

6D071200 – Машина жасау мамандығы бойынша
философия докторы (PhD) академиялық дәрежесін алу үшін дайындалған
диссертациялық жұмысқа

АНДАТПА

САҒЫНТАЙ МҰХАҒАЛИ ҚАРАТАЙҰЛЫ

**Тақырыбы: «Темірбетонды қабаттап құятын машинаның механизмдерін
жобалау және жасау»**

Жұмыстың өзектілігі. Құрылыстағы аддитивтік технология, соның ішіндегі бетонды 3D баспалау қолданыстағы дәстүрлі технологияны алмастыратын немесе оған балама болатын жаңа технологиясы ретінде қарастырылуда. Ол үшін 3D баспаланған бетонның механикалық қасиеттері дәстүрлі құрылыс технологиясы бойынша жасалған темірбетонның механикалық қасиеттеріне ұқсас болуы керек. Демек, 3D баспаланған бетон дәстүрлі темірбетон секілді стандартты болат арматуралармен арматуралануы керек. Қазіргі кезде 3D баспаланған бетонды стандартты болат арматураны арматуралау ең өзекті болып тұр. Бүгінгі таңда 3D баспаланған бетонды стандартты болат арматураны арматуралау қолмен жүзеге асырылады және бұл аддитивтік технологияның дәстүрлі технологиядан негізгі артықшылығы болып табылатын құрылыс процесін автоматтандыруға кері әсерін тигізеді. 3D баспаланған бетонды арматуралау процесін автоматтандыру үшін 3D-баспа барысында арматуралық тор жасауды автоматтандыратын арнайы механизм қажет. Мұндай механизм әзірге жоқ, демек, ол алдымен зерттеліп, әзірленіп, одан әрі сынау жолымен жобаланып, дайындалуы тиіс.

3D баспаланған бетонның реологиясы дәстүрлі сұйық бетоннан өзгеше болғандықтан, аутоматты арматуралаушы механизм жасаған арматуралық торды интеграциялау мәселесі туындайды. Мәселе 3D баспа барысында арматуралық тордың жасалуымен шиеленісе түседі, демек, арматуралық тордың бір бөлігі ғана бетонға біріктірілуі тиіс, ал қалған бөлігі оған арматуралық тордың келесі бөлігі дәнекерленетіндей құрғақ күйде қалуы тиіс. Ол үшін арматуралық тордың бір бөлігін бетонға біріктіріп, қалған бөлігін құрғақ қалдыра алатын арнайы шүмекті зерттеу керек.

Аутоматты арматуралаушы механизм, сондай-ақ арнайы шүмек құрылыс 3D принтерлері болып табылатын порталды, сериялы роботтарға және басқа да роботтандырылған жабдықтарға орнату үшін салмақтары айтарлықтай ауыр болады. Сонымен қатар, мұндай құрылыс 3D принтерлері қоршаған орта жағдайлары мен тазалыққа талаптары өте жоғары. Сондықтан, оларды көбінесе қоршаған ортаның қолайсыз жағдайларының әсерінен оқшаулап алу қажет, бұл қосымша шығындарға әкеп соғады. Қазір әлемде құрылыс техникаларын (автобетонсорғы, экскаватор, т.б.) құрылыс 3D принтері ретінде жұмыс істеуге бейімдеу үрдісі байқалады. Мұндай бейімделген 3D принтерлердің жүккөтергіштігі жақсы, динамикалық жүктемелерге төзімді, сондай-ақ қолайсыз ортаның әсерлерінен қорықпайды. Бірақ оның да кемшіліктері бар, атап айтқанда, баспа бастиекті берілген траекторияға позициялау дәлдігі жеткіліксіз. Баспа бастиектің берілген траекториядан ауытқуы бетонды 3D баспалауға мүмкіндік бермейді. Бұл кемшілікті жою үшін ондай құрылыс техникаларының жөбесінің соңғы буыны мен баспа бастиегінің арасында қосымша компенсаторлық механизмді зерттеу және жобалау өзекті мәселе болып тұр.

Жұмыстың мақсаты – темірбетонды қабаттап құятын машинаның аутоматты арматуралаушы механизмін, арматуралық торды бетонға интеграциялайтын арнайы шүмекті және компенсаторлық механизмді зерттеу, жобалау және жасау.

Осы мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды:

- 3D баспа барысында стандартты болат арматураны арматуралық тор жасайтын аутоматты арматуралаушы механизмін зерттеу және әзірлеу;
- арматуралық тордың бір бөлігін бетонға біріктіріп, қалған бөлігін одан әрі арматуралық тор жасау үшін құрғақ қалдыра алатын арнайы шүмекті зерттеу және әзірлеу;

- құрылыс 3D принтері ретінде жұмыс істеуге бейімделген құрылыс техникасының жебесінің соңғы буынына орнатылатын баспа бастиектің берілген траекториядан ауытқуын компенсациялау үшін компенсаторлық механизмін зерттеу және әзірлеу.

Зерттеу аймағы – Құрылыстағы 3D баспалау технологиясы.

Зерттеу объектісі – темірбетонды қабаттап құятын машинаның механизмдері.

Зерттеу нысаны – аутоматты арматуралаушы механизмі, арнайы шүмек және компенсаторлық механизм.

Зерттеудің теориялық және әдіснамалық негізі. Зерттеу барысында кинематиканың тура және кері есебі, параметрлік модельдеу, оңтайландыру әдістері, шекті элементтік талдау негізінде механикалық әсерді және динамикалық параметрлерді компьютерлік модельдеу және т. б. қолданылды.

Зерттеудің эмпирикалық базасын келесідей эксперименттік зерттеу құрады: аутоматты арматуралаушы механизмде жасалған арматуралық тордың беріктігінің DIN 488-4 стандартының талаптарына сәйкестігін ығыстырып үзу аарқылы анықтау; арматуралық тордың бетонға интеграциялануын 3D басып шығарылған үлгіні рентгендік сканерлеу әдіспен тексеру, сондай-ақ үлгіні басып шығару бағытына перпендикуляр және параллель кесу арқылы визуалды тексеру.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы келесі нәтижелермен анықталады:

- DIN 488-4 стандартының талаптарына сәйкес беріктігі бар арматуралық торды 3D баспа барысында жасай алатын аутоматты арматуралаушы механизм әзірленді және прототипі жасалынып, сынақтан өткізілді;

- аутоматты арматуралаушы механизм жасайтын арматуралық торды бетонға интеграциялайтын арнайы шүмек әзірленді және прототипі жасалынып, сынақтан өткізілді;

- арматуралық тордың интеграциялануы 3D басып шығарылған үлгіні рентгендік сканерлеу әдіспен, сондай-ақ, үлгіні басып шығару бағытына перпендикуляр және параллель кесу арқылы визуалды тексерумен дәлелденді;

- құрылыс 3D принтері ретінде жұмыс істеуге бейімделген құрылыс техникасының жебесінің соңғы буынына орнатылатын баспа бастиектің берілген траекториядан ауытқуын компенсациялап, DIN 18202-2013 стандартының талабына сай дәлдікті қамтамасыз ететін компенсаторлық механизм әзірленді.

Қорғауға шығарылатын ережелер:

- құрылыс 3D принтері ретінде жұмыс істеуге бейімделген құрылыс машинасының жебесінің соңғы буынына орнатылатын баспа бастиектің берілген траекториядан ауытқуын компенсациялайтын компенсаторлық механизм DIN 18202-2013 стандартына сай дәлдікті қамтамасыз ете алатыны дәлелденді;

- 3D баспаланатын бетонды 3D баспа барысында стандартты болат арматуралық сырықтармен арматуралауға арналған аутоматты арматуралаушы механизм 5 м/мин жылдамдықпен арматуралық тор құра алатыны дәлелденді;

- аутоматты арматуралаушы механизм мен арнайы шүмек арматуралық торды бетонға жақсы интеграциялай отырып, сағатына 2,25 м³ темірбетон, яғни, ені 150 мм, биіктігі 3 м және ұзындығы 5 м темірбетон қабырға баспалай алатыны дәлелденді.

Жарияланымдарды дайындауда диссертанттың үлесі. Диссертациялық жұмыс бойынша зерттеудің негізгі ережелерін көрсететін 5 еңбек жарияланды, оның ішінде Scopus базасына кіретін процентиі 97 журналда 1 мақала, Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі сапаны қамтамасыз ету Комитеті ұсынған басылымдарда 3 мақала және басқа ғылыми журналдар мен басылымдарда 1 мақала жарияланды.

Scopus және Web of Science базаларына кіретін журналдардағы жұмыстар:

1. Azamat Mustafa, Florian Storch, Kairov Rustem, Paul Plashnik, Frank Will, Sagyntay Mukhagali, Zhumadil Baigunchekov, Volker Waurich, “Compensation Manipulator for Concrete 3D Printing Based on the CONPrint3D”, ES Materials and Manufacturing (SCOPUS, Процентиль: 97)

Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі сапаны қамтамасыз ету Комитеті ұсынған басылымдардағы мақалалар тізімі:

1. Мұхағали Сағынтай, Азамат Мустафа, Ерік Нұғман. 3D баспаланған бетонды арматуралауға арналған аутоматты арматуралаушы механизм. Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ хабаршысы. Техникалық ғылымдар және технология сериясы, № 4/2023 , Астана 2023.

2. Сағынтай М.Қ., Мустафа А.Қ., Акшулаков К.Ж. Әскери мақсаттағы құрылыс объектілерін салуға арналған құрылыс 3D принтері мен оның баспа бастиегінің тұжырымдамасы. Ұлттық қорғаныс университетінің Хабаршысы ғылыми-білім беру журналы, № 1 (100), Астана 2024.

3. Сағынтай М.Қ., Мустафа А.Қ., Аддитивті технологияда қолданылатын арматуралық сырықтардың дәнекерлеу кезіндегі қызуын зерттеу. «Қазақстан ғылымы мен техникасы» ғылыми журналы, № 3 (2024), Павлодар 2024

Басқа ғылыми журналдар мен басылымдарда жарияланған мақалалар:

1. Сағынтай М., Байгунчеков Ж. Бетонды қабаттап құятын 3d принтерлердің конструкцияларын талдау // Engineering Journal of Satbayev University. – 2021. – Т. 143(1). – Б. 120–127. <https://doi.org/10.51301/vest.su.2021.v143.i1.16>

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертация кіріспеден, төрт бөлімнен, қорытындыдан, сілтемелер тізімінен тұрады.