс] / Межагентский координационный комитет по космическому мусору. – 2007. – Режим доступа: http://www.iadc-online.org/docs_pub/IADC_Mitigation_Guidelines_Rev1_Sep07.pdf.

10) Экологическая безопасность эксплуатации ракетно-космических комплексов.- Алматы: Изд-во «Гига трейд». - 2009. - 240 с

11) Руководящие принципы предупреждения образования космического мусора, разработанные Межагентским координационным комитетом по космическому мусору (A/AC.105/C.1/L.260) [Электронный ресурс] / Генеральная ассамблея Организации Объединенных Наций. – 2003. – Режим доступа: http://www.unoosa.org/oosa/oosadoc/data/documents/2003/aac.105c.11/aac.105c.11.260_0.html

12) Ж. Жубатов, А. Товасаров, В. Козловский, Д. Алексеева, Ш. Бисариева, А. Позднякова, Н. Гусарова. Экологическая безопасность деятельности космодрома «Байконур» / Под ред. д.т.н., академика МАНЭБ Ж. Жубатова. Изд. - Алматы, 2011. - 555 с.

13) Шатров Я.Т. Обеспечение экологической безопасности ракетно-космической деятельности: учебно-методическое пособие в 3 частях. Королёв: ЦНИИМАШ, 2010.

14) РБ Г-05-039-96 Руководство по анализу опасности аварийных взрывов и определению параметров механического действия. – М.: НТЦ ЯРБ Госатомнадзор России, 2000. – 80 с.

15) Белькова, М. Е. Перспективные методы очистки околоземной орбиты от отработавших ступеней ракет / М. Е. Белькова, А. Ю. Гарькушев, А.М. Сазыкин, А. И. Михайлин // Вопросы оборонной техники : серия 16. Технич. ср-ва противодей-я терроризму. – М.: НТЦ «Информтехника», 2014. – Вып. 7-8 (73-74). – С. 89-96.

16) Пат. 2359876 Российская Федерация. Способ очистки отделяющейся части ракеты от жидких токсичных остатков компонентов ракетного топлива и устройство для его осуществления / В. В. Шалай, В. И. Трушляков, В. Ю. Куденцов, П. В. Одинцов, М. В. Шукшин // Бюл. – 2009. – № 18. – 3 с.