

**ЖҚЗ СЕРІКТЕРІНІҢ ОПТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕСІН ТЕСТІЛЕУ****Зулкарнаева Дамира Жасуланқызы**

damira.zulkarnaeva@gmail.com

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ «Ғарыштық техника және технологиялар» кафедрасының

4-курс студенті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Ғылыми жетекшісі – С.Р.Есенғали

Жерді қашықтықтан зондтау спутниктерінің басты мақсаты жер бетін бақылау болып табылады. Қазіргі таңда осы спутниктердің қолдану аясы өте кең (картография, метеорология, агрономия және т.б.) Ғарыштық аппаратты ғарыш кеңістігіне жіберу мақсатына байланысты оның бортында қажетті аппаратура орнатылады. Жерді қашықтықтан зондтауда мақсаттық аппаратура ретінде оптикалық жүйе қолданылады. Оптикалық жүйе – бұл ЖҚЗ спутнигіндегі ең басты аппаратура болып саналады.

Жүйенің дұрыс жұмыс істеуі осы бағдарламаның бүкіл миссиясын анықтайды. Ғарыш аппараттарының пайдалы жүктемесі ретінде қолданылатын жабдықтар бірқатар ерекшеліктерге ие болады. Жүйенің көптеген блоктары мен элементтерін қайталап құрастыру және пайдалану басталғаннан кейін оларды жөндеу мүмкіндігі жоқ. Себебі ғарыштық аппараттар пайдалану кезінде ғарыштық факторлардың күрделі әсеріне ұшырауы мүмкін. Мақсаттық аппаратураны ғарышқа жіберместен бұрын барлық кемшіліктерге сынап, анықтаған жөн. Сондықтан, ғарыш аппараттарының мақсатты қондырғыларын эксперименталды сынау процесіне ерекше көңіл бөлінеді.

Эксперименталды сынау, нысаналы аппаратура элементтерінің жұмыс істеу сенімділігі мен тоқтап қалуын растау уақыт пен қаржы ресурстарының көп шығынын талап етеді. Сынақ стендтері кешенінің, сынақ техникасының, сынақ жүргізу әдістері мен әдістемелерінің және білікті персоналдың болуы эксперименттік сынауды жүргізудің негізгі шарты болып табылады.

Қазіргі уақытта ғылым мен техниканың түрлі салаларында басым болып отырған ғылыми және қолданбалы проблемаларды шешудің жүйелі, кешенді тәсілдері қазіргі заманғы сынақ жүйелерін құру кезінде де іске асырылуда. Мақсатты аппаратураның элементтерін құру есептік-жобалық жұмыстарды, сондай-ақ ҒА мен оның жүйелерін стендтік және ұшу жағдайларында эксперименталдық зерттеулерді үлкен көлемде жүргізуді талап етеді. Сондықтан ҒА құрудың табысы көп жағдайда сынақ кешендерін пайдаланудың сенімділігі мен қауіпсіздігімен анықталады. Жердегі сынақтар кезінде пайдаланудың ұшу жағдайларын, ғарыш кеңістігінің әсер ететін факторларын имитациялау және сынақтарды дайындау мен өткізу қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін күрделі жабдық қолданылады. ҒА нысаналы аппаратурасы жұмысының сенімділігі көп жағдайда қолданылатын схемалық және конструктивтік шешімдермен, сондай-ақ зерттеу объектілерін дайындау мен сынаудың пайдаланылатын материалдары мен технологияларымен анықталады.

Оптикалық жүйені тестілеудің мақсаты – оптикалық қабілеттілікті өлшеу және қоршаған ортадағы жоғары шектеулерге байланысты нашарлауды тексеру. Көбінесе оптикалық жүйені тестілеу жоспары 3 негізгі сынаудан тұрады: [1].

- Оптикалық
- Термавакуумдық
- Вибрациондық

Оптикалық сынаулар оптика қабілетін тексеруге арналған (нүктенің шашырау функциясы (НШФ), жиіліктік-контрастық сипаттама (ЖКС), толқындық фронт қатесі (ТФҚ), ал вибрациялық және термовакuumдық әсерлерге оптикалық жүйенің әсерін тексеру үшін сынақтар жүргізіледі. Әрбір сынақтың арасында оптикалық жүйе ауытқулардың болуына тексеріледі. Бұл тексеру визуалды тексеруден тұрады, нүктенің шашырау функциясы (НШФ), жиіліктік-контрастық сипаттама (ЖКС), толқындық фронт қатесі (ТФҚ). НШФ шектеулеріне

байланысты өлшеу вибрациялық және термовакuumдық сынақтардан кейін ғана, ал ЖКС вибрациялық сынақтардан бұрын немесе кейін ғана жүргізіледі. Екінші вибрациондық сынақтар оптикалық қабілеттіліктегі қандай да бір қателіктер мен ауытқулар анықталғаннан кейін жүргізіледі.

Осы жұмыстың ішінде оптикалық сынақ түрлері ғана қарастырылады. Оптикалық тестілеу оптикалық жүйеде орнатылған телескоптың кеңейтілім рұқсаттылығын, жиіліктік-контрастық сипаттамасын, жұмыс істеу диапазондары мен суреттің сапасын анықтау үшін қолданылады. Осы сынақтар арнайы оптикалық лабораторияларда жүргізіледі.

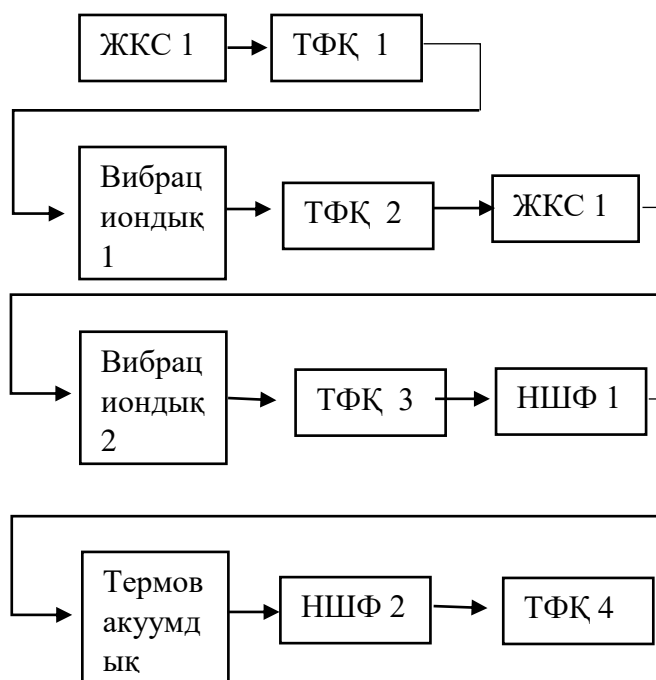


Диаграмма 1 – Оптикалық жүйені сынаудың жоспары [1].

Оптикалық жүйенің квалификациялық сынақтары төрт модель негізінде жасалады: Құрылысты-термиялық модель, инженерлі модель, квалификациянды модель және ұшу моделі. Әр модель әртүрлі сынақ түрлеріне арнайы жасалып, тексеріледі.

1-кесте

Квалификациялық және қабылдау түйіндемесі

	Құрылысты-термиялық модель	Даму моделі	Квалификациянды модель	Ұшу моделі
Оптикалық жүйе	Вибрациялық	Вибрациялық	Функционалдық, вибрациялық, термовакuumды	Функционалдық, вибрациялық, термовакuumды

Оптикалық тестілеу үш өлшемге негізделеді :

- 1)Нүктенің шашырау функциясы (НШФ-PSF)
- 2)Жиіліктік- контрастық сипаттама (ЖКС-MTF)
- 3)Толқындық фронт қатесі (ТФҚ-WFE)

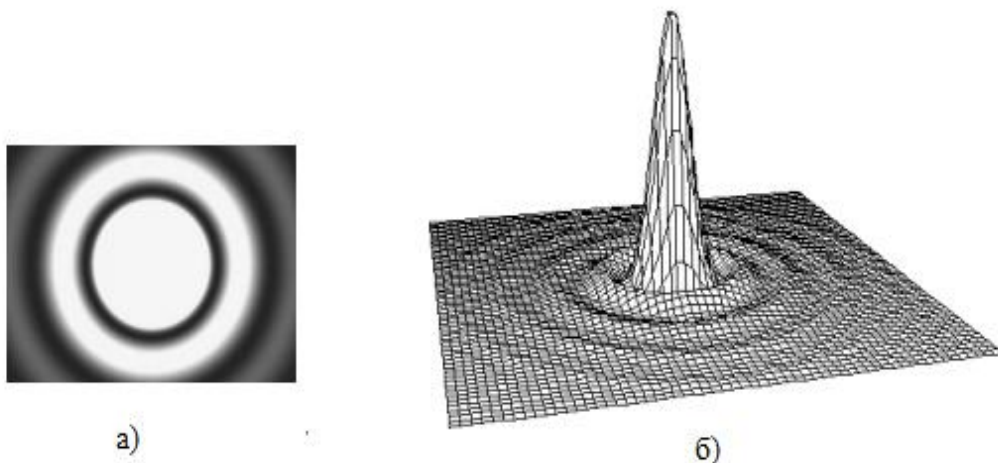
Жиіліктік- контрастық сипаттама және нүктенің шашырау функциясы оптикалық жүйесінің шынайы көрінісін бағалау үшін қолданылатын сыни параметрлер. ЖКС қисығы оптикалық жүйенің объектінің бөлшектерін контраст тұрғысынан бейнеге беру қабілетін

сипаттайды. Нүктенің шашырау функциясы нүктелік объектіге бейнелерді қалыптастыру жүйесінің реакциясын сипаттайды. Оптикалық сынақтар оптикалық жүйенің қажетті ерекшелікке сәйкес келетінін көрсетеді. Алайда, оптикалық сипаттамалар қоршаған ортаның шектеулерімен сәл ауытқуы мүмкін. Максималды ауытқу 4 пайызға тең болуы мүмкін.

Сурет сапасын бағалаудың 2 тәсілі бар: тура және жанама әдістер[2].

Суреттің сапасын бағалаудың тікелей әдісі сурет аймағындағы жүйені зерттеу арқылы құрылған тест-объектінің суретін бақылаудан және осы суреттің фотометриялық құрылымын өлшеуден, яғни нүктенің шашырау функциясын анықтау. Нүктелі сынау-объектінің бейнесінде нүктенің шашырау функциясы және олармен байланысты оптикалық беріліс функциясы, функция беру модуляциясы мен шоғырлану энергиясының функциясы іс жүзінде оптикалық жүйесінің сурет сапасының сандық сипаттамалары ретінде қызмет етеді.

Оптикалық жүйе суретінің сапасын зерттеуде ең бастапқы және әмбебап тестілеу-жарқыраған нүкте түріндегі сыналатын объект (сур.1а.). Ол шағын диаметрлі дөңгелек диафрагма түрінде материалданады. Сынау-объектінің бейнесі жарқыраған нүкте-шашырау дақтары немесе дифракциялық шеңбер. Сынау-объект бейнесінде жарықтандыруды үлестіруді сипаттайтын функция нүктенің шашырауы функциясы деп аталатын екі өлшемді функция болып саналады (сур. 1б.)



1-сурет – а) Дифракциялық дөңгелекше б) нүктенің шашырау функциясы [2]

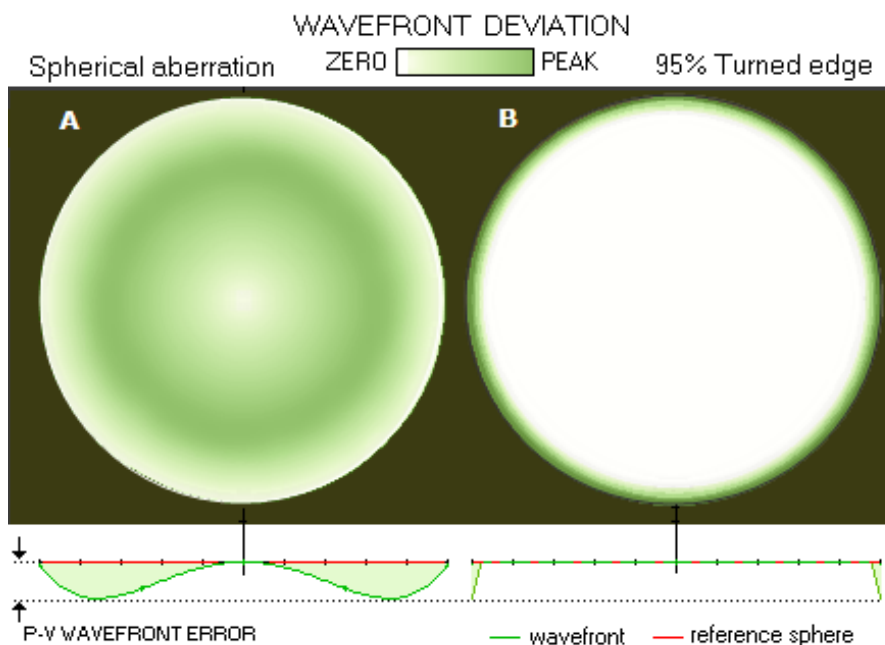
Сонымен қатар, оптикалық беттердің микрорельефінің сипатын, оптикалық материалдардың ақауларын, қарашықтағы өткізудің ауытқуын, аспаптың жұмысы кезінде пайда болған бейненің жылжуын есепке алуға мүмкіндік береді. НШФ көмегімен күрделі кездейсоқ заң бойынша уақытында үздіксіз өзгеретін әуе трактісінің оптикалық сипаттамаларының флукуациясын ескеруге болады. НШФ – сурет сапасының бастапқы сипаттамасы болып табылады, ол кейін ЖКС, шеттік функция, энергия концентрациясы және т.б. сияқты сурет сапасының басқа қажетті сипаттамаларына өтуге мүмкіндік береді.

Жалпы оптикалық жүйені объект көрінісін толық бейнелейтін ақпараттық канал деп түсінуге болады. Ол канал және жарық ағымының құрамына байланысты. Оптикалық жүйенің жүйе каналына сигналдың (бейненің) кіруі кезінде одан шығатын сигналдан айырмашылығы болады. Сигналдың амплитудасы және синусоида фазасы шығу кезінде оның жиілігі және жиілік контрастылық, сонымен қатар фазалық жиілік сипаттамасына байланысты болады. көрсетеді. Фазалық жиілік сипаттамасы - жүйенің көрініс тәріздес және объектіні сол қалпында сақтау мүмкіндігін көрсетеді, яғни ортоскопиялық оптикалық жүйені анықтайды. Жиілік контраст сипаттамасы (ЖКС) – әр түрлі N жиілік үшін анықталған және көрініс контрастының төмендеуін объектінің контрастына қатынасы бойынша көрсететін контрасты коэффициентін көрсетеді:

Оптикалық жүйені сынау кезінде нүктенің үлкейтілген бейнесін бақылайтын микроскоптың окуляр-микрометрінің көмегімен шашырау дағының көрінетін диаметрін

өлшеу әдісін жиі қолданады. Бұдан әрі нақты дөңгелекшенің өлшенген диаметрі нүктенің бейнесінің мінсіз дифракциялық дөңгелекшесінің бірінші қараңғы сақинасының ішінде жасалған дөңгелекшенің диаметрімен салыстырылады. Мұндай әдіс телескоптардың объективтерін технологиялық сынау кезінде жиі қолданылады, атап айтқанда, оны өңдеудің аралық кезеңдерінде астрономиялық айналардың бейнелеу сапасын бағалау үшін пайдаланылады.

Телескоптың пайда болған толқынды фронттың кез келген ауытқуы - объективпен қалыптасқан толқынды фронттар үшін немесе окулярмен қалыптасқан толқынды фронттар үшін мінсіз жалпақ фронттардан оптикалық аберрацияға әкеледі. Жақсы телескоп - бұл окулярдан шығатын тегіс толқынды фронттар жасайтын құрылғы. Бір-бірін басатын объективте және окулярда аберрирленген толқынды фронттардың кез келген комбинациясы пайда болады, мақсат мінсіз сфералық толқынды фронтты құру, ал окуляр оны дерлік мінсіз жалпақ етіп айналдырған дұрыс. Осыдан кейін, соңғы толқын фронтының қаншалықты дәл болатынын анықтау ғана қалады: сфераға жақын болған сайын, соғұрлым жақсы. Телескоптың объективі пайда болған толқын фронт түріндегі сфералық ауытқуы оның бейнесінің сапасының төмендеуіне әкеледі.



2-сурет – Толқындық фронттың қатесі [3]

Толқын фронтындағы қандай да бір нүктенің ауытқуы жолдың оптикалық әртүрлілігіне қарамастан, суреттің сапасына елеулі әсер етпейді; алайда толқын фронт аймағы сфералық жағынан ауытқыса, бұл сурет сапасына теріс әсер етеді: алаң неғұрлым көп болса, ауытқу соғұрлым көп болады. Дифракциялық сурет ортасындағы энергия концентрациясы нүктелік кескінді шайып, дифракциялық сақиналарда бар энергияға қатысты айтарлықтай төмен болады. Нүктелі көз суретінің сапасы нашарлайды, ал онымен бірге ұзын объектілер суретінің сапасы да нашарлайды. [3].

Оптикалық жүйені сынауда көптеген әдістер қолданылады. Олардың тәртібі мен өткізу жоспары әр жүйе үшін әртүрлі болып келеді. Сондықтан, оптикалық жүйені құрастырудан кейін сынау тәртібін дұрыстап жоспарлау, болашақта пайдалану кезіндегі ауытқулар мен кемшіліктерді алдын-алуда өте маңызды. Яғни, сынау жұмыстары оптикалық жүйенің бағасын едәуір түсіріп, жұмыс қабілеттілігін арттыруда үлкен рөл атқарады.

### **Қолданылған әдебиеттер тізімі**

1. Mazy E., Plessier J.Y., Renotte E. “Acceptance tests of the Integral optical monitoring camera sub-systems”. – Б.12.
2. Кирилловский В.К. Оптические измерения. Часть 6. Инновационные направления в оптических измерениях и исследованиях оптических систем. – СПб ГУ ИТМО. – 2008. – Б.131.
3. “Telescope aberrations: types and scope” [Электрондыресурс]. - Қол жеткізу режимі: <https://www.telescope-optics.net/aberrations.html>