ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ-ПРАКТИКАЛЫҚ КОНФЕРЕНЦИЯ МАТЕРИАЛДАРЫ
Орталық Азия ғылымы мен білімі: цифрлық трансформация және тұрақты даму
2026 жылғы 18 желтоқсан · онлайн, Zoom · CASJ-2026
7-СЕКЦИЯ. ЖАС ЗЕРТТЕУШІЛЕР: СТУДЕНТТІК СЕКЦИЯ (БАКАЛАВРИАТ, МАГИСТРАТУРА)

DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.23979286

ӘОЖ 004.896:621.396.67

АНТЕННА АЙНАЛДЫРҒЫШ ТЕТІКТЕРІН CAD ЖҮЙЕСІНДЕ ЖОБАЛАУ ЖӘНЕ 3D БАСЫП ШЫҒАРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ҚОЛДАНУ

Н.Ә. Дәндібай
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

Дәндібай Нұрай Әділдинқызы — магистрант, Физика-техникалық ғылымдар институты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан.

Ғылыми жетекші: Сыздыков Арман Базарбаевич — аға оқытушы, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан.

© Н.Ә. Дәндібай, 2026

Аңдатпа: Баяндамада антеннаны басқаруға арналған аппараттық кешеннің механикалық тетіктерін CAD жүйесінде жобалау және оларды FDM технологиясы бойынша 3D басып шығару тәжірибесі қарастырылады. «Талап – параметрлік модель – слайсинг – басып шығару – жинау – сынау» тізбегінен тұратын итерациялық жобалау әдістемесі ұсынылған. Аддитивті өндіріс үшін жобалау (DfAM) ережелері нақтыланды: тетіктердің басып шығару бағдарын таңдау, асылып тұратын беттерді шектеу, отырғызу саңылауларын тағайындау және бұрандалы қосылыстарды жезкұймалар арқылы орындау. Айналдырғыштың негізгі тетіктері үшін басып шығару бағдары мен толтыру тығыздығы негізделді. Параметрлік модельді қолдану конструкцияны әр түрлі антенналарға жылдам бейімдеуге және прототиптеу уақытын қысқартуға мүмкіндік беретіні көрсетілді.

Түйін сөздер: аддитивті өндіріс, DfAM, параметрлік модельдеу, CAD, FDM, PETG, антенна айналдырғыш, червякты беріліс.

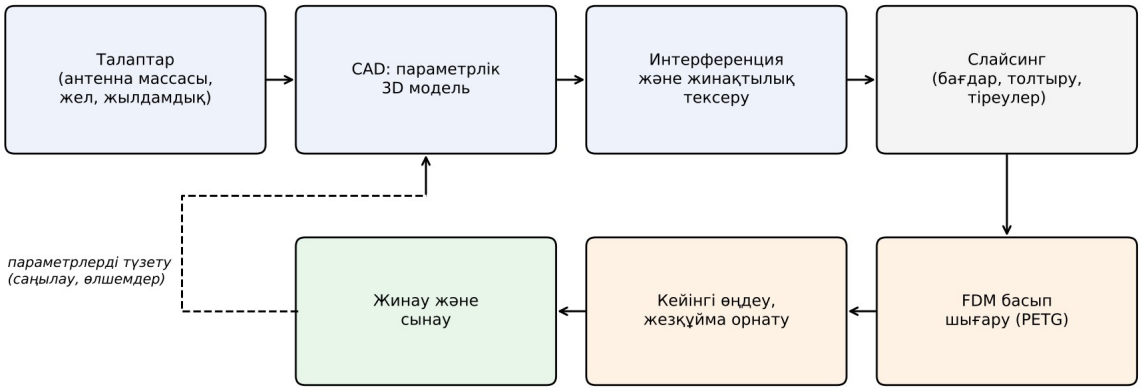
Кіріспе

Наноспутниктермен байланыс орнатуға арналған университеттік жер станцияларында антеннаны азимут және бұрыштық биіктік бойынша бағыттайтын айналдырғыш құрылғы негізгі элементтердің бірі болып табылады. Коммерциялық айналдырғыштардың құны жоғары болғандықтан, соңғы жылдары олардың 3D басып шығару арқылы дайындалатын ашық нұсқалары кең таралуда [5]. Мұндай құрылғыны жасаудың тиімділігі көбіне CAD жүйесіндегі модельдің сапасына және оның аддитивті технологияның ерекшеліктеріне қаншалықты бейімделгеніне байланысты [1, 4].

Баяндаманың мақсаты – антенна айналдырғышының тетіктерін CAD жүйесінде жобалау және FDM технологиясы бойынша басып шығару әдістемесін ұсыну, сондай-ақ осы процестегі негізгі конструкторлық-технологиялық шешімдерді негіздеу.

Жобалау әдістемесі

Жобалау итерациялық тізбек түрінде ұйымдастырылды (1-сурет). Алдымен антеннаның массасы, жел жүктемесі және қажетті айналу жылдамдығы бойынша бастапқы талаптар анықталды. Содан кейін Autodesk Fusion 360 жүйесінде механикалық бөліктің параметрлік 3D моделі құрылды. Жинақ деңгейінде тетіктердің өзара қиылысуы және жинақтылығы тексерілгеннен кейін модель STL форматында слайсерге берілді. Басып шығарылған тетіктер өңделіп, жиналып, сыналды, ал анықталған сәйкессіздіктер параметрлер кестесі арқылы модельге қайта енгізілді.



Сурет 1 – Айналдырғыш тетіктерін жобалау мен дайындаудың итерациялық тізбегі

Параметрлік модельдің негізгі айнымалылары – червяктың модулі (m = 2 мм), тісті доңғалақтың тістер саны (z_2 = 30), тіс ені (b = 16 мм), білік диаметрі (8 мм), подшипник ұяларының өлшемдері (608ZZ үшін 22 мм) және отырғызу саңылауы. Бұл айнымалылар бір кестеге жинақталғандықтан, мысалы, беріліс модулін өзгерту доңғалақ, червяк, осьаралық қашықтық және корпус өлшемдерін бір мезгілде қайта есептеуге әкеледі. Сол себепті модельді ауыр антенналар үшін масштабтау бірнеше минутты ғана алады.

Аддитивті өндіріс үшін жобалау ережелері

FDM технологиясының ерекшеліктерін ескере отырып, тетіктерді жобалауда келесі ережелер қолданылды [1, 3]. Біріншіден, асылып тұратын беттердің көлбеулігі тігінен 45°-тан аспайды, ал көлденең тесіктер тіреусіз басып шығару үшін «тамшы» пішінінде орындалады. Екіншіден, қабаттар арасындағы байланыс қабат бойындағы беріктіктен әлсіз болғандықтан [6], негізгі кернеулер қабаттар бойымен әсер ететіндей етіп тетіктің бағдары таңдалады. Үшіншіден, қозғалмалы және қозғалмайтын отырғызулар үшін 0,2–0,3 мм саңылау беріледі, ал дөңгелек тесіктер диаметрі 0,1–0,15 мм-ге үлкейтіліп модельденеді. Төртіншіден, полимерге тікелей бұранда кесудің орнына жылумен орнатылатын М3 жезқұймалар пайдаланылады, бұл қосылыстарды бірнеше рет бөлшектеуге мүмкіндік береді.

Айналдырғыштың негізгі тетіктері үшін қабылданған басып шығару бағдарлары мен толтыру тығыздығы 1-кестеде келтірілген. Материал ретінде ылғалға және жылуға төзімділігі PLA-дан жоғары PETG таңдалды [2].

Кесте 1 – Айналдырғыштың негізгі тетіктерін басып шығару параметрлері

Тетік	Басып шығару бағдары	Толтыру	Ескерту
Азимут модулінің корпусы	Табанымен үстелге	40 %	М3 жезқұймаларға арналған ұялар
Тісті доңғалақ (z_2 = 30, m = 2 мм)	Тістер қабат жазықтығында	100 %	6 периметр, тіс ені 16 мм
Червяк (d_1 = 20 мм)	Тігінен, осі Z бойынша	100 %	5 мм білікке арналған D-тәрізді тесік
Биіктік осінің кронштейні	Бүйір бетімен	50 %	Иілу кернеуі қабаттар бойымен
Кодер магнитінің ұстағышы	Тігінен	100 %	Магнит ұясы 6,1 мм
Антенна траверсасының қамыты	Бөлу жазықтығымен	60 %	М5 бұрандамалармен қысылады

Нәтижелер және талқылау

Ұсынылған әдістеме бойынша айналдырғыш тетіктерінің толық жиынтығы PETG материалынан басып шығарылып, жиналды. Параметрлік модельді қолдану арқасында отырғызу саңылауларын түзету тек параметрлер кестесіндегі бір мәнді өзгертумен шектелді, ал жинақтағы барлық тәуелді тетіктер автоматты түрде жаңартылды. Беріктікті есептеу

нәтижесінде тісті доңғалақ тістеріндегі иілу кернеуі шамамен 9,6 МПа құрайтыны анықталды [4], бұл FDM анизотропиясы ескерілген PETG үшін рұқсат етілген мәннен (15 МПа) төмен.

Сонымен бірге басылған тетіктердің ұзақ мерзімді жүктеме кезінде сырғымалылыққа бейімділігі және ашық ауадағы ультракүлгін сәуле мен төмен температура әсері негізгі шектеулер ретінде қарастырылады. Бұл мәселелерді шешу үшін червякты металдан дайындау және сыртқы тетіктер үшін ASA материалын қолдану ұсынылады.

Қорытынды

CAD жүйесіндегі параметрлік модельдеу мен FDM 3D басып шығаруды үйлестіру антенна айналдырғышының тетіктерін аз шығынмен, қысқа мерзімде жобалауға және дайындауға мүмкіндік береді. Ұсынылған итерациялық әдістеме мен DfAM ережелері тетіктердің жинақтылығын және беріктігін қамтамасыз етеді, ал параметрлік модель конструкцияны әр түрлі антенналарға бейімдеуді жеңілдетеді. Алынған нәтижелер университеттік жер станциялары мен оқу зертханаларына арналған антеннаны басқару кешендерін жасауда қолданылуы мүмкін.

Әдебиеттер тізімі:

1. Gibson I., Rosen D., Stucker B., Khorasani M. Additive Manufacturing Technologies. – 3rd ed. – Cham: Springer, 2021. – 675 p.

2. Ngo T.D., Kashani A., Imbalzano G., Nguyen K.T.Q., Hui D. Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges // Composites Part B: Engineering. – 2018. – Vol. 143. – P. 172–196. – DOI: 10.1016/j.compositesb.2018.02.012.

3. ISO/ASTM 52900:2021. Additive manufacturing – General principles – Fundamentals and vocabulary. – Geneva: ISO, 2021. – 28 p.

4. Budynas R.G., Nisbett J.K. Shigley's Mechanical Engineering Design. – 11th ed. – New York: McGraw-Hill Education, 2020. – 1104 p.

5. SatNOGS Rotator v3 [Электрондық ресурс] // Libre Space Foundation. – URL: https://wiki.satnogs.org/SatNOGS_Rotator_v3 (жүгінген күні: 01.11.2026).

6. Popescu D., Zapciu A., Amza C., Baciu F., Marinescu R. FDM process parameters influence over the mechanical properties of polymer specimens: A review // Polymer Testing. – 2018. – Vol. 69. – P. 157–166. – DOI: 10.1016/j.polymertesting.2018.05.020.