

КАЗАКСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Сәтбаев Университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

ӘОЖ 691.342

Қолжазба құқығында


Рыскалива Еркежан Рыскалиевна

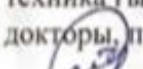
Техника ғылымдарының магистрі академиялық дәрежесін алу үшін  
дайындалған

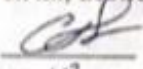
### МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертация атауы «Фибра геометриясы мен материалының  
фибробетонның беріктік сипаттамасына әсерін  
бағалау»

Дайындау бағыты 7M07111 – «Машиналар мен жабдыктардың  
сандық инженериясы»

Ғылыми жетекші:  
т.ғ.к, ассистент-профессор  
 Бортебаев С.А.  
« 18 » 06 2021 ж.

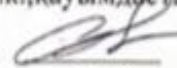
Пікір беруші:  
техника ғылымдарының  
докторы, профессор  
 А. Турдалиев  
« 29 » 06 2021 ж.

Норма бақылаушы,  
т.ғ.к., ассистент-профессор  
 Бортебаев С.А.  
« 18 » 06 2021 ж.



**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

Кафедра меңгерушісі  
Технологиялық машиналар, көлік  
және логистика

т.ғ.к., қауымдастырылған профессор  
 Елемесов К.К.  
« 14 » 06 2021 ж.

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Сәтбаев университеті

Металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты

Технологиялық машиналар және жабдықтары кафедрасы


7M07111- Машиналар мен жабдықтардың сандық инженериясы

**БЕКІТЕМІН**

Кафедра меңгерушісі

техн. ғыл канд.,

қауымдаст. профессор

 К.К. Елемесов

«04» 12 2019 ж.

Магистрлік диссертацияны орындауға

**ТАПСЫРМА**

Магистрант Рыскалиева Еркежан Рыскалиевна

Тақырыбы Фибра геометриясы мен материалының фибробетонның беріктік сипаттамасына әсерін бағалау

Университет басшысының "04" желтоқсан 2019 ж. № 435-м бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «15» маусым 2021ж.

Магистрлік диссертацияның бастапқы берілістері: фибробетонның сипаттамалары, фибра талшықтардың, оның ішінде болат фибра сипаттамалары, беріктікті сынау әдістемелері.

Магистрлік диссертацияда қарастырылатын мәселелер тізімі

а) Фибробетон материалы жайлы әдебиеттік шолу;

б) Фиброталшықтардың сипаттамаларын теориялық зерттеу жүргізу;

в) Фибробетон беріктігін эксперименттік зерттеу;

г) Беріктікті сынау бойынша жүргізілген эксперимент нәтижелерді өңдеу.

Ұсынылатын негізгі әдебиет:

1 Баженов, Ю.М. Модифицированные высококачественные бетоны [Текст] / Ю.М. Баженов, В.С. Демьянова, В.И. Калашников. – М.: АСВ, 2006. – 368 с.

2 Голубев, В.Ю. Высокопрочный бетон повышенной вязкости разрушения: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / В.Ю. Голубев. – СПб., 2009. – 183 с.

3 Веденеев, А.С. Армирующие материалы для фибробетона [Текст] / А.С. Веденеев // Архитектура и строительство. – 2009. – №11. – С. 24-29.

4 Пухаренко, Ю.В. Научные и практические основы формирования структуры и свойств фибробетонов: Дис. ... д-ра техн. наук/ Ю.В. Пухаренко: СПбГАСУ. – СПб, 2005. – 315 с.

5 Рабинович Ф.Н. Дисперсно-армированные бетоны / Ф.Н. Рабинович. Москва: Стройиздат, 1989. 250 с.

6 Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов // Ф.Н. Рабинович. Москва: Стройиздат, 2011. 642 с.

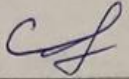
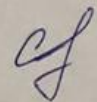

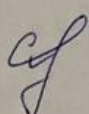

Магистрлік диссертация дайындау


**КЕСТЕ**

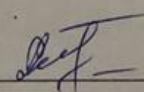
Бөлімдератауы, қарастырылатын мәселелертізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
1. Фибробетон жайлы жалпы мәліметтер	Тех. ғыл. канд. Бортебаев С.А.	
2. Талшықтардың түрлері және олардың фибробетон сипаттамаларына әсері	Тех. ғыл. канд. Бортебаев С.А.	
3. Фибробетонның беріктік қасиеттерін анықтаудың әдістемесі	Тех. ғыл. канд. Бортебаев С.А.	
4. Эксперимент нәтижелерін өңдеу және фибробетонның беріктік сипаттамаларына әсер ететін факторларды бағалау	Тех. ғыл. канд. Бортебаев С.А.	



Аяқталған магистрлік диссертация бөлімдеріне кеңесшілер мен норма  
бақылаушының қойған қолтаңбалары

Бөлімдератауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қолқойылған күні	Қолы
1. Фибробетон жайлы жалпы мәліметтер	Тех. ғыл. канд. Бортебаев С.А	15.01.20	
2. Талшықтардың түрлері және олардың фибробетон сипаттамаларына әсері	Тех. ғыл. канд. Бортебаев С.А	20.09.20	
3. Фибробетонның беріктік қасиеттерін анықтаудың әдістемесі	Тех. ғыл. канд. Бортебаев С.А	20.02.21	
4. Эксперимент нәтижелерін өңдеу және фибробетонның беріктік сипаттамаларына әсер ететін факторларды бағалау	Тех. ғыл. канд. Бортебаев С.А	30.04.21	
Норма бақылаушы	Тех. ғыл. канд. Бортебаев С.А	13.06.21	

Ғылыми жетекші  С.А. Бортебаев

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  Рыскалиева Е.Р.

Күні " 10 " 11 2019 ж

## АНДАТПА

Диссертациялық жұмыста «Фибра геометриясы мен материалының фибробетонның беріктік сипаттамасына әсерін бағалау» тақырыбы бойынша зерттеу және сынау жұмыстары жүргізіліп, зерттеу нәтижелері мен тиімді фибра түрлері ұсынылған.

Фибробетон жасау үшін қолданылатын фибра түрлерінің сипаттамалары беріліп, геометриялық өлшемдерінің фибробетонның механикалық сипаттамаларына әсер етуі, фибралардың ішіндегі ең тиімдісі анықталып, олардың параметрлеріне зерттеулер жүргізілді.

Алынған нәтижелер экономикалық тұрғыдан да, механикалық тұрғыдан да тиімді екендігі анықталды. Сонымен қатар, фибробетон көптеген салаларда ғылыми және практикалық қызығушылықтарды тудыруы мүмкін екендігі белгілі болды.

## АННОТАЦИЯ

В диссертационной работе проведены исследовательские и испытательные работы по теме «Оценка влияния геометрии и материала фибры на прочностные характеристики фибробетона», представлены результаты исследований и виды эффективной фибры.

Даны характеристики видов фибры, используемых для изготовления фибробетона, влияние геометрических размеров на механические характеристики фибробетона, определены наиболее эффективные из фибр и проведены исследования их параметров.

Было установлено, что полученные результаты эффективны как с экономической, так и с механической точки зрения. Кроме того, было определено что фибробетон может представлять научные и практические интересы во многих областях.

## ANNOTATION

In the dissertation work, research and testing works were carried out on the topic "Assessment of the influence of the geometry and material of fiber on the strength characteristics of fiber concrete", the results of research and types of effective fiber are presented.

The characteristics of the types of fiber used for the manufacture of fiber concrete, the influence of geometric dimensions on the mechanical characteristics of fiber concrete are given, the most effective of the fibers are determined and their parameters are studied.

It was found that the results obtained are effective from both an economic and a mechanical point of view. In addition, it was determined that fibroconcrete can represent scientific and practical interests in many areas.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	8
1 Фибробетон жайлы жалпы мәліметтер	10
1.1 Қазіргі материалтану саласындағы фибробетондар мәселесі	10
1.2 Фибробетон құрылымының композициялық материал ретіндегі ерекшеліктері	12
1.3 Дисперсті арматуралаудың фибробетонның беріктігі мен деформативтілігіне әсері	14
1.3.1 Иілу және қысу кезіндегі созылу күші	14
1.3.2 Жарықшалыққа төзімділік және бұзылу тұтқырлығы	18
1.3.3 Соққыға төзімділік	21
1.4 Фибробетондардың қасиеттерін одан әрі жақсарту және тиімділігін арттыру әдісі ретінде полидисперсті арматуралау	22
2 Талшықтардың түрлері және олардың фибробетон сипаттамаларына әсері	24
2.1 Фибробетонның қажеттілігі	24
2.2 Бетондағы талшықтың әрекеті	24
2.3 Фиброталшықтың негізгі түрлері	26
2.4.1 Болат фибра	26
2.4.2 Базальт фиброталшығы	27
2.4.3 Шыны талшықты (минералды) фибралар	27
2.4.4 Көміртекті фиброталшық	28
2.4.5 Полипропиленнен жасалған фибра	28
2.4.6 Целлюлозалы фибра	29
2.5 Ұзындығына байланысты фибраның қолданылуы	30
2.6 Дисперсті арматуралау параметрлерінің фибробетон қасиеттеріне әсері	31
2.7 Фибробетонның құрамы	31
2.8 Фибробетондардың артықшылықтары мен кемшіліктері	32
3 Фибробетонның беріктік қасиеттерін анықтаудың әдістемесі	36
3.1 Сынамаларды құю	37
3.2 Фибробетондардың сипаттамаларын зертханалық зерттеу	39
3.2.1 Сынақтарға дайындық	40
3.2.2 Қысқа мерзімді беріктік және серпімділік сипаттамаларын анықтау әдістемесі	40
3.2.3 Үлгілерді иілуге сынау	40
3.2.4 Үлгілерді сығуға сынау	42
4 Эксперимент нәтижелерін өңдеу және фибробетонның беріктік сипаттамаларына әсер ететін факторларды бағалау	44
4.1 Фибробетон үлгілерін иіліске сынау	44
4.2 Фибробетон үлгілерін сығылуға сынау	44
4.3 Фибробетондардан бөлшектерді құю технологиясына техникалық тапсырма	45
4.4 Фибробетонды қоспаларды дайындау технологиясын пысықтау	45

4.5	Араластырғыштың жұмыс органының айналу жиілігінің фибробетонның беріктігіне әсері	48
4.6	Компоненттерді араластыру уақытының фибробетонның беріктігіне әсері	49
4.7	Фибра шығынының фибробетонның беріктігіне әсері	50
4.8	Фибраның оңтайлы параметрлерін анықтау	51
	Қорытынды	57

## КІРІСПЕ

Ғимараттар мен құрылыстардың қауіпсіздігіне қойылатын талаптарды қатаңдату құрылыс, реконструкциялау және жөндеу кезінде қолданылатын құрылыс материалдарының механикалық қасиеттері мен ұзақ мерзімділік көрсеткіштерін арттыру қажеттігіне әкеп соқты. Барлық басқа материалдар арасында кеңінен қолданылатын, жоғары қысу күші бар цемент бетондары созылу және иілу, сынуға төзімділік тұрғысынан салыстырмалы түрде төмен көрсеткіштерге ие екендігі белгілі. XX ғасырдың аяғындағы бетонанудың жетістіктері биік ғимараттарды, теңіздер мен мұхит қойнауларында мұнай өндіруге арналған платформаларды және басқа да ерекше құрылыстарды салу кезінде қажет болатын 100 МПа және одан жоғары беріктігі жоғары және жоғары сапалы бетон алу мүмкіндігін қамтамасыз етті. Алайда, бетонның сығылу беріктігінің едәуір жоғарылауымен жоғары беріктігі бар бетондардың созылу күші аздап артады, бұл оларды қолдану мүмкіндіктері мен тиімділігін төмендетеді [15]. Жаңа сәулет пішіндерінің, қабықтардың, күрделі рельефі бар жұқа қабырғалы панельдердің конструкцияларында, резервуарларда; әуеайлақтардың, жолдардың, өнеркәсіптік ғимараттардың едендерінің ұшу-қону жолақтарының жабындарында; автомобиль жолдарының, коллекторлардың, тоннельдердің, көпірлердің су өткізу жүйелеріндегі құбырлардың созылу және иілу беріктігін арттыру, сызаттарға төзімділік, соққы беріктігі, төзімділік, аязға төзімділік, су өткізбейтін, тозуға төзімділік, төмен шөгуге сияқты қасиеттер қажет етіледі [1-3].

**Жұмыстың өзектілігі.** Бетонның аталған қасиеттерінің көрсеткіштерін жақсарту үшін әртүрлі әдістер қолданылады, олардың бірі - бетонды фибраталшықтармен дисперсті күшейту-болат, шыны, базальт, целлюлоза, синтетикалық, көміртек және т.б. бетонға енгізілген кезде талшық беріктігі артады, сондықтан талшықты МЕМСТ 24211-2008 бойынша бетонның беріктігін арттыратын қосымша ретінде жіктеуге болады. Дисперсті талшықтармен күшейтілген бетон фибробетон деп аталады. Фибробетондар проблемасының өзектілігі оның қазіргі заманғы тұжырымында 3 ондаған жылдан астам уақыт болды және жақында темірбетон конструкцияларының материалдық сыйымдылығын, еңбек сыйымдылығын және энергия сыйымдылығын төмендету кезінде сапаны түбегейлі жақсарту қажеттілігіне байланысты ерекше өзекті болып отыр. Фибробетондардың айрықша белгілері жоғары анизотропия және дискреттілік болып табылады, бұл оларды тек құрылымы мен қасиеттері бар құрылымдық материалдардың тәуелсіз және өте құнды тобына бөлуге мүмкіндік береді. Фибробетондардың айқын артықшылықтары (беріктіктің бірнеше есе артуы, сынуға төзімділік, тозуға төзімділік және т.б.) және қажетті нәтижеге қол жеткізудің айқын жеңілдігі негізінен зерттеудің эмпирикалық сипатын анықтады, бұл инженерлік практика үшін кең тәжірибелік деректерді жинақтауға мүмкіндік берді, бірақ соған қарамастан құрылыс өнімдерінің тиімділігін арттыру мәселелерінде айтарлықтай ілгерілеушілікті қамтамасыз ете алатын дисперсті арматураның



прогрессивтілігі, бәсекеге қабілеттілігі және үнемділігі әлеуетіне толық жауап беретін заманауи технологияны құруға әкелмеді [2].

**Жұмыстың мақсаты** - фибраның материалы мен геометриясының бетонның беріктік сипаттамаларына әсерін зерттеу.

**Қойылған мақсатты орындау үшін келесі міндеттер тағайындалды:**

- дисперсті-арматураланған бетонның құрамы мен қасиеттері мәселелері бойынша ғылыми-техникалық және патенттік әдебиеттерге талдамалық шолу;

- шикізат материалдарының қасиеттерін таңдау және айқындау; көтергіш темірбетон конструкцияларына арналған бетонға қойылатын талаптарды айқындау;

- бетон қоспасы мен бетонның қасиеттеріне арматураланатын қоспалардың түрінің, дисперсиясының және санының әсерін зерттеу.

**Зерттеу нәтижелерінің ғылыми жаңалығы:**

- фибра талшықтарының ұзындығы майда толтырғыштардың максималды мөлшерінен 2 еседен асуы керек деген фибробетон құрылымын оңтайландыру принципі ұсынылған;

- дисперсті арматура барлық бағыттар бойынша арматураланған бетонның біртекті құрылымын алуға мүмкіндік береді, бұл оның есептік көрсеткіштерінің жоғарылауына әкеледі (призмалық беріктік, серпімді модуль) және нәтижесінде бетон конструкцияларының көтергіш қабілетінің жоғарылауына әкеледі.

**Жұмыстың практикалық маңыздылығы.**

1. Беріктігі бойынша В30 класты ауыр бетонның құрамы әзірленді, оның құрамында кемінде 2 кг/м<sup>3</sup> (0,2% об) базальт талшығы бар.), бұл қоспасыз құраммен салыстырғанда иілу кезіндегі беріктіктің 29% - ға, жарылу кезінде 36% - ға артуына, сол арқылы темір-бетон конструкцияларының көтергіш қабілетін арттыруға себепші болады.

2. Өндірушілер ұсынған фибраның дозалары мен диапазонының сәйкессіздігі анықталды, онда талшықтарды ГОСТ 24211-2008 сәйкес иілу беріктігін арттыратын қосымша ретінде жіктеуге болады.

3. Фибробетонның беріктік сипаттамаларын арттыру үшін қажетті өлшемдер мен формалар эксперименталды түрде анықталды.

**Жұмыстың апробациясы.** Технологиялық тізбек элементтері “Технологиялық машиналар, көлік және логистика” кафедрасының жағдайында сыналды.

**Жарияланымдар.** Диссертация тақырыбы бойынша “Сәтбаев оқулары – 2020” -да мақала жарияланды.

Жұмыстың көлемі мен құрылымы. Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 4 бөлімнен, қорытындыдан және бір қосымшадан тұрады, онда ... беттер, ... сурет, ... кестелер, әдебиеттер тізімі бар .. атау.

# 1 Фибробетон жайлы жалпы мәліметтер

## 1.1 Қазіргі материалтану саласындағы фибробетондар мәселесі

Қазіргі уақытта дисперсті-арматураланған бетон құрылыста үлкен даму үстінде. Бұл бетон мен темірбетонның барлық артықшылықтарымен қатар, олардың бірқатар кемшіліктерінің болуына байланысты. Олардың ішіндегі ең маңыздысы- жүктеме кезінде құрылымдардың сынғыш бұзылуына әкелетін төмен сыну төзімділігі болып саналады. Бұл және басқа да кемшіліктерді фибробетонды қолдану нәтижесінде жоюға болады, яғни, әр түрлі мөлшердегі бағдарланған немесе ретсіз орналастырылған дискретті талшықтардың көлеміне біркелкі немесе берілген таралуы бар цемент матрицасынан тұратын композициялық материалды қолдану арқылы.

Қазіргі уақытта қолданылатын талшықтардың номенклатурасы өте кең және қабылданған классификацияға сәйкес олар келесідей түрлерге бөлінеді:

- талшықтың серпімділік модулі бойынша : жоғары модульді (болат, көміртек, шыны және т. б.) және төмен модульді (полипропилен, вискоза және т. б.);
- шығу тегі бойынша: табиғи (асбест, базальт, жүн және т. б.) және жасанды (вискоза, полиамид және т. б.);
- негізгі материал бойынша металл (көбінесе болат) және металл емес (синтетикалық, минералды).

Дисперсті арматура-бұл әр түрлі шыққан, типтегі және мөлшердегі дискретті талшықтардың жиынтығы түріндегі борпылдақ материал, ол бетондарды дисперстіарматуралауға, қатайтқыш және композит құрылымының модификаторы ретінде арналған.

Дисперстіарматуралау кезінде бетонның фибрамен қатаюы композит матрицасы фазалардың интерфейсінде әрекет ететін тангенс күштеріне байланысты біркелкі бөлінген талшықтарға қолданылатын жүктемені береді деген болжамға негізделген. Егер фибраның серпімділік модулі бетон матрицасының серпімділік модулінен асып кетсе, кернеулердің негізгі бөлігін фиброталшықтар қабылдайды, ал композиттің жалпы беріктігі олардың көлемдік құрамына тура пропорционал.

Тиімді қолдану үшін әртүрлі талшықтар келесі шарттарды қанағаттандыруы керек:

- талшықтардың серпімділік модулі композиттік матрицаның серпімділік модулінен жоғары болуы керек;
- талшықтар химиялық төзімді болуы керек және бетонның сілтілі ортасында бұзылмауы керек;
- талшықтарды шығару көлемі фибробетондардан бұйымдар өндіру көлемін қамтамасыз етуі тиіс;
- талшықтардың құны жоғарыда аталған талаптарды ескере отырып, минималды болуы керек [2-4].

Болат фибрасын өндіру төмен көміртекті сымды, беттік болатты немесе фольганы кесуге; балқымадан қалыптау, қаңылтырлар мен жолақтарды

фрезерлеу, сондай-ақ дайындаманы токарлық өңдеу процесінде үзік-үзік діріл кесуге негізделген. Металл емес фибралар моноталшықтардың, фибрилляцияланған қабыршақтардың және кешенді жіптердің кесінділері болып табылады, олар, соның ішінде, тиісті өндірістердің өнеркәсіптік қалдықтарынан дайындалуы мүмкін [5].

Фибробетондардың құрамы мен технологиясын жасаудағы негізгі міндет - рұқсат етілген жүктемелер кезінде талшықтардың бетон матрицасына сенімді адгезиясын қамтамасыз ететін фибралардың геометриялық параметрлері мен өлшемдерін оңтайландыру, өнімділікті арттыру, өнімдер мен құрылымдарды өндіру бойынша жұмыстардың еңбек және энергия сыйымдылығын төмендету. Фибраның бетонмен ілінісуі және жұмыс қабілеттілігінің жоғарылауы, ең алдымен, фибраның ұзындығының оның диаметріне ( $l/d$ ) қатынасына байланысты, ол кең диапазонда өзгеруі мүмкін және бетон матрицасындағы талшықтың анкерлену дәрежесіне, сондай-ақ талшықты-арматураланған бетон қоспаларының технологиялық қасиеттеріне әсер етуі мүмкін.

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, болат талшықты қолданған кезде оның ұзындығының диаметрге қатынасы  $l/d = 80...100$  тең болады, ол белгілі бір дәрежеде тұжырымдалған жағдайларды қанағаттандыра алады, бірақ барлық мәселелерді жою мүмкін емес. Негізгі мәселелер:

- дисперсті арматураланған бетонның физика-механикалық, деформациялық және пайдалану сипаттамаларын одан әрі жақсартуға кедергі болатын композит матрицасының осы типтегі талшықтармен қанығуының төмен дәрежесі;

- төмен көміртекті сымды кесу арқылы жасалған шағын диаметрлі болат талшықтың жоғары құны мен тапшылығы;

- құрастырмалы темірбетон кәсіпорындарын қайта жарактандыру қажеттілігі, сым фибрасының технологиялылығы, тығыздық және сусымалылықтың болмауы.

Бұл жағдайда болат фибраның құрылымдық мүмкіндіктерін жақсартудың түбегейлі тәсілі, олардың тиімділігін бір уақытта жоғарылату, талшықтың бүйір бетін ұлғайту, яғни, мысалы, болат таспаны кесу нәтижесінде алынған дөңгелек емес көлденең фибраны қолдану болып табылады. Өндіріс процесіне байланысты көлденең қиманың пішіні мұндай фибраның бойлық бағытта едәуір қаттылығын қамтамасыз етеді, бұл оны тасымалдау және мөлшерлеу процестерін едәуір жеңілдетеді, сонымен қатар фибробетонның беріктік, деформациялық және пайдалану сипаттамаларының айтарлықтай жақсаруына әкелетін бетон қоспасында жоғары құраммен талшықтардың біркелкі таралуына ықпал етеді.

Соңғы жылдары осы типтегі фибраның тағы бір түрі тарала бастады – әр түрлі легірлеуші қоспалары бар балқытылған металды қатайту арқылы алынған аморфты металл. Балқыма салқындатылған ыдысшаға құйылады және белгілі бір ұзындық пен қалыңдықтағы таспалардың сегменттерін құра отырып, реттелген кристалды торды алып үлгермей тұрып, қатаяды [6].

Полипропилен талшықтары портландцементті ылғалдандыру кезінде сілтілік ортаның әсерінен коррозияға ұшырамайтыны белгілі. Алайда, осы

типтегі талшықтар нашар ылғалдылыққа ие, сондықтан цемент тасына нашар адгезия бар. Фибраның бетонмен адгезиясын қамтамасыз етуге көбінесе механикалық анкерлеудің арқасында қол жеткізіледі.

Әдеби мәліметтерге сәйкес [5, 7, 9, 13] бетон қоспасына синтетикалық талшықтарды енгізу композиттің осьтік созылу, иілу кезіндегі созылу және статикалық жүктеме әсерінен сығылу беріктігінің айтарлықтай жоғарылауына әкелмейді, өйткені бетон статикалық күштерді бетонға қарағанда төмен серпімді модульге ие талшықтарға бере алмайды. Алайда, болатпен салыстырғанда серпімді сипаттамалардың төмен мәндеріне қарамастан, полипропилен талшықтары оларды дисперсті күшейту үшін қолдану тұрғысынан әлі де үлкен қызығушылық тудырады.

## **1.2 Фибробетон құрылымының композициялық материал ретіндегі ерекшеліктері**

Композиттердің, соның ішінде фибробетондардың басты ерекшелігі гетерогенділік екендігі белгілі, бұл ұқсас материалдар құрылымының күрделілігін анықтайды [11]. В. И. Соломатовтың пікірінше, фибробетон-бұл өте күрделі құрылымдық ұйымы бар "құрылымдағы құрылым" түріндегі материал, онда кем дегенде екі масштабты деңгейді ажыратуға болады:

1) микроскопиялық (цемент тасының деңгейі), неоплазмалардың фазалық құрамын, кеуектіліктің түрі мен сипатын және т. б. белгілейді);

2) макроскопиялық (бетон деңгейі) агрегаттың, цемент тасының, фибраның түрі мен қасиеттерін және олардың арасындағы арақатынасты, сондай-ақ фибробетон көлемінде осы компоненттердің біркелкі таралуын белгілейді.

Лобанов И. А. фибробетонның құрылымдық – технологиялық моделін ұсынды [12], оның құрамдас бөлігі макроқұрылымдық жасуша болып табылады, оның өлшемдері арматуралық талшықтың қанықтыру дәрежесіне байланысты және талшықтардың геометриялық сипаттамалары мен агрегат өлшемдеріне сәйкес келеді. Макроқұрылымдық жасушаны құрайтын барлық компоненттер контактілермен өзара байланысты, олардың беріктігі дисперсті күшейтілген бетондардың негізгі қасиеттерін анықтайды.

Пайда болу орнына байланысты контактілерді үш түрге бөлуге болады:

- цемент дәндері арасында;
- цемент тасы мен агрегат арасында;
- ұсақтүйіршікті бетон мен фибра арасында.

Цемент тасы, агрегат және талшық бүкіл көлемді алмайды, өйткені капиллярлық және бос судан, сондай-ақ ауадан тұратын түрлі саңылаулар қалады.

Макроқұрылымдық элементтің қасиеттері композиттің сипаттамаларын анықтайды. Беріктік пен жарықшаққа төзімділік сияқты сипаттамаларға негізінен жағдайы қабылданған өндіріс әдісіне тәуелді контактілер жауап береді. Композиттің қасиеттерінің қалыптасуына компоненттердің әрқайсысы жеке-жеке әсер етеді, сондай-ақ олардың арасындағы байланыстар даықпалын

жасайды, бұл фибробетонның беріктік сипаттамаларын болжау үшін қолданылатын және "қоспалар ережесін" көрсетеді:

$$R_{фб} = 2\varphi\tau\mu\frac{l}{d} + (1 - \mu)R_б \quad (1)$$

мұндағы:  $R_{фб}$  – фибробетонның беріктігі;  $R_б$  – бетонның беріктігі;  $l$  – фибраның ұзындығы;  $d$  – фибраның диаметрі;  $\mu$  – талшықтардың көлемді құрамы;  $\tau$  – бетон матрицасы мен талшықтың интерфейсындағы тангенс кернеулері;  $\nu$  – талшықтардың түрі мен бағдарын, олардың бір-бірімен және матрицамен өзара әрекеттесу дәрежесін, сондай-ақ арматураның дисперстік дәрежесін ескеретін кешенді коэффициент.

Алайда, "қоспалар ережесі" материалдың сипаттамаларын жеткілікті дәлдікпен болжауға мүмкіндік бермейді, бұл талшықтарды енгізгендегі композит матрицасының құрылымының өзгеру ерекшеліктерін ескермеуінен болады [13]. Талшық пен цемент қамыры арасындағы контактілердің құрылу ерекшеліктері беттік керілудің капиллярлық күштерінің болуымен шартталады, бұл байланыстардың пайда болу ерекшеліктері бірнеше микроннан 1-2 мм-ге дейінгі микробөлшектердің талшықты қосылыстарының бетіне жабысуын қамтамасыз ететін беттік керілудің капиллярлық күштерінің болуымен анықталады. Капиллярлық байланыс арқасында құрылымдық элементтер жасалады, олар термиялық өңдеу кезінде қатайтылған жағдайларға байланысты күшейтіледі, бұл композит матрицасының құрылымының өзгеруіне әкеледі. Осылайша, фибраны бетонға енгізу нәтижесінде арматуралық талшықтың бетіне жақын бетонның тығыздығы жоғарылаған аймақтар және макроқұрылым жасушасының көлемі бойынша бетонның тығыздығы төмен аймақтар құрылады. Кейінірек "қоспалар ережесін" Ю. В. Пухаренко өзгертті, ол зерттеу барысында алынған қосымша деректерді ескере отырып, келесі форманы қабылдады:

$$R_{фб} = 2\varphi\tau\mu\frac{l}{d} + 3,5R_{к.з.}\mu + (1 - 4,5\mu)R_б \quad (2)$$

мұндағы:  $R_{кз}$  – бетон матрицасы мен талшықтың интерфейсындағы байланыс аймағының беріктігі.

Бұл модель жетілдірілген және тиімдірек, өйткені фибробетонның беріктігін есептеудегі матрица мен арматуралық талшықтардың қосындысынан басқа, байланыс аймағының үлесі де ескеріледі.



## 1.3 Дисперсті арматуралаудың фибробетонның беріктігі мен деформативтілігіне әсері

### 1.3.1 Иілу және қысу кезіндегі созылу күші

Бетонды жоғары модульді талшықтармен (болат, көміртек және т. б.) дисперсті күшейту бетонның беріктігін арттыратыны белгілі. Жоғары модульді фибрамен дисперстіарматуралау иілу кезінде фибробетонның созылу беріктігін арттыруға мүмкіндік береді. Кейбір мәліметтерге сәйкес [14] диаметрі 0,3 мм болат талшықпен арматураланған жағдайда, көлем бойынша 3% қанықтыру кезінде, иілу кезіндегі созылу күші арматураланбаған бетонмен салыстырғанда 5 есе артады, ал бетонның көлемдік қанықтылығы 2% болған жағдайда иілу беріктігі 2 есе артады.

Үлкен диаметрлі болат талшықты қолдана отырып, иілу кезінде созылу беріктігін бірнеше есе арттыруға болады. Сонымен, Голубев В. Ю. өз зерттеулерінде [16]  $D = 0,75$  мм және  $l = 60$  мм-ге тең бастапқы сипаттамалары бар "Dramix" фибрасын қолдана отырып, жалпы арматураның пайызы 1% - ға тең, иілу беріктігін күшейтілмеген бақылау үлгісімен салыстырғанда екі есе арттырды.

Фибробетон созылу күшінің жоғарылауымен сипатталады. Осылайша, болат фибраны көлемі бойынша 3% мөлшерінде енгізген кезде беріктіктің 2,5 есе, ал арматуралаудың 1,5% деңгейінде-арматураланбаған бетонмен салыстырғанда 1,5 – 2 есе артуы байқалады. Бұл деректерді өз жұмысында В.И. Григорьев те растайды. Дрезден техникалық университетінде ұзын, жақсы бағытталған болат талшықтары бар үлгілерді сынау кезінде, 2,4% көлемді арматуралау барысында созылу күші 5,5 есе артқаны белгіленді.

Бірқатар отандық және шетелдік сарапшылардың пікірінше, [15] болат фибробетонның созылу күші талшықтардың геометриялық орталықтары арасындағы орташа қашықтыққа байланысты. Павлов А.П. тек белгілі бір қашықтықта ғана болат фибробетон темірбетоннан күрт ерекшеленеді деген, өйткені талшық темірбетондағы арматура сияқты жүктемені қабылдай алмайды, ол алдымен бетон матрицасында әрекет етеді, бұл ондағы микрочақшықтардың дамуын қиындатады.

Шыны талшық белгілі бір қызығушылық тудырады. Жұмыста шыны фибробетон, арматураланбаған бетонмен салыстырғанда, иілу кезіндегі созылу күші 4-5 есе, ал осьтік созылу 3 есе жоғары болуы мүмкін екендігі айтылады.[18].

Дисперсті арматураны қолдана отырып, иілу кезіндегі созылуға қарағанда аз дәрежеде болса да, сығымдау күшінің артуын қамтамасыз етуге болады. Кейбір мәліметтерге сәйкес, бұл өсім 25% жетеді [20].

Сонымен қатар, әдеби талдау қолданылған фибра диаметрінің фибробетонның беріктік сипаттамаларына әсері туралы қайшылықты пікірлерді көрсетті. Сонымен, кейбір жұмыстарда [14, 17] олар арматуралық талшықтардың диаметрін азайту кезінде болат фибробетонның беріктігін арттыру туралы айтады, ал талшықтың оңтайлы диаметрі 0,3 мм, ал үлкен диаметрлі талшық аз тиімді деп саналады. Басқа дереккөздерде [19]

материалдың беріктік қасиеттері іс жүзінде арматуралық талшықтардың диаметріне тәуелді емес және арматураның әмбебап сипаттамасы ретінде келесі мәнді қолдануды ұсынады:

$$K = \mu_0 \left(\frac{l}{d}\right) \quad (3)$$

мұндағы:  $\mu_0$  - көлемді арматуралау коэффициенті;  $l / d$  - ұзындықтың фибра диаметріне қатынасы.

Фибраның диаметрлерінің абсолютті шамасына қарамастан, фибробетонның беріктігінің тең мәндері  $K$ -ге тең екендігі анықталды. Кейбір авторлардың пікірінше, бұл композит матрицасындағы талшықты бекіту жағдайларының жақсаруына және үлкен талшықтардың бағдарлау коэффициентінің жоғарылауына байланысты. Курбатов Л.Г. олардың көтеру қабілетімен шектелген құрылымдар үшін диаметрі 1-1,2 мм талшықты қолдануды ұсынады [21, 22].

"Қоспалар ережесіне" сәйкес бетонның беріктігі талшықтардың көлемдік құрамына тура пропорционал өседі, егер олардың серпімділік модулі матрицаның серпімділік модулінен жоғары болса, сәйкесінше, ауыр бетондардағы төмен модульді талшықтар бетондағы беріктендіргіш рөлін атқара алмайды. Алайда, кейбір зерттеушілердің еңбектеріне сәйкес [4, 36], төмен модульді талшықтарды енгізу кезінде қоспалар ережесіне сәйкес, бетонның беріктігі азаймай ғана қоймайды, керісінше, арта түседі. Мысалы, Ю. В. Пухаренконың мәліметтері бойынша, ұзындығы  $L = 20$  мм болатын полипропилен талшығының  $\mu_0 = 1 - 2\%$  енгізілгенде, беріктіктің өсуі 15-18% жетеді, бұл цемент матрицаларының құрылымы мен механикалық сипаттамаларын жақсартатын талшықты қосылыстардың модификациялық әсерінен гөрі беріктендірудің нәтижесі. Дәл осындай әсер А. Н. Зотовтың жұмысында расталады. [35] Ол полипропилен фибрасын қолдану бетонның беріктік қасиеттерін жақсартуға ықпал етеді деген тұжырымға келеді, сондықтан талшықты тұтынудың жоғарылауы сығылу күшінің төмендеуіне әкеледі, бірақ иілу кезінде созылу күшінің жоғарылауына әкеледі.

Сонымен қатар, әдеби шолу полидисперсті арматураның фибробетонның беріктігіне әсері туралы мәліметтер моноармалдан гөрі әлдеқайда аз екенін көрсетті, алайда бұл мәліметтер материалдың қасиеттерін моноармалдан гөрі кең ауқымда реттеуді қамтамасыз ету мүмкіндігі туралы қорытынды жасау үшін жеткілікті [36, 37].

Эксперименттік зерттеулер нәтижесінде [37] болат фрезерлік талшықтар мен полипропилен талшықтарының комбинацияларын қолдану кезінде фибробетондардың физика-механикалық қасиеттерінің өзгеру заңдылықтары анықталды. Осылайша, біріктірілген дисперсті арматуралау нұсқасының тиімділігін тексеру кезінде көлденең қимасының өлшемі  $b*t = 2,27*0,12$  мм және ұзындығы 36 мм фрезерлік фибраларды, сондай-ақ бастапқы сипаттамалары бар полипропилен талшықтарын бірлескен енгізу жүзеге асырылды  $l = 18$  мм және  $d = 0,02$  мм, жалпы қанықтыру дәрежесі  $\mu_0 = 0,81; 1,62; 2,43$  полипропиленмен арматуралаудың көлемі мен салыстырмалы

коэффициенті бойынша  $N = 0; 0,17; 0,33; 0,5; 0,67; 0,83; 1,0$ . Алынған деректерді талдау көрсеткендей, бұл жағдайда беріктігі бірдей арматураланған болат-фибробетонның беріктігінен асатын композитті алуға болады.

Техникалық әдебиеттерде келтірілген мәліметтерге сәйкес, зерттеушілер полимерлеумен айналысып, олардың геометриялық параметрлерін де, серпімді пластикалық қасиеттерін де ескере отырып, талшықтардың әртүрлі комбинацияларын сынап көрді. Осылайша авторлық куәліктердің бірінде салмағы бойынша 5% көлемінде жоғары модульді болат фибраның және 1% көлемінде синтетикалық төмен модульді талшықтың комбинациясын пайдалану ұсынылды [27]. Мұндай материал иілу кезіндегі созылу күші тек болат талшықпен нығайтылғанға қарағанда 25% - ға көп. Келесі зерттеуде [25] ұқсас әсер көлемі бойынша 2,43% - ды құрайтын аз талшықты арматураны енгізу кезінде де расталады:  $l = 34$  мм және  $d = 0,3$  мм және синтетикалық  $l = 20$  мм және  $d = 0,02$  мм сипаттамалары бар болат фибраның комбинациясын қолданған жағдайда иілу кезіндегі созылу күші тек болат фибра арматураланғанға қарағанда 23% - ға жоғары болды.

Полидисперсті арматуралауға арналған [29] жұмыста ұзындықтың диаметрге әр түрлі қатынасы бар әртүрлі сипаттағы талшықтарды бірлесіп қолданудың орындылығы да эксперименталды түрде дәлелденді. Сонымен, жоғары модульді талшықтардың үш түрінің комбинациясын (диаметрі 1,1 мм және 0,3 мм болат сым және диаметрі 0,08 мм синтетикалық жоғары модульді талшықтар) олардың мөлшерін қоспада бірдей мөлшерде 2,16% - ға өзгерту арқылы қолданған кезде, ұсақ түйіршікті фибробетонды иілу кезінде созылу беріктігін 28% - ға арттыруға болады, яғни, 18,1 МПа-дан 23,2 МПа-ға дейін.

Полиармирленген фибробетонның сығылу күші моно-арматурамен бірдей шектерде артады.

Пантелеев Д.А. аморфты металл фибрасын қолдана отырып, полиармирленген фибробетонның деформативті және беріктік сипаттамаларын зерттеді. Полимерлеудің мақсаты-моно-арматура кезінде композиттің артықшылықтарын сақтап, кемшіліктерін болдырмайтын материал жасау. Автор келесілерді қолданған:

- "Беларусь металлургия зауыты" өндірісінің толқынды профиліндегі талшықты болат сым ( $d=0,3$  мм;  $l=22$  мм;  $\rho=7,8$  г/см<sup>3</sup>);

- "Химмет" ЖШҚ өндірісінің аморфты металлдық фибрасы ( $d=0,28$  мм;  $l=30$  мм;  $\rho = 7,8$  г / см<sup>3</sup>);

- "BarChip" макросинтетикалық полимерлі фибрасы ( $d=0,87$  мм;  $l=54$  мм;  $\rho=0,9$  г/см<sup>3</sup>) [17].

Фибробетон үлгілерін алу үшін ұсақ түйіршікті бетон қолданылды, бұл арматураның жоғары дисперсиясын қамтамасыз етуге мүмкіндік берді. Зерттеу барысында жасалған үлгілер матрицаның бірдей құрамына ие болды: Ц:Қ= 1:2 кезінде В:Ц = 0,32 және цемент массасының 0,7% суперпластификатор қоспасын тұтыну. Цемент-күм ерітіндісінің дайындығы бойынша оған талшық енгізілді, ал араластыру талшықтың илеу көлеміне біркелкі таралуын қамтамасыз еткенге дейін жалғасты. Үлгілерді қалыптастыру кезінде қоспаларды тығыздау үшін стандартты діріл алаңы қолданылды. Дайындалған

фибробетон қоспаларынан өлшемі 70x70x280 мм болатын шаршы қималы призма үлгілері жасалды. Жылу-ылғалдық өңдеу булау камерасында изотермиялық ұстау температурасы 80 °с болғанда жүзеге асырылды, содан кейін үлгілер табиғи-ауа жағдайларында 14 тәулік бойы сақталды. Әрі қарай үлгілердің орташа тығыздығы анықталды, содан кейін олар МЕСТ 24452-80 сәйкес призмалық беріктігі мен серпімді модулін анықтау бойынша сынақтардан өтті.

Нәтижесінде, көлемі бойынша 2% көлеміндегі аморфты металл және болат фибра бетонды арматуралау есебінен бетонның серпімділік модулін 1,3 және 1,4 есе, призмалық беріктігін 1,3 және 1,2 есе, иілу кезіндегі созылу беріктігін 2,1 және 2,7 есе арттыруға болады. Сонымен, композит матрицасына жақсы жабысатын аморфты металл талшықпен нығайтылған үлгілер сыну тұтқырлығын арттыруға көмектесетін болат талшықпен нығайтылған үлгілерге қарағанда иілу және серпімділік модуліндегі созылу беріктігін сынау кезінде үлкен мәндерді көрсетеді. "BarChip" полимерлі фибрасын көлемі бойынша 1% мөлшерде аморфты металлмен біріктіріп қолдану арқылы тек аморфты металл талшығымен күшейтілген үлгіге қарағанда иілу кезінде созылу беріктігін арттыруға қол жеткізуге болады, сонымен қатар мұндай үлгінің бұзылуы тұтқыр болады, бұл материалдың сынғыштығын төмендетуге көмектеседі.

И. Г. Корнеева дисперсті арматураның ұсақ түйіршікті бетонның механикалық қасиеттеріне әсерін зерттеді. Базальт фибрасының көлемі, диаметрі және ұзындығы әртүрлі сандық мәні бар ұсақ түйіршікті бетонның тәжірибелік призмалық үлгілерінің иілуіне стандартты сынақтар жүргізілді. Тексеру сынақтары 1:2 (цемент:күм) құрамындағы дисперсті - арматураланған ұсақ түйіршікті бетоннан жасалған 40-40-160 мм өлшемді сәулелі үлгілерде жүргізілді. Цемент маркасы-М400, 2,38 модулі және максималды фракциясы 5 мм болатын жергілікті күм қолданылды. Бетонды арматуралау 1351 МПа үзілуге беріктігімен ровингті кесу арқылы алынған номиналды диаметрі 13 мкм болатын базальт талшықтарымен жүзеге асырылды. Фибралардың ұзындықтары 4 және 15 мм болды. Бетондағы арматураның көлемдік құрамы 0-5% аралығында (массасы бойынша) өзгерді. Фибробетонның барлық компоненттерінің қоспалары құрғақ күйде мұқият араластырылып, содан кейін сумен жабылып, үлгілердің дірілімен тығыздалады. Жүргізілген эксперименттік зерттеулердің нәтижелерін талдау келесідей тұжырымға келуге мүмкіндік береді:

- базальтты талшықтарды қолдана отырып дисперстіарматуралау ұсақ түйіршікті бетонның құрылымдық қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік береді;
- дисперстіарматуралаудың оңтайлы көлемнің шамасы оның құрылымы мен қолданылатын фибралардың параметрлерімен (диаметр, ұзындық) анықталып, тұтқыр, пластикалық бұзылу мүмкіндігін қамтамасыз етуі керек.

Сынақ нәтижелері бойынша бетондағы талшықтарды пайдалану тиімділігі туралы қорытынды жасауға болады. Кестеден фибраны пайдалану кезінде иілу беріктігінің өсуінің оң динамикасы көрінеді. Ең жақсы беріктік көрсеткіштері сәйкесінше көлемі бойынша 1,5 және 0,5% дозасы бар аморфты металл және

болат талшықтары бар полиармирленген бетоннан алынды. Бұл құрамда иілу беріктігінің артуы 70% - дан асты.

1 Кесте – Фибраның бетонның беріктік сипаттамаларына әсерін зерттеу нәтижелері

Қолданылған талшық түрі	Фибрамен дозалау, %, көлембойынша	Беріктіктің артуы, $R_{изг}$ , %
Базальттық 12 мм	0,1-0,25 %	262
Полипропиленді 55 мм	0,1-0,2%	111
Аморфты-металлдық 30 мм + болат 54 мм	0,1-2,0 %	277
Базальттық 4, 6 и 15 мм	0-5%	210

Авторлар Пономарев Андрей Николаевич, Юдович Михаил Евгеньевич-келесі өнертабысты бетон қоспаларының құрамына жатқызды. Техникалық нәтиже - беріктік қасиеттері мен суға төзімділігі жоғары бетон алу. Бетон қоспасына цемент, толтырғыш, су және базальт талшығы кіреді, диаметрі 8-10 мкм және ұзындығы 100-500 мкм, компоненттердің келесі қатынасы (% мас.): цемент 24-48, толтырғыш 30-60, модификацияланған базальт талшығы 2-6, пластификатор 0,9-1,1, қалғаны су.

Мәлімделген өнертабыс құрылыста қолданылатын монолитті және құрастырмалы құрылымдарды жасау үшін қолданылатын бетон қоспаларының құрамына жатады. Құрылыста пайдаланылатын (азаматтық, өнеркәсіптік және т.б.) бетон қоспалары беріктігі жоғары, сондай-ақ су сіңіруі төмен бетон беруі керек.

Бетон қоспасының құрғақ компоненттері араластырғышқа салынып, 5-15 минут араластырылады. С-3 пластификаторы суда ерітіледі, ерітінді араластырғышқа беріледі және қоспасы 5-10 минут араластырылады. Сынамалар алынған қоспадан жасалады: өлшемі 100×100×100 мм текшелер және өлшемі 40×40×160 мм сәулелер.

Зерттеу нәтижесі: базальт талшығын қолдану бетонның беріктік көрсеткіштерінің едәуір артуына, сонымен бірге оның су сіңірілуінің төмендеуіне әкеледі, бұл өз кезегінде оның өнімділігі мен пайдалану ұзақтығының жақсаруына әкеледі.

### 1.3.2 Жарықшалыққа төзімділік және бұзылу тұтқырлығы

Жоғарыда айтылғандай, бетонның елеулі жетіспеушілігі-бұл кішігірім пластикалық деформациядан кейін магистральдық жарықшақтың дереу таралуы нәтижесінде пайда болатын сыну кезіндегі сынғыштық. Мінсіз нәзік қирау кезінде сынақ барысында алынған бөліктерден олардың арасындағы алшақтықсыз бұрынғы өлшемдердің үлгісін қайта жасауға болады.

Сынғыштық бұзылу көбінесе сынық бетінің түрімен ерекшеленетін сынық пен кесіндімен жүзеге асырылуы мүмкін белгілі бір кристаллографиялық жазықтықтар арқылы жүзеге асырылады [26].



Жеке зерттеулер, сондай-ақ әдеби шолу [27, 39, 40], жоғары модульді талшықтарды енгізу кезінде бетонның жарыққа төзімділігі, яғни оның жарықтардың дамуына қарсы тұру қабілеті артатынын көрсетті. Бірқатар жұмыстарда бұл эксперименталды түрде расталады, мысалы  $l = 25$  мм,  $d = 0,25$  мм болат талшықтарын 2,3% көлемінде енгізген кезде, алғашқы жарықшақтың пайда болу кезіндегі жүктеме арматураланбаған үлгілерге қарағанда екі есе жоғары. Көлемі бойынша 4% фибраны енгізген кезде жүктеме шамамен 3 есе артады, бұл мәндер жұмыста да расталған [16].

Болат жоғары модульді фибра көмегімен фибробетондардың жарыққа төзімділігін анықтауға арналған зерттеу нәтижелеріне сәйкес, егер талшықтың ұзындығы критикалық ұзындықтан үлкен болса ( $l > l_{кр}$ ), талшықтардың көпшілігі жыртылып, тартылу энергиясының жалпы сыну тұтқырлығына қосқан үлесі аз болады. Егер критикалық ұзындық талшықтың ұзындығынан үлкен болса ( $l_{кр} \geq l$ ), фибра тарту энергиясы композиттің бұзылу энергиясына негізгі үлес қосады. Сондай-ақ, фибраны тартуға арналған энергия шығындары фазалық шекаралардың бұзылуымен байланысты энергиядан әлдеқайда жоғары екендігі анықталды, яғни фибробетонның жойылуының тұтқырлығын арттыру үшін ұзындығы критикалық ұзындықтан аз талшықтарды қолдану керек ( $l_{кр} \geq l$ ).

В. П. Романовтың зерттеулерінде [28] көлемі бойынша 2,5% фибраны енгізгенде, сондай-ақ бақылау үлгілерімен салыстырғанда жарық пайда болған сәтте беріктіктің 80% - ға дейін артқаны байқалады.

Голубев В. Ю. жұмысында, бастапқы сипаттамалары  $d = 0,75$  мм және  $l = 60$  мм, талшықтардың жалпы мөлшері көлем бойынша 2,9 % болатын "Dramix" болат фибрасын қолданған кезде, арматураланбаған бетонмен салыстырғандағы сыну тұтқырлығы 3,7 есе артады.

Сондай - ақ [28, 37] нәтижелері де көрнекі болып табылады, оның статикалық жүктеме кезіндегі жарыққа төзімділігі арматураланбаған бетонның беріктігінен шамамен 1,8-2 есе артық.

Жоғарыда келтірілген мәліметтерден жоғары модульді талшықтарды қолданатын фибробетон жарықтардың пайда болуы мен дамуына жоғары қарсылыққа ие деп қорытынды жасауға болады. Айта кету керек, жарыққа төзімділік қолданылатын талшықтардың диаметрінің мөлшеріне байланысты арматураның дисперсия дәрежесіне байланысты. Сонымен, кейбір жұмыстардың мәліметтері бойынша [25], диаметрі 0,3 мм болатын болат талшықтармен дисперсті күшейту үлкен диаметрлі талшықтарға қарағанда сыну кернеуін арттырады.

Сыныққа төзімділігі және қираудың тұтқырлығы бойынша жоғары талаптар қойылатын конструкциялар үшін диаметрі 0,3–0,5 мм фибра қолдану ұсынылады [34]. Курбатов Л. Г. және Рабинович Ф. Н. зерттеулеріне сәйкес бетонды болат талшықтармен арматуралаған кезде  $l = 25$  мм,  $d = 0,3$  мм және  $\mu = 2\%$  көлемі бойынша, жарықшақ түзілу сәті  $l = 120$  мм,  $d = 1,2$  мм талшықтармен арматураланған бетонмен салыстырғанда 1,25 есе артады.

Фибра диаметрін азайту кезінде жарыққа төзімділіктің жоғарылау механизмін түсіндіре отырып, Рабинович Ф. Н. [41] бұл есептік қиманың бірлігіне олардың санының өсуіне байланысты бетондағы жарықтар пайда болған кезде талшықтардың икемділігінің едәуір төмендеуіне байланысты болады деген қорытындыға келеді. Шағын диаметрлі жоғары серпімді модулі бар талшық жарықтардың ашылуының бастапқы еніне көбірек әсер етеді. Сонымен, жұмыста [41] диаметрі 0,3 мм болатын фибралар үшін олардың пайда болу кезіндегі жарықтар ені 1,5 - 3 мкм және ұзындығы 1 - 3 мкм болатын жергілікті үзілістер сипаты бар екендігі анықталды. Диаметрі 0,9 мм болатын фибраны қолданған жағдайда ені 7-10 мкм болатын жарықтар пайда болды.

Жоғары модульді металл емес талшықтар, мысалы, көміртекті талшықтар да фибробетонның жарыққа төзімділігін арттыратыны белгілі.

Көп арматураланған фибробетонға арналған жұмыста фибраның әртүрлі комбинацияларын қолдануға байланысты жарыққа төзімділіктің жоғарылауы байқалады. Мысалы, жоғары модульді фибраның үш түрін (диаметрі 1,1 мм және 0,3 мм болат сым және диаметрі 0,08 мм синтетикалық жоғары модульді талшықтар) бір уақытта қолданған кезде, олардың мөлшерін қоспадағы жалпы құрамы бірдей, көлемі бойынша 3,5% - ға өзгерту арқылы ұсақ түйіршікті фибробетонның жарыққа төзімділік көрсеткішін 33% - ға, яғни, 14,1 МПа-дан 18,8 МПа-ға дейін арттыруға болады.

Дисперстіарматураланған бетондардың сыну тұтқырлығын зерттеу кезінде кейбір жағдайларда жарықтардың таралу сипаты мен жағдайларын зерттеуге мүмкіндік беретін сыну механикасының заңдылықтарын қолданған жөн. Фибробетонның бұзылуының энергетикалық және күштік сипаттамаларын анықтау қажет, олардың көмегімен композиттің жарыққа төзімділігін бағалауға болады. Кернеу қарқындылығының критикалық коэффициенті (КҚКК)  $K_c$  - бұл жарықтың шыңдарындағы кернеу өрісін сипаттайтын коэффициент. Жарықтың жоғарғы жағындағы кернеулер мен деформациялар сыни мәндерге жеткенде, жарықтар кеңейеді. Кернеудің қарқындылық коэффициенті икемділік аймағында не болатынын анықтайды, сондықтан бұл коэффициент материалдың жарыққа төзімділігінің өлшемі болып табылады.

[27, 33] Жұмыста сынақ барысында тік қозғалыстарды бекітумен үлгілерді сатылы жүктеу жүргізілді. Сынақ нәтижелері бойынша жарық пайда болу жүктемесі және кернеу қарқындылығының критикалық коэффициенті белгіленді. Бұл ретте жарықшақ пайда болғанға дейін қабылданатын кернеулердің болат фибрасы үшін 2-3 есе және полипропилен фибрасы үшін 1,5-2 есе ұлғаюына қол жеткізілді, бұл да жұмыста расталды [12, 19, 113]. Әр түрлі құрамдағы фибробетондардың КҚКК алынған мәндері болат фибра санының көбеюімен кернеудің қарқындылық коэффициенті де артатынын көрсетті.

Жұмыста [32] синтетикалық төмен модульді фибра санының жоғарылауымен кернеу қарқындылығының коэффициенті төмендейді деп айтылады. Алайда, синтетикалық талшықтың ұзындығының жоғарылауымен КҚКК артады.

Мақалада [33, 39] жоғарыда келтірілген нәтижелерді толығымен растайтын болат және полимерлі фибраға негізделген фибробетоннан жасалған үлгілерге арналған КҚКК мөлшерін анықтауға арналған эксперименттік зерттеулердің нәтижелері келтірілген.

Осы және басқа жұмыстар [1,37] кернеу қарқындылығының коэффициентін анықтауға арналған, моноарматураланған фибробетондарға қатысты жүргізілді және полиарматураланған үлгілері үшін ұқсас зерттеу нәтижелері табылған жоқ.

Фибраның ұзындығы композиттің бұзылуының тұтқырлығына әсер ететіндігі өзге де жұмыста дәлелденді [41]. Жоғары модульді талшықтары бар фибробетондардың жойылуының тұтқырлығы туралы зерттеулердің нәтижелері жоғары тұтқырлығы бар композициялық материалды жасау үшін, тіпті талшықтар мен матрица табиғатта сынғыш болған жағдайда да, олар матрицадан сызат қалыптастыру процесінде тартылатын мөлшерде талшықтармен күшейту қажет екенін көрсетті. Созылу энергиясын арттыру үшін талшықтың ұзындығын ұлғайтуға тырысу керек екендігі көрсетілген. Осыған сүйене отырып, талшық ұзындығының оның диаметріне қатынасы ( $l/d$ ) композиттің тұтқырлығына қатты әсер ететіні анықталды.

Талшықты арматуралау бұзылу энергиясын арттыруға мүмкіндік беретіні белгілі. Сонымен, жұмыстардың бірінде көлемі бойынша 2,5% көлемінде "Dramix" болат фибрасын ( $d = 0,75$  мм,  $l = 60$  мм) пайдалану кезінде "жүктеме - салыстырмалы деформация" тәуелділік диаграммасы салынды және оның көмегімен үлгілерді бұзуға жұмсалған энергия есептелді, ол кәдімгі бетоннан 137 есе артық болды [26].

### **1.3.3 Соққыға төзімділік**

Отандық және шетелдік әдебиеттерде келтірілген мәліметтер бойынша [2, 9, 10, 17, 97, 103], дисперсті арматураның көмегімен қолданылатын талшықтың түріне қарамастан, бетонның соққыға төзімділігін бірнеше есе арттыруға болатындығы анықталды. Бұл құрылымның қалыптасу кезеңінде де пластикалық шөгу кезінде кернеулердің ең қауіпті аймақтардан бетонның бүкіл көлеміне қайта бөлінуі, ал тікелей жүктеме кезінде – стресс концентрациясының төмендеуімен фибралармен жарықтардың өсуін тежеумен байланысты. Сондай-ақ, соққыға төзімділіктің жоғарылау дәрежесі қолданылатын талшықтың геометриялық сипаттамаларына, арматураның пайызына, сондай-ақ құрылымды жасау технологиясына байланысты [22]. Бұл жүктемені тез қолданған кезде, ондағы жарықтар пайда болғаннан кейін дисперсті күшейтілген бетонды бұзу үшін қажетті энергия бетон матрицасынан талшықтарды шығаруға жұмсалуды керек. Яғни, жүктеме уақыты өте аз болған кезде, бетоннан жұқа және пластикалық талшықтың үлкен массасын алуды қамтамасыз ету үшін қысқа мерзімде көп жұмыс істеу керек. Бұл синтетикалық талшықпен күшейтілген бетонның жоғары кедергісі, соққы жүктемелерінің әсеріне байланысты.

Алайда, фибра мөлшері 5-10% - ға дейін жоғарылаған кезде, талшықты серпімділік модулі фибробетонның жоғары соққыға төзімділігін қамтамасыз

ету үшін шешуші факторға айналады. [27] арматураның жоғары пайызы фибробетонның соққыға төзімділігін арттырудың жалғыз шарты емес деген пікір бар және матрицадағы фибралардың геометриялық орталықтары арасындағы қашықтық осы көрсеткіш үшін үлкен мәнге ие.

Жұмыста [37] 2% болат фибраны енгізу арқылы бетонның соққыға төзімділігін 3 есе арттыратын деректер келтірілген. Жұмыста келтірілген нәтижелер [32], оның ішінде капрон талшықтары бар фибробетонның соққыға төзімділігі болат талшықты фибробетоннан 1,15 есе және арматураланбаған бетоннан 3,5 есе жоғары бекендігі айтылады.

Жұмыста [38] металл фибраның төзімділігі үшін оның концентрациясы бетон қоспасының көлемінен 1,5 % құрау керек, ал ал полипропиленді фибра үшін – 1 % болуы тиіс. Фибра құрамы 0,5% - ға дейін болған кезде композиттің соққыға төзімділігінің жоғарылауы шамалы, бұл фибробетонның реттелген көлемдік байланысты құрылымын құру үшін қажетті фибра концентрациясының минималды деңгейінің теориялық бағалауларымен расталады.

Жұмыста [24] шыны фибробетон, арматураланбаған бетонмен салыстырғанда, сыну қаттылығы 15-20 есе көп болуы мүмкін деп айтылады.

Фибробетонның жоғары соққы беріктігін қамтамасыз етуде полидисперсті күшейту оң рөл атқаратыны анықталды. Мысалы, соққыға төзімділікке жоғары талаптар қойылатын құрылымдар үшін, олардың саны беріктікті есептеу арқылы анықталатын жоғары модульді талшықтардан басқа, төмен модульді микрофибраларды қолдану қажет, олар фибробетонның соққы тұтқырлығын арттырумен қатар, қымбат жоғары модульді талшықтардың шығынын азайтуға мүмкіндік береді. Мысалы, [34] төмен модульді талшықтардың болуы жалпы күшейту пайызын ( $\mu_0$ ) және композиттегі ( $n$ ) талшықтың пайыздық үлесін өзгерту арқылы фибробетонның соққыға төзімділік көрсеткіштерін реттеуге мүмкіндік беретіні эксперименталды түрде дәлелденді. Шетелдік және отандық көздерде осы мақсатта синтетикалық және шыны талшықтардың түрлерін қолдану ұсынылады [13, 23].

#### **1.4 Фибробетондардың қасиеттерін одан әрі жақсарту және тиімділігін арттыру әдісі ретінде полидисперсті арматуралау**

Фибробетондар – бұл бастапқы компоненттердің-арматуралық талшықтар мен бетонның ең жақсы қасиеттерін біріктіретін құрылыс композиттерінің ең көрнекті өкілдері.

Жоғарыда келтірілген деректер талшықты бетондардың талшықтарсыз аналогтарына қарағанда артықшылықтарын сенімді түрде көрсетеді, ал темірбетон конструкцияларының құрамындағы шыбықпен бірге дисперсті арматураны қолдану олардың жүктеме кезіндегі мінез-құлқының сапалық өзгеруіне әкеледі.

Материалдың қасиеттері мен оған негізделген құрылымдардың сипаттамасындағы барлық оң өзгерістердің дәрежесі негізінен қолданылатын талшықтар мен бетонның түрі мен қасиеттерімен, олардың өзара әрекеттесу қатынасы мен дәрежесімен анықталады. Осылайша, арматуралық талшықтардың бетон матрицасымен тығыз байланысы, өзінің белсенділігімен қатар, интерфейс беттерінің ұзындығымен қамтамасыз етіледі, бұл өз кезегінде бетонның талшықтармен қанығу дәрежесіне, олардың геометриялық сипаттамалары мен беттік энергиясына байланысты болады.

Осыны ескере отырып, фибробетондардың құрылымы мен қасиеттерін жақсарту тұрғысынан ең үлкен оң әсерлерге әртүрлі мөлшердегі, беріктік пен серпімді-пластикалық сипаттамалары бар әртүрлі құрамдағы талшықтардың екі немесе одан да көп түрлерінің оңтайлы үйлесімімен полиарматуралау нәтижесінде қол жеткізуге болады деп болжау қисынды.

Полимерлеудің мақсаты-қол жеткізілген артықшылықтарды сақтай және көбейте отырып, моно-арматура нұсқасында орын алатын композиттің кемшіліктерін болдырмайтын материал жасау.

Осылайша, полимерлеудің артықшылықтары:

- моноарматуралауға қарағанда үлкен беріктігі бар композитті алу;
- композиттің физикалық-механикалық қасиеттерінің кешенін моноарматуралауға қарағанда неғұрлым кең шекте мақсатты реттеу;
- композиттің беріктік көрсеткіштері мен пайдалану сипаттамаларын жақсарту мүмкіндігі.

Жасалған әдеби шолу композициялық материалдардың қасиеттерін басқару үшін полидисперсті арматураны қолдану, сондай-ақ талшықтардың серпімді пластикалық, геометриялық параметрлерінің әсері және олардың композиттің бетон матрицасына адгезиясының беріктігі фибробетондардың қасиеттеріне полиармацияны қолдану перспективасы туралы қорытынды жасауға мүмкіндік беретінін көрсетті [33].



## **2 Талшықтардың түрлері және олардың фибробетон сипаттамаларына әсері**

### **2.1 Фибробетонның қажеттілігі**

Бетонды құрылымдық материал ретінде пайдалану белгілі бір дәрежеде сынғыштық, төмен созылу күші және соққыға төзімділігі, шаршау, төмен икемділік және төмен беріктік сияқты кемшіліктермен шектеледі. Сондай-ақ, жарылыстардан туындаған динамикалық жүктемелерді алу өте шектеулі.

Сынғыштық құрылымдық элементте созылу аймағында арматураланған (немесе) алдын ала кернеулі болатты енгізу арқылы өтеледі. Алайда, бұл бетонның негізгі қасиетін жақсартпайды. Бұл талап етілетін өнімділік үшін екі материалды пайдалану әдісі. Төмен созылу күші мен жоғары беріктік талаптарының негізгі мәселесі әлі де сақталуда және оны әр түрлі арматуралық материалдармен жақсарту қажет. Әрі қарай бетон икемділікте, шаршау мен соққыларға төзімділікте де жеткіліксіз. Бетонға қажетті мөлшерді ұсынудың маңыздылығы құрылыс элементтерінде әр түрлі және күрделі қолданылуымен артады. Бетонның қажетті сипаттамаларын әзірлеу талшықтар мен қоспаларды қосу арқылы инженер - конструкторлардың мәселелерін шешеді.

Талшықтардың рөлі, негізінен, тіректердің ұштарында соққы күшін қолдана отырып, кез-келген жарықтар пайда болуын ұстап қалу, осылайша олардың матрицада таралуын баяулату. Осылайша, композиттің соңғы сынған деформациясы бекітілмеген матрицаға қарағанда бірнеше есе артады.

Алайда, талшықтар мен минералды қоспаларды қосу араластырумен байланысты белгілі бір проблемаларға ие, өйткені талшықтар кеуектердің пайда болуына бейім, ал араластыру кезінде өңдеу қабілеті төмендейді.

### **2.2 Бетондағы талшықтың әрекеті**

Талшықтар қатайту сатысында бетонды мықтырақ етеді. Бетонға талшықтардың белгілі бір пайызының иілу беріктігіне қосқан үлесі арматура беретін беріктікке қарағанда аз. Ең бастысы, талшық жүктеме кезінде жарықтың өсуін шектейді, осылайша соңғы жарықшақтануды тоқтатады. Сілтілікке төзімді шыны талшық сияқты металл емес талшықтар және синтетикалық талшықтар химиялық заттарға төзімділікті қамтамасыз етеді. Талшықтың күшейту қабілеті талшықтың ұзындығына, талшықтың диаметріне, талшықтың пайыздық мөлшеріне және араластыру күйіне, талшықтардың бағыты мен арақатынасына негізделген.

Фибробетон - цемент бетонының бір түрі, онда арматуралаушы материал ретінде "фибра" кесектері немесе фиброталшықтар жеткілікті дәрежеде біркелкі таралған.

"Фибра" ұғымы негізінде металдан жасалған талшықтар, жұқа болат сымның бөліктері, шеге өндірісінің қалдықтары және т.б., сондай-ақ әйнектен, полимерлерден (негізінен пропилен) тұратын талшықтар жатыр. Фибра өндіріс

кезеңінде бетонға қосылады, арматуралық компонент функциясын орындайды және бетонның сынғыштығын, деформациясын, су өткізбейтіндігін және аязға төзімділігін арттыра отырып, оның сапасын жақсартуға көмектеседі. Фибробетонның қосымша артықшылығы-бетонның басқа түрлерімен салыстырғанда оның жеңіл салмағы, бұл оны орнатуды айтарлықтай жеңілдетеді.

Ауыр фибробетонның орташа тығыздығы-2200-2400 кг / м<sup>3</sup> . Жеңіл фибробетонның тығыздығы қолданылатын толтырғышқа байланысты және 300 ... 250 кг / м<sup>3</sup> болуы мүмкін.

Фибробетондардың беріктігі негізінен байланыстырушы полимер компонентінің түріне байланысты: эпоксидті және эпоксидті-фуранды бетондарының сығылу беріктігі негізінен ( $\sigma_{сж} = 9 \div 11$  МПа), карбамидті байланыстырғыштардағы бетон үшін ең төменгі көрсеткіштер ( $\sigma_{сж} = 3 \div 4$  МПа). Жалпы, фибробетондар үшін беріктік мәні цемент бетонына қарағанда жоғары. Осылайша, фибробетондарда цементке қарағанда қысу күші мен созылу күші арасындағы айырмашылық аз.

Қатты полимерлі байланыстырғыштың серпімділік модулі, мысалы, полиэфоксид, цемент блогының серпімділік модулінен 10 есе төмен, ал бетонның түріне байланысты  $(1 \div 4) \cdot 10^4$  МПа, ауыр цемент бетонымен бірдей -  $(2,5 \div 5) \cdot 10^4$  МПа. Себебі талшықты бетонның тығыздығының көп бөлігі минералды толтырғыштар мен агрегаттардан тұрады.

Фибробетонды пайдалануды шектейтін қасиет-төмен жылу кедергісі-80 ... 150 ° С. Бұл жағдайда полимерлі бетонның температурасы көтерілген кезде оның беріктігі мен серпімділік модулі төмендейді. ФАМ негізіндегі фибробетон үшін беріктік пен серпімділік модулінің температураға келесі тәуелділігі байқалады:

- жұмыс температурасы, ° С ... 20 40 60 80 100;
- төмендеу жылдамдығы;
- күш және серпімділік модулі ... 1 0,9 0,8 0,7 0,6.

Ыстыққа төзімділігі төмен фибробетон әлі күнге дейін отқа төзімді материалдар класына жатады, өйткені органикалық материалдың құрамы бейорганикалық компоненттердің пропорциясымен салыстырғанда төмен. Фибробетонның басты артықшылықтарының бірі-оның жоғары химиялық төзімділігі. Тығыз фибробетондар химиялық агрессивті заттардың барлық түрлеріне жоғары төзімділікпен сипатталады; олар цемент бетонын оңай бұзатын қышқылдардың, тотықтырғыштардың және тұзды ерітінділердің әсеріне қарсы тұрады. Сондықтан фибробетон мен мастиканы қолданудың маңызды бағыттарының бірі-құрылыс құрылымдарын агрессивті әсерлерден қорғау, химиялық кәсіпорындарға арналған құрылғылар мен контейнерлерді орнату және төсеу.

2 Кесте – Полиэфир және эпоксидті шайырлар негізіндегі фибробетондардың сипаттамалары

Композиттегі құрамы (асбофрикциялық қалдықтардың), %	Полимер матрицасы			
	эпоксидті		полиэфирлі	
	Сығылу кезіндегі беріктік шегі, МПа	Созылу кезіндегі беріктік шегі (иілу кезінде), МПа	Қысу кезіндегі беріктік шегі, МПа	Созылу кезіндегі беріктік шегі (при изгибе), МПа
0	37,83	11,68	39,78	11,05
3	40,46	12,5	39,92	12,51
5	36,9	12,0	34,26	14,94

### 2.3 Фиброталшықтың негізгі түрлері

Оның шығу тегі мен өндіріс әдістері бойынша фибраның алты негізгі категориясы бар, олардың әрқайсысы ГОСТ 14613-83 «Фибра. Техникалық шарттар» сәйкес келуі керек:

- Болат талшық;
- базальт;
- шыны талшықты;
- көміртекті;
- полипропилен;
- целлюлозалы.

#### 2.4.1 Болат фибра

Металл (болат) фибра анкерлік және толқындық болып бөлінеді. Бұл сым толқындары немесе түзу кесектер, олардың ұштары бүгілген, ұзындығы 10-нан 50 мм-ге дейін болады.

Арматуралық жақтау үшін шикізат ретінде қолданылатын металл талшықтар әртүрлі тәсілдермен жасалады: балқытылған қалыптарды қолдана отырып, механикаландырылған немесе электрлік әдістермен.

Көп қолданылатын механикалық әдіс болып табылады. Бұл әдісте созу арқылы жасалған металл жіптер болып табылады, сым илемдеу станоктарында және болат фольганы, сондай-ақ басқа да ұқсас материалдарды кесу арқылы жасалады.

Металл талшықтарын өндіру технологиясын таңдау металл талшықтың қажетті мөлшеріне байланысты. Ең жұқа жіптер әдетте арнайы алмаз шпиндельдері мен олар арқылы созу негізінде алынады.

Негізгі кемшіліктер:

- өнімнің салмағы үлкен;
- коррозияға төзімділік өте төмен;

- бетон іргетасымен ілінуі де төмен

### **2.4.2 Базальт фиброталшығы**

Базальт (минералды) фибра-жасанды жолмен алынған, базальт деп аталатын вулкандық минералдан алынған минералды-бейорганикалық талшық. Базальт мамандандырылған пештерде ериді. Бұл талшық ГОСТ 14613-83 "Фибра. Техникалық шарттар" бойынша жасалған.



1 Сурет– Базальт фиброталшығы

Базальт жіптері базальтқа тән барлық қасиеттерге ие:

- базальт механикалық жүктемелерге төзімді;
- қышқылдар мен сілтілер сияқты агрессивті ортаға төзімді;
- базальт отқа ұшырамайды;
- бетонның беріктігін үш есе арттырады.

Базальт жіптерінің көлемі олардың алуан түрлілігімен және осы жіптерден алынған өнім түрімен анықталады. Базальтофибробетон-бұл базальт жіптерінің негізгі өнімі.

### **2.4.3 Шыны талшықты (минералды) фибралар**

Ол бейорганикалық құрамдағы шыны жіптер түрінде ұсынылған, олар арнайы қондырғыларда әйнектен балқытылған массаларды екі қабатты шыны ыдыстардың жоғары берік формаларында тарту арқылы алынады. Жіптің қасиеттері талшықтарды әйнектен алу әдісіне және әйнек құрылымының химиялық құрамына байланысты.



2 Сурет – Шыны талшықты фибра

Шыны түрлерінің көптүрлілігі құрылымдық және механикалық жағынан әртүрлі қасиеттері бар шыны жіптердің қажетті ассортиментін жасауға мүмкіндік береді.

Бетонның қажетті маркасына арналған дисперсті арматура ретінде шыны жіптерден жасалған үздіксіз талшықтар қолданылады, олар белгілі бір мөлшердегі турникет түрінде жиналады. Бұл байлам кейінірек талшықтардың кішкене сегменттеріне бөлінеді, олардың ұзындығы технологиялық талаптарға және қажетті бетон маркасына қажетті стандарттарға сәйкес анықталады.

#### **2.4.4 Көміртекті фиброталшық**

Көміртекті фиброталшық - жоғары температура әсерінен шикізатты термиялық өңдеу кезінде көміртектен жасалған кесілген сегменттер түріндегі көміртекті жіптер. Бұл материал механикалық жүктемелерге және химиялық әсерлерге өте төзімді. Көміртекті фиброталшықтар әртүрлі әсер ету кезінде аздап ұзарту коэффициентіне ие.



3 Сурет – Көміртекті фиброталшық

Артықшылықтары:

- коррозия материалға әсер етпейді;
- адгезияның керемет қасиеттері;
- агрессивті химиялық ерітінділерге төтеп бере алады;
- жоғары температураға жоғары төзімділік- жанбайды.

Бұл материалдың серпімділік қасиеттері болат жіптердің серпімділік қасиеттеріне қарағанда әлдеқайда жоғары, өз кезегінде шыны талшық сияқты беріктік.

Материалдың осы түрінің мінсіз қасиеттеріне қарамастан, жоғары бағаға байланысты оны үнемі пайдалану экономикалық тұрғыдан тиімсіз. Осыған байланысты бұл талшықтар экономикалық тұрғыдан орынды болған жағдайда ғана қолданылады.

#### **2.4.5 Полипропиленнен жасалған фибра**

Бұл талшық диаметрі 0,02–0,038 мм болатын талшықтардың жеке түрі болып табылады, оларды полипропилен пленкасынан кесу және одан әрі бұрау арқылы алады. Бетон ерітіндісінде бұл талшықтар тордың құрылымын ашады. Нәтижесінде фибробетонның құрамы аса сапалы болады. Бұл материал

арматураланбаған бетонға қарағанда соққы жүктемелерінің әсеріне төтеп береді.



4 Сурет – Полипропиленнен жасалған фибра

Кемшіліктері:

- созылу мен сығылуға төзімділігі төмен;
- материал фибробетонға айналған кезде ылғалмен нашар әрекеттеседі;
- жоғары температура материалдың сапасына теріс әсер етеді;
- материал әрдайым сапалы емес (қалдықтар + сапалы материал) - көбінесе өндірушілер полипропиленнің қасиеттерін оны қалдықтардан жасау арқылы асыра сілтейді, бұл фибробетон класына, сондай-ақ оның қасиеттеріне қатты әсер етеді.

#### 2.4.6 Целлюлозалы фибра

Бұл полимерлі көмірсутек материалы жоғары ыстыққа төзімді, сонымен қатар бұл материал ылғалға төзімді және қышқылдардың әсеріне ұшырамайды. Қажет болса, полимерлі жабындардың бу өткізгіштігі целлюлоза жіптерін қолдануды қарастырады, ал шөгу процестері баяулайды, бұл сұйықтықтың фибробетонның төменгі қабаттарынан бетіне шығуына көмектеседі.



5 Сурет – Целлюлозалы фибра

Өз кезегінде, фибробетон өндірісіне әсер ететін тұтқыр қоспалар мен талшық түрін таңдау жіптердің қажетті химиялық қасиеттерін таңдауға ғана емес, сонымен қатар функционалды сипаттамалардың мақсатын және материалдарды негізделген пайдалану кезінде ұзақ мерзімді пайдалануға арналған.

## 2.5 Ұзындығына байланысты фибраның қолданылуы

Бұл материалдардың ұзындығының бірнеше нұсқалары бар [5]:

а) шағын талшық - 6 мм-цемент, құм, сылақ сияқты қоспалармен, сылақ және ерітінді қоспалармен жұмыс істеу кезінде және көбік бетонмен жұмыс істеу кезінде беріктік сапасын арттыру және геометриялық пішін беру үшін қажет;

б) көлемі 12 мм бетонға арналған фибра әртүрлі плиталарды, газдалмаған газбетонды, бетон едендер мен іргетастарды, алдын ала кернеулі бетоннан жасалған бетон конструкцияларды, гидротехникалық объектілерді қатайтуға және беріктігін арттыруға арналған;

в) ұзындығы 18-20 мм талшықтары бар ең үлкен талшықтар ірі агрегат - киыршықтас, ірі түйірлі құм қосумен араласатын ауыр және аса ауыр бетонмен жұмыс істеу үшін қажет. Мысалы, бұл талшық көпірлерді салу, жолдар салу және механикалық кернеуге жоғары беріктік пен төзімділікті қажет ететін басқа құрылымдар үшін қажет.

3 Кесте – Түрлі фибралардың салыстырмалы сипаттамасы

Көрсеткіш	Базальттық фибра	Полипропиленді фибра	Шыныталшықты фибра	Болат фибра
Материал	Базальт талшығы	Полипропилен	Шыны талшық	Көміртекті болат сым
Созылу беріктігі, МПа	3500	150-600	1500-3500	600-2500
Талшық диаметрі	13-17 мкм	10-25 мкм	13-15 мкм	0,5-1,2мм
Талшық ұзындығы	3,2-15,7 мм	6-18 мм	4,5-18 мм	30-50 мм
Серпімділік модулі, Гпа	75-тен кем емес	35	75	190
Ұзару коэффициенті, %	3,2	20-150	4,5	3-4
Балқу температурасы, С°	1450	160	850	1550
Сілтілік және коррозияға төзімділігі	Жоғары	Жоғары	Тек сілтілікке төзімді талшықта	Төмен
Тығыздық, г/см <sup>3</sup>	2,60	0,91	2,60	7,80

## **2.6 Дисперстіарматуралау параметрлерінің фибробетон қасиеттеріне әсері**

Алынған фибробетондардың қасиеттеріне жеке талшықтар арасындағы қашықтық немесе басқа жолмен талшықтардың ұзындығымен, олардың диаметрімен немесе көлденең қимасымен және қоспадағы мөлшерімен анықталатын арматураның дисперсиясы үлкен әсер етеді. Осы параметрлердің оңтайлы үйлесімімен беріктіктің, сынуға төзімділіктің жоғарылауының және алынған композиттің басқа физика - механикалық сипаттамаларының жақсаруының максималды дәрежесі бар [4, 35, 39].

Бүгінгі таңда бетонды дисперсті арматурамен қанықтыру шегі көбінесе көлемі бойынша 1-2% құрайды. Сонымен бірге зерттеу нәтижелері де [34] келтіріледі, бұл фибробетонның механикалық сипаттамаларының көрсетілген аралықтың шегінен шыққан кезде сызықты емес өзгергенін көрсетеді. Арматураның аз пайызында, талшықтар бір-бірінен едәуір қашықтықта алыстаған кезде, фибробетонның беріктігі матрицаның беріктігімен сипатталады және іс жүзінде одан ерекшеленбейді. Матрицаның жарылуы кезінде қоспаны фибрамен қанықтырған кезде кернеуді қайта бөлу жүреді, онда жүктемені негізінен талшықтар қабылдайды, бұл фибробетонның жүк көтергіштігін қамтамасыз етеді. Бұл әсер қоспадағы талшықтар санының одан әрі ұлғаюымен күшейтіледі және композиттің матрицалық компоненті жетіспегенше күшейе береді, содан кейін оның беріктігі төмендейді. Осылайша, талшықты белгілі бір геометриялық сипаттамалары бар максималды беріктікке сәйкес келетін көлемді арматураның мәні бар. Талшықты арматуралаудың аталған параметрлері статистикалық сипаттаманы ғана емес, сонымен қатар талшықтар мен матрицалардың кейбір өзара әрекеттесуін түсіндіруге, сонымен қатар әртүрлі талшықтардың көмегімен жасалған фибробетондардың бұзылу механизмдерін талдауға мүмкіндік береді.

## **2.7 Фибробетонның құрамы**

Талшықты-арматураланған цемент композицияларын пайдалану бүгілу беріктігі мен соққы тұтқырлығы жоғарылаған жеңіл құрылыс конструкцияларын шығаруға мүмкіндік береді. Талшықты таңдау композицияның берілген талаптарды қанағаттандыру үшін қандай қасиеттерге ие болуымен анықталады.

Талшықты арматурадағы бетон матрицасының қасиеттері композиттің құрылымына байланысты. Осыған байланысты, осы композиттерді талдау және әртүрлі жүктемелердегі олардың мінез-құлқын болжау үшін бетон матрицасының құрамын зерттеп, негізгі компоненттерді қарастыру қажет:

- цемент матрицасының құрамы;
- фибра пішіні және таралуы;
- "цемент тас – фибра"байланыс аймағы.



Талшықты күшейтілген ұсақ түйіршікті бетондар үшін цемент матрицасы басқа ұсақ түйіршікті бетондардан өзгеше емес және әдетте: цемент, құм, толтырғыш және судан тұрады. Фибробетондарда фибра мөлшері цемент массасы бойынша 1-ден 15% - ға дейін өзгереді. Ол жарықтардың пайда болуын болдырмау үшін екінші рет нығайту үшін қолданылады [22].

Фибробетондар өндірісі әдеттегі әдістермен жүзеге асырылады. Қосымша талшықты қолдану қарапайым араластыру технологияларын қолдану арқылы мүмкін болады, бірақ қоспаның реологиясы мен микроқұрылымын күрделі бақылауға негізделген жетілдірілген матрицалық қосылыстарды қолдану арқылы. Бұл композициялардағы тығыз микроқұрылым, сондай-ақ жақсартылған реология тиімді беріктендіруді қамтамасыз ететін қысқа талшықтардың көлеміне байланысты дисперсияны 2-ден 6% - ға дейін біріктіруге мүмкіндік береді.

Талшық пен цемент тасының өзара әрекеттесуі, сондай-ақ талшықты-арматураланған материалдың құрылымы талшықты-арматураланған композициялық материалдың сипаттамаларына әсер ететін маңызды қасиеттер болып табылады. Алайда, бұл қасиеттерді түсіну үшін талшықтардың әсерін бағалау және композиттің әрекетін болжау қажет.

Фибробетонның жүк көтергіштігі бетон матрицасындағы талшықтың көлемдік үлесіне байланысты. Талшықтың беріктігі әдетте бетонның беріктігінен үлкен. Талшықтың беріктік шегіне келетін болсақ, талшықтың көтергіштігі бетонға түсірілген жүктемеден көбірек болуы керек. Бұл жарық пайда болғаннан кейін бетон композиттің жұмысына әсер етпейтіндігіне және жүктеме бетондағы талшықтарға толығымен берілетіндігіне байланысты. Сонымен қатар, талшықтар үлкен жүктемені қабылдай алады, нәтижесінде фибробетондыкомпозиттің беріктігі матрицаның өзіне қарағанда жоғары болады.

Фибробетон цемент матрицасында таратылған қысқа талшықтардан тұрады. Мұндай қысқа, көлбеу талшықтардың күшейтілген бетонның механикалық қасиеттеріне әсері, әдетте, жүктемеге параллель орналасқан ұзын талшықтарға қарағанда аз. Бұл қысқа және көлбеу талшықтардың тиімділігі аз екенін білдіреді.

## **2.8 Фибробетондардың артықшылықтары мен кемшіліктері**

Артықшылықтары [2]:

- қоспалар қатайған кезде жарықтар пайда болу ықтималдығы өте төмен. Талшықты қолдану бетонның деформацияға төзімділігін арттыруға мүмкіндік береді, бұл беріктік сипаттамаларын арттыруға көмектеседі. Егер шөгү нәтижесінде жарықтар пайда болса, талшық олардың шеттерін байланыстырады, бұл ақаулық ықтималдығын азайтады;

-бетон құрамы температура әсеріне одан да төзімді болады, негізінен мұздату және кері процесс кезінде. Фибраның арқасында ауаның кішкене бөлігі қоспаға енеді, бұл өз кезегінде судың қатып, еріген кезде кішірейіп, кеңеюіне мүмкіндік береді. Қоспаның құрамында құрылыс материалдары ылғалдың

қозғалысын толығымен бақылайды, осы процеске сәйкес оңтайлы ылғалдандыру процесі жүреді. Нәтижелері бойынша сығымдау кезіндегі беріктік параметрлері бірінші күні қамтамасыз етіледі;

- нәтижесінде бұл композиция қолдануға дайын және оның беріктігі механикалық кернеуге өте төзімді;

- алынған қатайтылған құрам абразияға төзімді. Төсеу жүргізілгеннен бірнеше сағат өткен соң, абразияға төзімділік параметрі 10% - ға артады. Жалпы, бұл параметр 30-ға жетуі мүмкін;

- бұл композиция өрттен қорықпайды, өйткені ол жоғары температураға төзімді;

- қоспаның отқа төзімділік параметрлері жалпы артады. Құрылыс саласына және осы сала сарапшыларының пікіріне назар аударатын отырып, фибра көмегімен жасалған бетон құрамы бір сағат ішінде 600 градус температураға ұшыраған кезде деформацияға және бұзылуға ұшырамайды;

- сондай-ақ, ылғалдың өткізгіштігіне төзімділікті атап өту керек. Химиялық элементтер, су, сілтілер және қышқылдар, сондай-ақ әртүрлі ластаушы заттар бетон құрамына өте ұзақ уақыт сіңеді. Бұған айқын мысал - бүгінде жоғары ылғалдылық орындарында су қоймаларын, теңіз қоршаулары мен көпірлерді салу кезінде талшықты қолдана отырып бетон қолданылады;

- болат торды пайдалану аясында талшық әлдеқайда үнемді. Бұл металл торды ауыстырудың тамаша үлгісі болып табылады;

- өз қолыңызбен қоспаны жасау үшін күрделі жабдық қажет емес. Бетонның қажетті түрін жасау үшін сіз тек бетон араластырғышпен жасай аласыз. Үлкен өнеркәсіптік көлемде фибра мен фибробетон жасау үшін өндірістік кәсіпорындар үшін кез-келген жабдық қажет болуы мүмкін;

Фибраның кемшіліктері:

- белгілі бір химиялық процестерде шыны талшықты материалдардың тұрақтылығы жеткілікті жоғары емес;

- егер полипропиленді қарастыратын болсақ, онда оның бағасы соншалықты төмен емес

басқа құрылыс материалдарымен салыстырғанда;

- мысалы, болат талшығы оны пайдалану кезінде қалыпты тұтынуға ие;

- егер араластыру кезінде қателіктер жіберілсе, болашақта бетонның оңтайлы қасиеттері жоғалады.

- базальт материалының кемшіліктері жоқ екенін атап өтуге болады.

Қазіргі уақытта талшықтарды құрылыс конструкцияларының негізі ретінде қолдануға деген қызығушылық айтарлықтай өсті, әсіресе мұндай талшықтарды арматура ретінде қолданған кезде. Мұндай қызығушылық мамандардың бетон конструкцияларының физикалық көрсеткіштерін едәуір арттыруға деген ұмтылысынан туындайды, оларға қазіргі заманғы құрылыс жоғары талаптар қояды. Сондай-ақ, табиғи ресурстарды тұтынудың үздіксіз артуы, энергия тұтынудың артуы, пайда болған қалдықтардың көбеюі, өндірістің өсуіне байланысты қоршаған ортаның ластануы ескеріледі. Атап айтқанда, бетон өндіруге қажетті энергия мөлшері болат, алюминий, шыны өндіруге қажетті

энергия мөлшерімен салыстырғанда аз болатыны белгілі. Бетон арматурасы материалдың энергия сыйымдылығының тиісті артуына әкеледі.

Бетон материалдарының созылу күшінің жеткіліксіздігін жеңу үшін талшықтарды арматура ретінде пайдалану оларды құрылыста қолданудың кең мүмкіндіктері бар бетондардың жаңа түрін алуға алғышарттар жасай алады. Дәстүрлі арматураланған құрылымдардағыдай, талшықтардың қатаюы бетон матрицасының материалы талшықтарға қолданылатын жүктемені бөлімнің бетінде әрекет ететін тангенс күштері арқылы береді деген болжамға негізделген, сондықтан кернеулердің негізгі бөлігін талшықтар қабылдайды.

Дисперсті-арматураланған бетондарды зерттеу мен қолданудың әлемдік тәжірибесі талшықтарды енгізу мыналарды қамтамасыз ететіндігін көрсетті:

- бетонның беріктік сипаттамаларын жақсарту, жарыққа төзімділікті, соққыға және тозуға төзімділікті, әртүрлі күш әсерінен статикалық беріктікті арттыруды;

- бетон құрылымын жақсарту арқылы агрессивті ортаға ұшыраған кезде құрылымдардың пайдалану сенімділігін арттыруды;

- конструкциялардың жұмыс қималарын қысқарту мүмкіндігі, кейбір жағдайларда ағынның азаюы немесе өзекті арматураны пайдаланудан толық бас тарту.

Техникалық әдебиеттерді талдау әр түрлі талшықтарды дисперсті арматура ретінде қолданудың тиімді бағыттарын анықтауға және жалпы қабылданған деп санауға болатын кейбір заңдылықтарды анықтауға мүмкіндік берді:

- фибробетонның қасиеттері қолданылатын талшықтар мен бетонның түрімен, олардың сандық қатынасымен анықталады және көбінесе фазалық шекарадағы контактілердің күйіне байланысты болады;

- қол жеткізілген деңгейді сақтай отырып, бастапқы бетонмен салыстырғанда композиттің беріктік сипаттамаларының айтарлықтай жоғарылауы матрицаға химиялық төзімді және серпімділік модулінен үлкен жоғары технологиялық талшықтарды қолдану арқылы қамтамасыз етіледі;

- талшықтардың түрі, олардың салыстырмалы ұзындығы мен қоспадағы пайыздық құрамы қабылданған технологияны ескере отырып, өнімдер мен құрылымдарға қойылатын талаптарға сүйене отырып, осы параметрлердің оңтайлы мәндерінен үлкен немесе аз жағына ауытқу дисперсті арматураның тиімділігін төмендетеді;

- арматуралаудың оңтайлы параметрлерімен талшықтарды енгізу бастапқы бетонның құрылымы мен қасиеттерін жақсартуға, оның беріктігі мен ұзақ мерзімділігін арттыруға көмектеседі.

Фибробетонның бірнеше артықшылықтары атап өтілген: арматуралық тордың немесе жақтаудың орнына арматуралау үшін фибраны пайдалану кезінде құрылыс шығындарының төмендеуі; фибраны қолдану арқылы бетонның шығыны әлдеқайда аз; бетонның басқа түрлерінен айырмашылығы, фибробетон қызмет мерзімі аяқталғаннан кейін де өзінің техникалық сипаттамаларын жоғалтпайды, өйткені фибраның арқасында материал тұтқыр болады; талшықты газда да, көбік бетон конструкцияларында да қолдануға болады [18].

Кемшіліктердің ішінен тек бір нәрсені атап өтуге болады, бұл қарапайым бетонмен салыстырғанда жоғары шығын. Бірақ мұның бәрі өз мәнісін жоғалтады, егер сіз оның беріктігі мен тозуға төзімділігі туралы ойласаңыз.

### **Негізгі тұжырымдар**

Бетонға арматуралық талшықты енгізген кезде фибробетон алынады. Фибробетондисперсті арматурасы жоқ ұқсас бетонға қарағанда иілу кезіндегі созылу жүктемесіне жоғары қарсылыққа ие. Темірбетон құрылымын талшықтармен нығайтудың негізгі саласы-өнімнің жүк көтергіштігін арттыру және болат арматураның шығынын азайту. Сонымен қатар, кеңінен қолданылатын барлық талшықтардың ішінде полипропилен және базальт талшықтары оларды қолдануда ешқандай қиындық туғызбайды, фибробетонды дайындаудың кез-келген кезеңінде қосылуы мүмкін, бітеліп, коррозияға ұшырамайды.

### 3 Фибробетонның беріктік қасиеттерін анықтаудың әдістемесі

#### 3.1 Сынамаларды құю

Сынамалар құрамын дайындау технологиясы

Фибробетон сынамаларын құю үшін шикізат компоненттері дайындалды. Полимербетон толтырғыштарының ылғалдылығы 0,5...1 %. аспауы керек. Бұл фибробетондардың беріктігі мен басқа да қасиеттерінің дымқыл агрегатты қолданған кезде күрт төмендеуімен түсіндіріледі: агрегат бөлшектеріндегі судың ең жұқа қабаты полимерлі байланыстырғыштың қаттылығын нашарлатады және олардың адгезиясын төмендетеді. Сондықтан толтырғыштар кептіргіште 80...110°C температурада кептірілді және қалыпты температураға дейін дозаланғанға дейін салқындаған жөн.

Толтырғыш ретінде жұқа ұнтақталған гранит (қара және ақ, қоқыс тас, сондай-ақ кварц құмы қолданылды.

Синтетикалық шайыр мен қатайтқыш қолданар алдында қыздырылды және еріткіш (646, ацетон) енгізу арқылы қажетті тұтқырлыққа жеткізілді.

Фибробетон қоспасын дайындау қолмен, бұрандалы бұрғылауды қолдана отырып жүргізілді. Алдымен байланыстырғыш дайындалды, содан кейін дайындалған қоспаға агрегаттар енгізілді. Байланыстырғыш 30...60 с. ішінде дайындалды. Дайын қоспасы дереу алдын-ала араластырылған және өңделген модификацияланған қоспалар (аз мөлшерде байланыстырғыш) бар арнайы контейнерге жүктелді. Толтырғыштарды байланыстырғышпен араластыру 1,5...2 мин жүргізілді..

Илеу көлемін таңдағанда, біз фибробетон қоспаларының өміршеңдігі аз екенін есте сақтадық, осыған сүйене отырып, қоспаны араластырғаннан кейін дереу орнына қоюға тырыстық. Олай болмаған жағдайда, шайыр мен қатайтқыштың өзара әрекеттесуі кезінде шығарылатын жылудың көп болуына байланысты қоспаның тез өздігінен қызуы мүмкін, бұл шайырдың қатаюын одан әрі жеделдетуге және қоспаның мерзімінен бұрын орнатылуына әкеледі.

Фибробетоннан жасалған бұйымдарды қалыптардан еркін шығару үшін майлау – бөлгіштер қолданылды.

Сынақ үлгілері ретінде ұзындығы 160 мм болатын 40 мм.Х40 ММ қимасы бар төртбұрышты призмалар қолданылды. Сынамалар құрамы 4-кестеде келтірілген.

Сынамаларды құюға арналған қалыптарды әзірлеу жөніндегі талаптар:

- МЕСТ 10180 сәйкес үлгілердің өлшемдері бүкіл пайдалану мерзімі ішінде сақталуы керек;
- діріл алаңына сенімді бекіту;
- қатайған үлгілерді алу оларды бұзбай жүзеге асырылуы тиіс;
- жинау және бөлшектеу қарапайым айлабұйымдарды (гайка кілттерін, жағаларды және т. б.) қолдана отырып жүргізілуі тиіс.);
- алынатын элементтер өзара алмастырылды;

- қалыптың конструкциясы қоспаны тығыздау процесінде діріл әсері кезінде жиналмалы элементтердің өздігінен әлсіреу мүмкіндігін болдырмауы тиіс.

- пішіндерді жиналмалы элементтердің ең аз санынан жасау керек;

- жиналған нысандардың ішкі сызықтық өлшемдерінің шекті ауытқулары олардың номиналды мәнінен  $\pm 0,5\%$  аспауы керек және  $\pm 1$  мм-ден аспауы керек.;

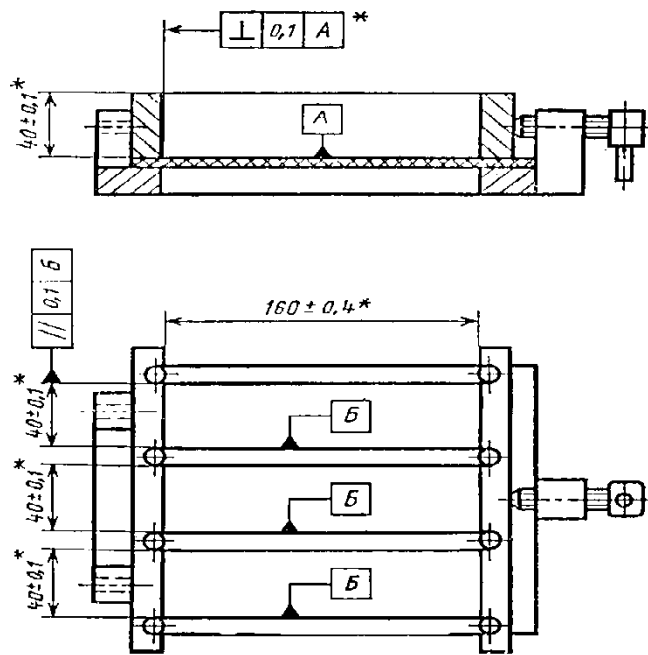
- бұрыштық нүктелерге қатысты жазықтықтан ауытқу және текшелердің, призмалардың және цилиндрлердің тірек қырларын құрайтын қалыптардың жұмыс беттерінің бүгілуі (дөңестігі) ұзындығы 100 мм-ге 0,06 мм-ден аспауы тиіс;

- қалыптардың аралас қабырғаларының, сондай-ақ тірек және бүйір беттерінің жұмыс беттерінің перпендикулярлығынан ауытқулар ұзындығы 100 мм-ге 0,5 мм-ден аспауы тиіс;

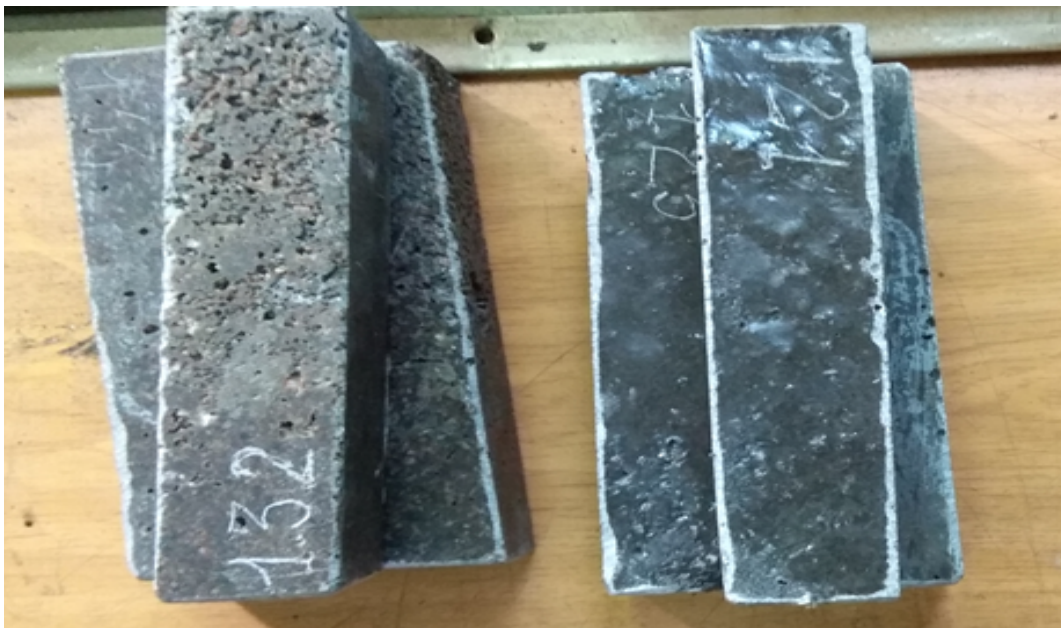
- бөлшектенетін тораптар мен бөлшектер жанасатын жерлердегі саңылаулар 0,2 мм-ден, ал аралық бөліктер 0,4 мм-ден аспауы тиіс.

#### 4 Кесте – Сынамалардың құрамы

№ п.п.	Құраушылар	Құрам 1		Құрам 2		Құрам 3	
		Шығын, %	Шығын, г.	Шығын, %	Шығын, г.	Шығын, %	Шығын,г.
1	Гранит қиыршық тас	51	1000,0	52	1040,0	-	-
2	Тоқпақ қиыршық тас	-	-	-	-	49	1000,0
3	Кварц құмы	24,2	502,0	-	-	24,5	502,0
	Кварц ұны	10	220,0	-	-	10,4	220,0
	Андезитті ұн	-	-	32,5	620,0	-	-
4	Фибра:						
	Болат сымды	3,5*	70*				
	Шыны талшықты			3,5*	70*		
	Анкер типті болат					3,5*	70*
5	Шайыр	9,3	200,0	10	240,0	10,6	200,0
6	Қатайтқыш	2,0	40,0	2,4	50,0	2,0	10,0



6 Сурет – Бақылау үлгілерін – призмаларды дайындауға арналған нысандар төртбұйышты қалыптар



7 Сурет – Бақылау үлгі – сынамалар

Үлгілерді-призмаларды сынауға қойылатын талаптар МЕСТ 10180-78:  
 - жапсарлас беттердің перпендикулярлығы емес;

- тірек беттерінің жалпақтығы;
- үлгінің нақты өлшемдері;
- таңбалау;
- ақаулар анықталды және нәтижелер сынақ журналына жазылды.

Үлгілерді сынау алдында:

- бойлық деформацияларды өлшеу базасы (оның биіктігінің 2/3 аспайтын), ол үлгінің ұштарынан бірдей қашықтықта тағайындалады.

- әдетте үлгі жағына тең және кемінде 40 мм болатын көлденең деформацияларды өлшеу базасы;

- үлгінің бүйір қырларына сынақ машинасының (Престің) осіне қатысты үлгілерді бастапқы орталықтандыруға арналған орталық сызықтар қолданылды.

### 3.2 Фибробетондардың сипаттамаларын зертханалық зерттеу

Қысқа мерзімді сығылу, созылу және иілу кезіндегі созылу беріктігін анықтау бойынша сынақтар жүргізуге арналған жабдықтар, аспаптар мен құралдар МЕСТ 10180-78 сәйкес қабылданды.

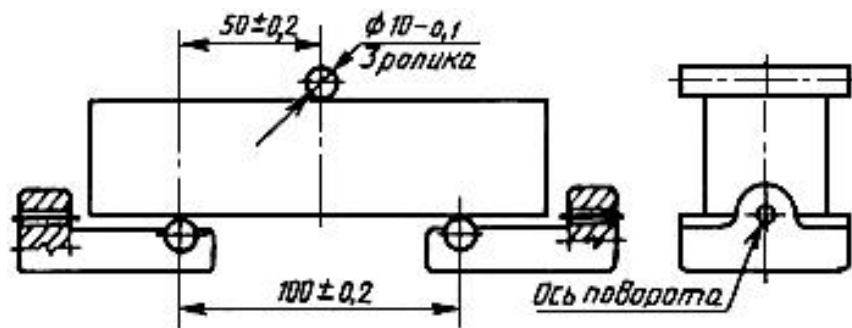
Үлгілерді сынау үшін 10 тонналық гидравликалық пресс қолданылды (8-сурет).



8 Сурет – Гидравликалық пресс



Сығымдалған үлгілердің беріктігін анықтау үшін 1000 кН шекті жүктемесі бар гидравликалық пресс қолданылуы керек, ол таза сығу режимінде үлгіні жүктеуді қамтамасыз етуі керек. Үлгінің тірек элементтеріндегі орналасу сұлбасы 9-суретте келтірілген.



9 Сурет - Үлгінің тірек элементтеріндегі орналасу сұлбасы

### 3.2.1 Сынақтарға дайындық

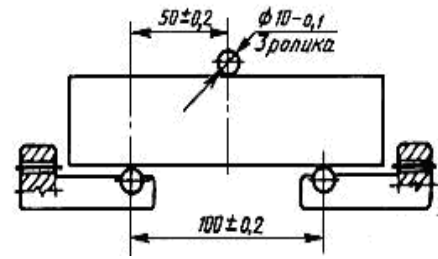
Сынақ алдында үлгілер 10-20 сағат ішінде зертхана бөлмесінде сақталды. Сынақтар жүргізілген үй-жайдың жұмыс температурасының аралығы  $\pm 1$  °С температураны және ауа ылғалдылығын сынау процесінде  $\pm 5$  °С. Мүмкін болатын өзгеріспен МЕСТ 18957-73 талаптарына сәйкес ауаның салыстырмалы ылғалдылығы 70% - дан аспаған кезде  $20 \pm 5$  °С шегінде болды.

### 3.2.2 Қысқа мерзімді беріктік және серпімділік сипаттамаларын анықтау әдістемесі

Сығылуға, созылуға және иілу кезіндегі созылуға қысқа мерзімді беріктікті айқындау бойынша сынақтар жүргізіледі (иілу кезіндегі созылуға сынау кезінде жүктеме кезіндегі призма-үлгілердегі кернеу тұрақты жылдамдықпен  $(0,15 \pm 0,05)$  МПа/с үздіксіз өсуі тиіс). Иілу кезінде қысу, созылу және сығу кезіндегі қысқа мерзімді беріктікті анықтау бойынша сынақ нәтижелерін өңдеу жүргізілуі керек.

### 3.2.3 Үлгілерді иілуге сынау

Зерттеулер бақылау үлгілерінде жүргізілді -  $L = 160$  мм призмалар, ортаңғы бөлігінде қимасы 40x40 мм. Үлгінің ортаңғы бөлігіндегі биіктігі мен ені 0,1 мм дәлдікпен калибр көмегімен анықталды, үлгілерді сынау максималды күші 100 кН болатын қолмен гидравликалық преста жүргізілді. Зерттеу жүргізу үшін  $d=10$  мм штанганың екі аялдамасы бекітілген болат дискіден тұратын пресс префиксі жасалды. Үлгілерді жүктеу параметрлерін бақылау үшін стандартты қысым өлшегіш қолданылды, ал  $P_{изг}$  есептеу үшін  $d_{порш}$  поршеньінің диаметрі өлшенді.



10 Сурет – Үлгілерді иіліске сынау

Иіліске сынаудан кейін үлгілерді сығылуға сынауға болады, барлық үлгілер топтастырылып нөмірленген. Әрбір үлгі түрін сынауға кем дегенде 5 сынама қолданылды (11-сурет).



11 Сурет –Иіліске сыналған үлгілер

### 3.2.4 Үлгілерді сығуға сынау

Зерттеулер иілу сынағынан кейін алынған тоғыз үлгілердің жартысында жүргізілді. Үлгінің ортаңғы бөлігіндегі биіктігі мен ені 0,1 мм дәлдікпен штангенциркульдің көмегімен анықталады, үлгілерді сынау максималды күші 100 кН болатын гидравликалық преста жүргізілді. Зерттеу үшін қысым тақталары қолданылды (12-сурет). Жеке үлгіні сығу кезіндегі беріктікшегі сыну жүктемесінің шамасын (кН-да)  $S_{пл.}(см2)$  пластинаның жұмыс алаңына, яғни 4,0 см<sup>2</sup>-ге бөлу ретінде есептелді, алты үлгіні сынаудың ең үлкен төрт нәтижесінің орташа арифметикалық мәні ретінде.



12 Сурет - Қысуға сынау кезінде сынамаларды орналастыру

Сығуға сынау үшін иіліске қолданылған ілгілер пайдаланылды (13-сурет).



13 Сурет –Сығылуға арналған үлгілер

## 4 Эксперимент нәтижелерін өңдеу және фибробетонның беріктік сипаттамаларына әсер ететін факторларды бағалау

### 4.1 Фибробетон үлгілерін иіліске сынау

Зерттеулер бақылау үлгілерінде жүргізілді -  $L = 160$  мм призмалар, ортаңғы бөлігінде қимасы  $40 \times 40$  мм. Үлгінің ортаңғы бөлігіндегі биіктігі мен ені  $0,1$  мм дәлдікпен калибр көмегімен анықталды, үлгілерді сынау максималды күші  $100$  кН болатын қолмен гидравликалық престо алдын ала дайындалған әдістеме бойынша жүргізілді. Зерттеу нәтижелері 5-кестеде келтірілген.

Кесте 5- Шектерді анықтау кезінде алынған тәжірибелер нәтижелері иілу кезіндегі фибробетон үлгілерінің беріктігі.

Үлгі №	Өлшемдері		Пресстің жұмыс қуысындағы қысым $P$ , МПа	Үлгінің көлденең қимасының қарсылық моменті, $W_{x-x}$ , см <sup>3</sup>	Иілу жүктемесі, $P_{изг}$ , кН	Иілу кезіндегі беріктік шегі, МПа
	$c$ , см.	$h$ , см.				
1.1	4,0	4,2	51	11,76	1,62	73,6
1.2	4,0	4,0	45	10,67	17,31	81,12
1.3	4,1	4,3	51	12,63	19,62	77,67
2.1	3,9	4,2	51	11,47	19,62	85,53
2.2	4,2	4,2	53	12,35	20,38	82,55
2.3	4,2	4,1	50	11,77	19,23	81,71
3.1	4,0	4,4	55	12,91	21,16	81,95
3.2	4,0	4,2	53	11,76	20,39	86,69

### 4.2 Фибробетон үлгілерін сыылуға сынау

Зерттеулер иілу сынағынан кейін алынған тоғыз үлгілердің жартысында жүргізілді. Үлгінің ортаңғы бөлігіндегі биіктігі мен ені  $0,1$  мм дәлдікпен тангенциркульдің көмегімен анықталады, үлгілерді сынау максималды күші  $100$  кН болатын гидравликалық престо жүргізілді. Жеке үлгіні сығу кезіндегі беріктік шегі сыну жүктемесінің шамасын (кН-да)  $S_{пл.}$  (см<sup>2</sup>) пластинаның жұмыс алаңына, яғни  $4,0$  см<sup>2</sup>-ге бөлу ретінде есептелді, алты үлгіні сынаудың ең үлкен төрт нәтижесінің орташа арифметикалық мәні ретінде.

6 Кесте - Фибробетон үлгілерінің қысу беріктігінің шегін анықтау кезінде алынған тәжірибелер нәтижелері

Үлгі, №	Пресс монометрінің көрсеткіші, МПа	Қиратушы жүктеме, кН	Қысу кезіндегі беріктік шегі, МПа
1.1	80	30,77	136,76
1.2	82	31,55	140,22
1.3	81	31,16	138,49
2.1	131	50,40	224,00
2.2	130	50,01	222,67
2.3	128	49,24	218,84
3.1	138,0	53,09	235,96
3.2	136,0	52,31	232,49
3.3	140,0	53,85	239,33

#### 4.3 Фибробетондардан бөлшектерді құю технологиясына техникалық тапсырма

Әр түрлі талшықты толтырғыштары бар фибробетон үлгілерін зерттеу нәтижелері бойынша біз олар орталықтан тепкіш сорғылардың корпустарына қойылатын талаптарды механикалық беріктігі мен химиялық төзімділігі жағынан қанағаттандырады деген қорытындыға келдік.

Фибробетондардың беріктігі шойындардың беріктігінен әлдеқайда аз болды (созылу үшін 170 МПа, қысу үшін 550 МПа, алюминий қорытпалары үшін бірдей шектеулер (сәйкесінше 200 және 200 МПа), ал фибробетондар үшін бұл параметрлер 77-82 МПа (созылу иілісі үшін), 138-235 МПа (қысу). Ал рұқсат етілген кернеулер бойынша беріктік қорының коэффициенттерін ескере отырып, фибробетондардың беріктігі орталықтан тепкіш сорғылардың корпустарын (улиттерін) дайындау үшін әбден қолайлы болып табылады.

Алынған мәліметтерді, сондай-ақ механикалық беріктігі мен химиялық төзімділігі тұрғысынан сорғы корпустарына қойылатын талаптарды ескере отырып, біз фибробетондардан центрифугалық сорғылардың корпусын жасау технологиясын әзірлеуге ТТ әзірледік және келістік.

#### 4.4 Фибробетонды қоспаларды дайындау технологиясын пысықтау

Фибробетон сипаттамаларының тұрақтылығын қамтамасыз ететін негізгі факторлардың бірі-материалдарды дайындау технологиясы мен компоненттерді араластыру режимін сақтау.

Технологиялық машиналардың бөлшектері мен тораптарын құю үшін фибробетон қоспасын дайындау технологиясы СН 525-80 - "Полимербетондар

мен олардан жасалған бұйымдарды дайындау технологиясы жөніндегі нұсқаулық" болып қабылданды, ол бойынша базалық операциялар пысықталды:

- толтырғыштар мен толтырғыштарды кептіру;
- агрегаттарды фракциялау;
- қатайтқыштар мен үдеткіштерді дайындау;
- компоненттерді мөлшерлеу;
- компоненттерді араластыру.

Материалдарды кептіру жылу шкафында жүргізілді. Қажет болса, кептіруден кейін агрегаттар фракциялар бойынша електерге жіберілді, содан кейін толтырғыштар тиісті сақтау контейнерлеріне жүктелді. Араластырғышқа берер алдында толтырғыштардың температурасы  $20+5$  °С дейін жеткізілді.

Фибробетон қоспасының компоненттерін мөлшерлеу массасы бойынша, мөлшерлеу дәлдігімен жүргізілді: шайыр, толтырғыш, қатайтқыш - салмағы бойынша  $\pm 1\%$ ; агрегаттар (кұм және қиыршық тас) - массасы бойынша  $\pm 2\%$ .

Фибробетон қоспасының компоненттерін араластыру екі кезеңде жүргізілді:

- мастика дайындау;
- фибробетон қоспасын дайындау.

Фибробетон қоспасының құрамдастарын араластыру 2 кезеңде жүргізілді:

- жоғары жылдамдықты араластырғышқа ФАЭД шайырының қайтымды мөлшерін беру және 10 с ішінде араластыру (араластырғыштың жұмыс органының айналу жылдамдығы 600-800 айн/мин);

- жұмыс істейтін араластырғышқа толтырғыштың берілген мөлшерін беру және қоспаны 30-60 с ішінде араластыру;

- жұмыс істейтін араластырғышқа ПЭПА қатайтқышының дозаланған мөлшерін беру және қоспаны 30-60 с бойы араластыру;

- мастиканы жұмыс істеп тұрған араластырғыштан бетон араластырғышқа 15-30 с ішінде түсіру.

Мастиканы дайындаудың жалпы уақыты 2,0 минуттан аспады, ал түсіруді ескере отырып - 2,5 минуттан аспады.

Фибробетон қоспасын дайындау технологиясын әзірлеу барысында оған кейбір өзгерістер енгізілді, олар келесі механикалық сынақтармен үлгілер партиясын құю арқылы зерттелді.

Фибробетонның сипаттамаларына әсер ететін факторлар жеткілікті болғандықтан, басым факторларды таңдау және олардың маңыздылығын сызықтық модельдің регрессия коэффициенттері бойынша бағалау жүргізілді. Бұл оңтайлы аймаққа ең қысқа жолмен жету үшін эксперименттер санын жоспарлауға мүмкіндік берді. Бұл ретте Бокс-Уилсон әдісі қолданылды.

Талдау фибробетонды дайындау кезінде толтырғыштардың температурасын беріктік сипаттамаларына, араластырудың жылдамдық режиміне, сондай-ақ осы сипаттамаларға дибутилфталатпластификаторының мөлшеріне ең үлкен әсер ететін факторлар ретінде қарастыру керек екенін анықтады.

Әр фактор үшін эксперименттер санын азайту үшін әр фактордың қадамы таңдалды. Сонымен қатар, кішігірім қадамдар оңтайландыру параметрлерінің

өзгеруін түзетуге және іздеуді ұзартуға мүмкіндік бермеуі мүмкін, ал қадамның жоғарғы шегі факторды анықтау аймағымен шектеледі. Бұл жағдайда қозғалыс эксперимент орталығынан (негізгі деңгей) периферияға (жоғарғы және төменгі деңгейлер) жүргізілді.

Жоғарыда айтылғандардың негізінде 7-кестеде келтірілген эксперименттер матрицасы жасалды.

7 Кесте - Эксперименттерінің матрицасы

Көрсеткіштер	Фактор		
	$f_1$	$f_2$	$f_3$
Негізгі деңгей	40	500	100(10)
Түрлену аралығы	20	100	50(5)
Жоғарғы деңгей	60	600	150(15)
Төменгі деңгей	20	400	50(5)
Тәжірибе:			
1	+	+	+
2	+	-	+
3	-	+	+

Ескертпе:

$f_1$ -әсер етуші фактор-компоненттің температурасы,  $C^0$ ;

$f_2$ -әсер етуші фактор-араластырғыштың жылдамдық режимі,  $мин^{-1}$ ;

$f_3$ -әсер етуші фактор-пластификатор қоспасының мөлшері,  $г (\%)$ ;

Эксперименттер жүргізілгеннен кейін зерттеу нәтижелерін статистикалық өңдеу жүргізіледі, бұл зерттелетін факторлардың полимербетонның беріктік сипаттамаларына әсер ету заңдылықтарын алуға мүмкіндік береді.

Фибробетон қоспаларын дайындау шикізат компоненттерін таңдаудан басталды. Толтырғыш ретінде жұқа гранит (қара және ақ, қоқыс тас), сондай-ақ кварц құмы қолданылды. Сынамаларда зерттелген фибробетон құрамдары 5-кестеде келтірілген. Бетонды арматуралау үшін диаметрі 0,6 мм және ұзындығы 22 мм болат талшық таңдалды (14-сурет).



14 Сурет– Болат фибра



Толтырғыштардың ылғалдылығы 0,5...1 % аспауы керек. Бұл фибробетондардың беріктігі мен басқа да қасиеттері дымқыл агрегатты қолданған кезде күрт төмендейді: агрегат бөлшектеріндегі судың ең жұқа қабаты полимерлі байланыстырғыштың қаттылығын нашарлатады және олардың адгезиясын төмендетеді. Сондықтан толтырғыштар кептіргіште 80...110°C температурада кептіріледі және қалыпты температураға дейін дозаланғанға дейін салқындаған жөн. Синтетикалық шайыр мен қатайтқыш қолданар алдында қыздыру және еріткіш (646, ацетон) енгізу арқылы қажетті тұтқырлыққа жеткізілді.

Болат талшықпен арматураланған өнімді алу үшін келесі технологиялық операцияларды орындау қажет:

- фибробетонның барлық компоненттері зерттелген құрамға сәйкес аналитикалық таразыларда өлшенді;
- араластырғышта толтырғыштарды фибраның қажетті санымен құрғақ күйде араластырды ;
- осыдан кейін қоспаға байланыстырғыш қосылып, фибробетон қоспасының біртекті құрамы алынғанша араластырылды.

Зерттеулер фибробетондағы болат фибраның көлемдік үлесі фибра қабылдаған жүктеме үлесі мүмкіндігінше көп болуы үшін оңтайлы болуы керек екенін анықтады. Алайда, егер материалдағы болат фибраның мөлшері белгілі бір деңгейден асып кетсе, онда бұл материалдың қасиеттерінің нашарлауына әкеледі, өйткені қоспа фибраның барлық байламдарын сіңіре алмайды. Нәтижесінде болат талшықтың қоспамен адгезиясы төмендейді, өнімде бос орындар пайда болуы мүмкін.

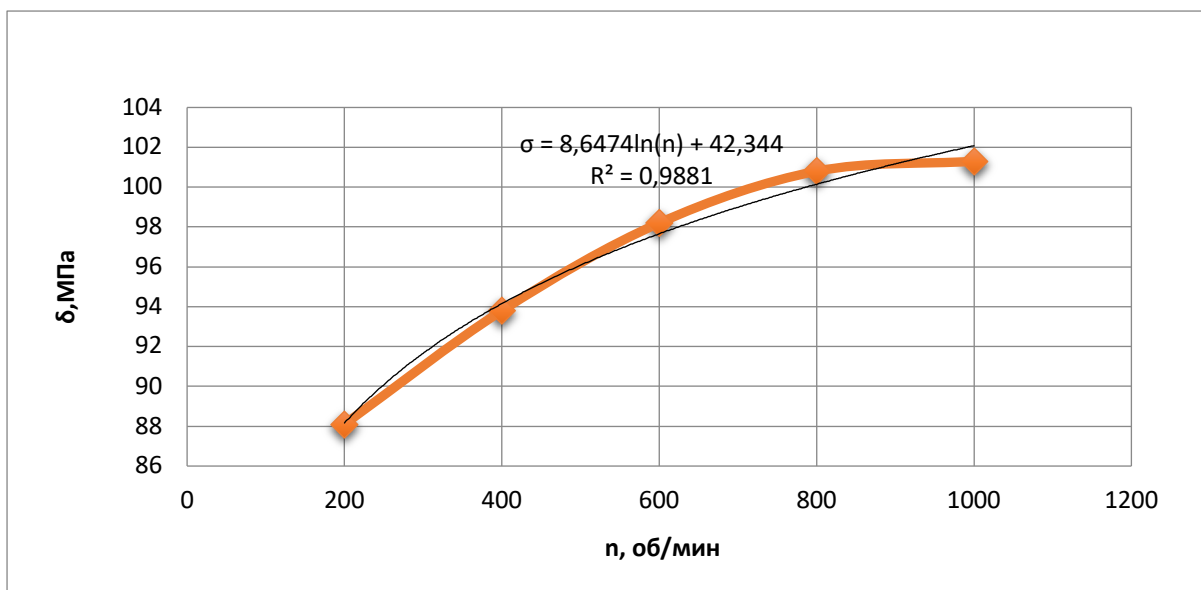
#### **4.5 Араластырғыштың жұмыс органының айналу жиілігінің фибробетонның беріктігіне әсері**

Фибробетон қоспасының құрамдас бөліктері әртүрлі сипаттамаларға ие, сондықтан біртекті қоспаны алу үшін қоспаның бүкіл көлемінде компоненттерді біркелкі тарату үшін араластырғыштың жұмыс органының жеткілікті жоғары жылдамдығы қажет. Жүргізілген тәжірибелер оңтайлы айналу жылдамдығын анықтауға мүмкіндік берді

Жүргізілген эксперименттер алынған үлгі негізінде араластырғыштың теріс айналу жиілігін анықтауға мүмкіндік берді (15-сурет).  $\sigma = f(n)$

7 Кесте - Беріктіктің араластырғыштың айналу жиілігіне тәуелділігі

n, айн/мин	200	400	600	800	1000
$\sigma$ , МПа	88,1	93,8	98,2	100,8	101,3



1

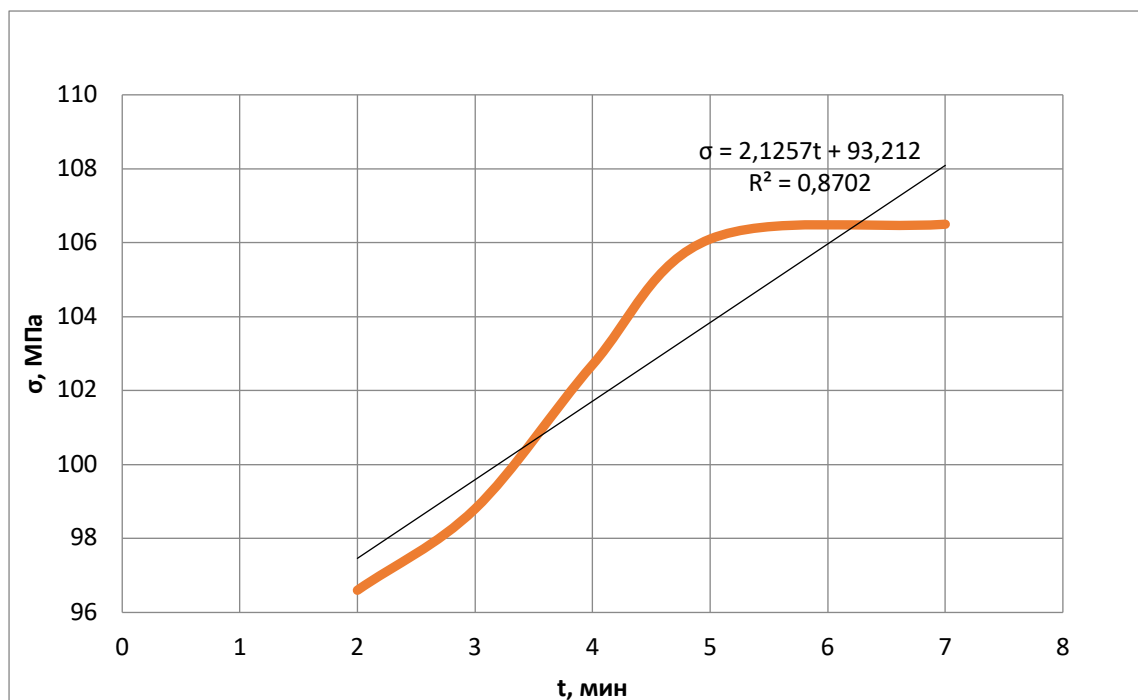
4 Сурет - Араластырғыштың жұмыс органының айналу жиілігінің фибробетонның беріктігіне әсері

#### 4.6 Компоненттерді араластыру уақытының фибробетонның беріктігіне әсері

Фибробетонның жоғары беріктік сипаттамаларын қамтамасыз ететін тағы бір маңызды параметр-компоненттердің араластыру ұзақтығы. Бұл параметр энергия шығыны және нәтижесінде қоспаны дайындау құны тұрғысынан маңызды. Бұл параметрді оңтайландыру эксперименттерінің нәтижелері 15 суретте көрсетілген. Ұсынылған графикті талдау компоненттерді араластырудың ұтымды уақытын ұсынуға мүмкіндік береді  $t = \text{мин } \sigma = f(t)$

9 Кесте - Беріктіктің араластыру уақытына тәуелділігі

t, мин	2	3	4	5	7
σ, МПа	96,6	98,8	102,7	106,1	106,5



15 Сурет - Компоненттерді араластыру уақытының фибробетонның беріктігіне әсері

#### 4.7 Фибра шығынының фибробетонның беріктігіне әсері

Фибробетоннан жасалған бұйымдарда Болат фибраны қолдану осы материалдан жасалған бұйымдардың беріктік сипаттамаларын арттыруға қызмет етеді. Фибра-бұл күшейтетін элемент және оның беріктік сипаттамалары фибробетон көлеміндегі оның тұтынылуына байланысты.

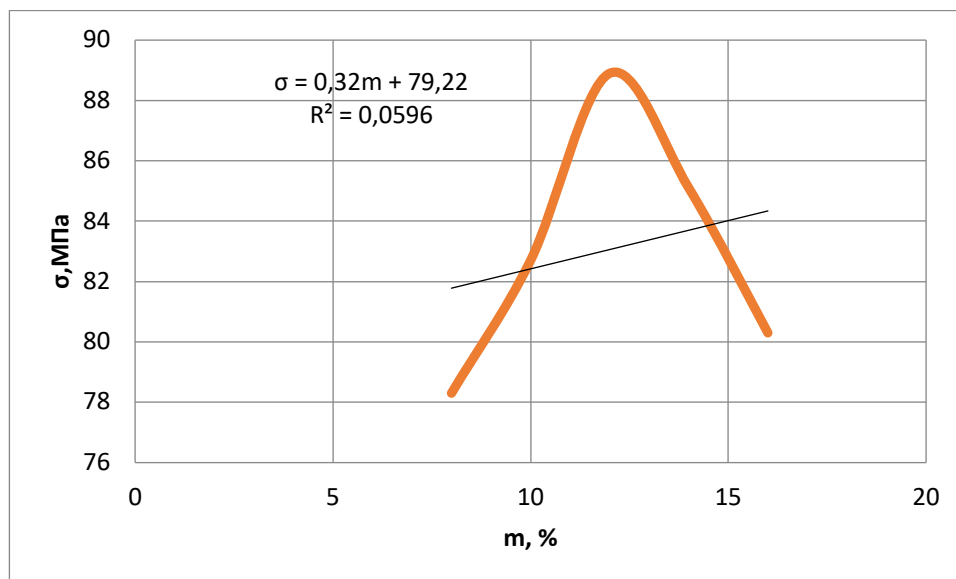
Теориялық зерттеулер фибраның жеткіліксіз мөлшері фибробетонның беріктігін арттыру үшін қажетті нәтиже бермейтінін анықтады. Сонымен қатар, артық талшық қоспаны ыңғайсыз етеді, бұл өнімнің беріктігін арттыруға мүмкіндік бермейді.

Фибра қоспасының оңтайлы мәнін анықтау бойынша жүргізілген зерттеу нәтижелері 16-суретте келтірілген. Олар 11-12% көлеміндегі талшықтың оңтайлы санын ұсынуға мүмкіндік берді  $\sigma = f(m)$

Зерттеулер "Фибробетон дайындау технологиясы бойынша технологиялық нұсқаулықты" жасауға мүмкіндік берді.

10 Кесте - Беріктіктің фибра шығынына тәуелділігі

m, %	8	10	12	14	16
σ, МПа	78,3	82,7	88,9	85,1	80,3



16 Сурет - Фибра шығынының фибробетонның беріктігіне әсері

#### 4.8 Фибраның онтайлы параметрлерін анықтау

Ұсақ түйіршікті бетонның қасиеттеріне дисперсті арматураның өлшемі, мөлшері мен түрінің әсерін зерттеу эксперименті әр түрлі талшықты пайызы бар, бірақ бірдей су-цемент қатынасы бар ұсақ түйіршікті бетон үлгілерін қалыптастыру болып табылады. Негіз ретінде біз МЕМСТ 30459-2008 сәйкес талшықты қоспай ұсақ түйіршікті бетонның бақылау құрамын алдық: 500 кг/м<sup>3</sup> цемент, 1500 кг/м<sup>3</sup> құм, 350 л/м<sup>3</sup> су, онымен полипропилен талшығын қосу арқылы ұсақ түйіршікті бетонның беріктік қасиеттерін салыстырдық, атап айтқанда: R<sub>қысу</sub> және R<sub>иілу</sub> және ΔR<sub>28</sub> талшықты енгізу тиімділігі.

Дайындалғаннан кейін үлгілер 24 сағат бойы қалыпта сақталды. Уақыт өткеннен кейін үлгілер Мұқият таратылып, су камерасына салынып, қатаю жағдайларын қамтамасыз ету үшін беріктікке ие болды: температура T=20±2 °C, ылғалдылық W=95±5 %.

Қатаю мерзімі аяқталғаннан кейін, біздің жағдайда, бұл 7 және 28 күн болды, олар үлгілерді алдымен иілу үшін, содан кейін МЕСТ 310.4-81 сәйкес әдістеме бойынша сығымдау үшін сынады.

Иілу кезіндегі беріктік шегі үш үлгіні сынаудың ең үлкен екі нәтижесінің арифметикалық мәні ретінде есептелді.

Сығымдау күші алты үлгіні сынаудың ең үлкен төрт нәтижесінің арифметикалық мәні ретінде есептелді.

17-суретте полипропилен талшығымен үлгілердің иілу беріктігін сынағаннан кейінгі фотосуреттер көрсетілген.

7 тәулік жасында полипропилен талшығы бар және онсыз үлгілерді майыстыруға және сығуға сынау кезінде алынған нәтижелер 11-кестеде көрсетілген.



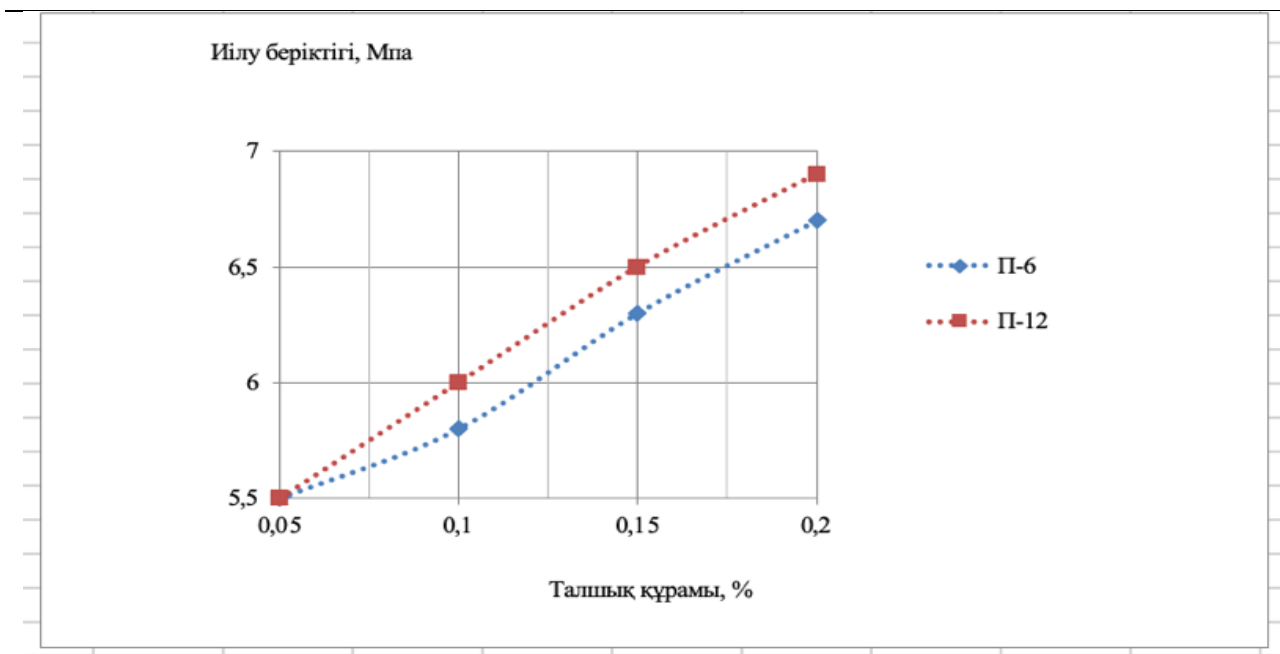
17 Сурет - Ұсақ түйіршікті бетондағы полипропилен талшығы

7 тәулік жасындағы Риілу-ның полипропилен талшығының дозасы мен ұзындығына тәуелділігін 18-суретте көруге болады.

Сынақ нәтижелері бойынша иілу беріктігінің полипропилен талшығының дозасына тәуелділігінің оң үрдісін атап өтуге болады. 11-кестедегі мәліметтерге сәйкес, бақылау үлгісімен салыстырғанда көлемнің 0,05% талшығын қосқанда, иілу беріктігі 15%-ға, артады

11 Кесте – 7-ші тәуліктегі полипропиленді талшықты ерітіндінің беріктік нәтижелері

Талшық түрі мен ұзындығы	Талшықтың құрамы, %.	Партияның орташа беріктігі, МПа	
		R <sub>иілу</sub>	R <sub>қысу</sub>
-	0,00	4,8	18,1
Полипропиленді 6 мм	0,05	5,5	19,2
	0,10	5,8	19,3
	0,15	6,3	19,3
	0,20	6,7	18,5
Полипропиленді 12 мм	0,05	5,5	18,5
	0,10	6,0	18,9
	0,15	6,5	19,1
	0,20	6,9	18,8



П-12- ұзындығы 12 мм полипропилен фибрасы;  
П-6 – ұзындығы 6 мм полипропилен фибрасы

18 сурет – 7-тәуліктегі полипропилен талшығының мөлшеріне ерітіндінің иллу беріктігінің тәуелділік графигі

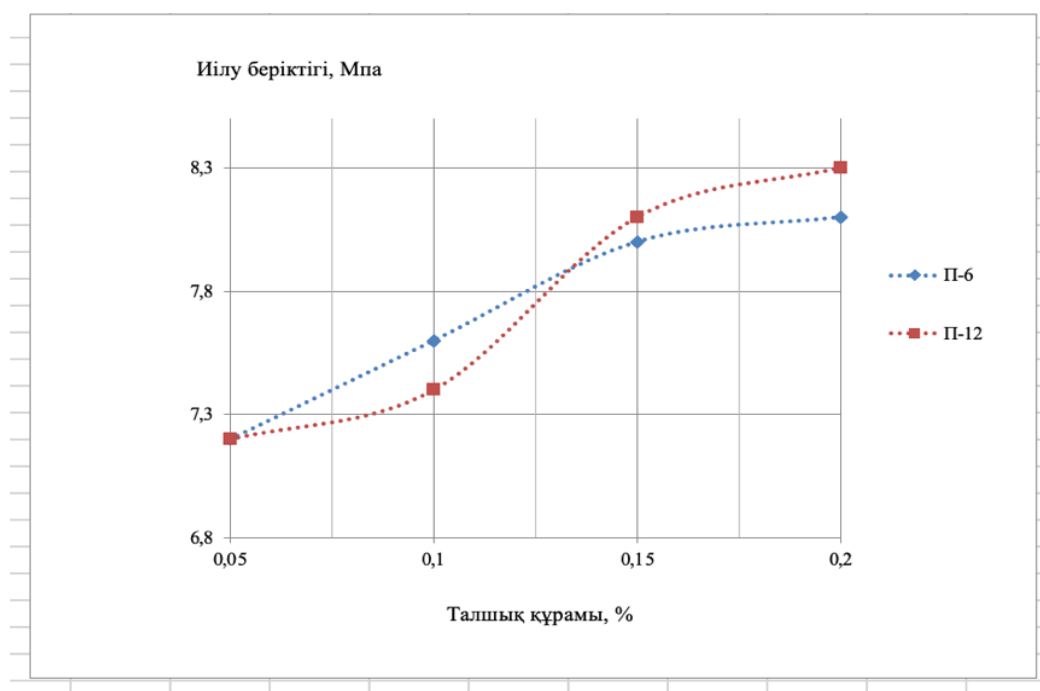
Беріктік үлгілері 28 тәулікке жеткендегі түпкілікті нәтижелер 2.8-кестеде көрсетілген. 28 тәуліктегі  $R_{иллу}$ -дің полипропилен талшығының дозасы мен ұзындығына тәуелділігін 2.4-суретте көруге болады.

13-кестедегі деректер бойынша бақылау үлгісімен салыстырғанда көлемнің 0,05% талшығын қосқан кезде иллу беріктігінің 3% - ға шамалы ұлғаюы байқалады. 0,2% талшықты қосқан кезде иллу күші 22% артады. Сонымен қатар, талшықтың ұзындығы иллу беріктігінің артуына да оң әсер ететінін атап өтуге болады. Сығылу беріктігі аздап өзгереді.

13 Кесте-28-ші тәуліктегі полипропилен талшығы бар ерітінді беріктігінің нәтижелері

Талшық түрі мен ұзындығы	Талшықтың құрамы, % айн.	Партияның орташа беріктігі, МПа	
		$R_{иллу}$	$R_{қысу}$
-	0	6,80	26,5
Полипропиленді 6 мм	0,05	7,20	26,7
	0,10	7,60	26,5
	0,15	8,00	27,0
	0,20	8,10	26,3
Полипропиленді 12 мм	0,05	7,20	26,5
	0,10	7,40	26,7
	0,15	8,10	27,0
	0,20	8,30	26,5

7-ші тәуліктегі базальт талшығымен және базальт талшығынсыз үлгілерді иілуге және қысуға сынау кезінде алынған нәтижелер 14-кестеде көрсетілген.



П-12- ұзындығы 12 мм полипропилен фибрасы;

П-6 – ұзындығы 6 мм полипропилен фибрасы

19 сурет – 28-тәуліктегі полипропилен талшығының мөлшеріне иілу беріктігінің тәуелділік графигі

14 Кесте - 7-ші тәуліктегі базальт талшығы бар ерітінді беріктігінің нәтижелері

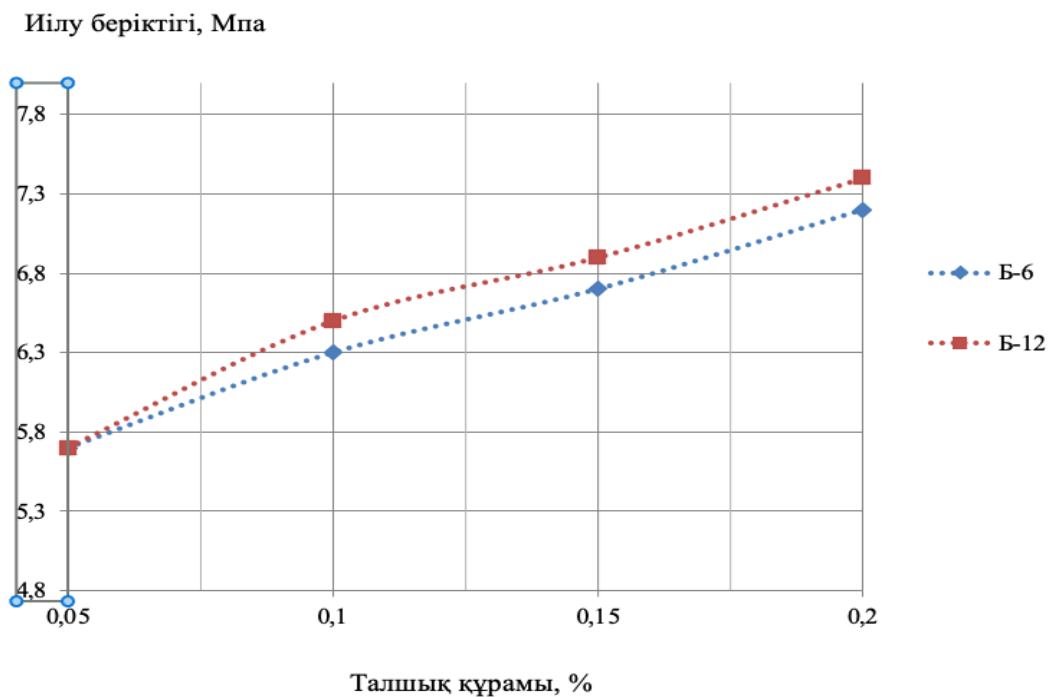
Талшық түрі мен ұзындығы	Талшықтың құрамы, % айн.	Партияның орташа беріктігі, МПа	
		R <sub>иілу</sub>	R <sub>қысу</sub>
-	0	4,8	18,1
Базальттық 6 мм	0,05	5,7	19,2
	0,10	6,3	19,3
	0,15	6,7	19,0
	0,20	7,2	18,5
Базальттық 12 мм	0,05	5,7	18,5
	0,10	6,5	19,0
	0,15	6,9	18,3
	0,20	7,4	18,8

Сынақ нәтижелері бойынша иілу беріктігінің базальт талшығының дозасына тәуелділігінің оң үрдісін атап өтуге болады. Кестедегі мәліметтерге сәйкес, бақылау үлгісімен салыстырғанда көлемнің 0,05% талшығын қосқанда, иілу беріктігі 19% - ға артады. Сонымен қатар, талшықтың ұзындығы иілу

беріктігінің артуына да оң әсер ететінін атап өтуге болады. Алайда, қысу күші аздап өзгереді.

7 тәуліктегі  $R_{иілу}$  базальт талшығының дозасы мен ұзындығына тәуелділігін 20-суретте көруге болады.

Беріктік үлгілері 28 тәулікке жеткен кезде түпкілікті нәтижелер 15-кестеде көрсетілген. 28 күндік  $R_{иілу}$  базальт талшығының мөлшері мен ұзындығына тәуелділігін 21-суретте көруге болады.



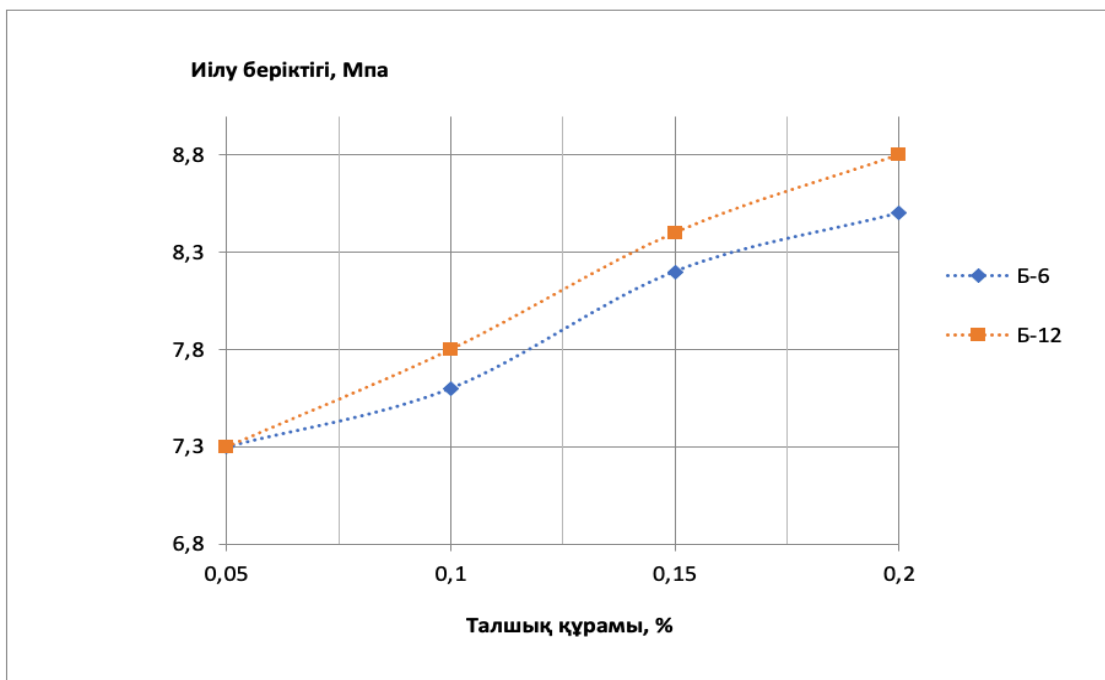
Б-12- ұзындығы 12 мм базальт фибрасы;  
Б-6 – ұзындығы 6 мм базальт фибрасы

20 сурет – 7-тәуліктегі базальт талшығының мөлшеріне иілу беріктігінің тәуелділік графигі

15 Кесте – 28-ші тәуліктегі базальт талшығы бар үлгілердің беріктік нәтижелері

Талшық түрі мен ұзындығы	Талшықтың құрамы, % айн.	Партияның орташа беріктігі, МПа	
		$R_{иілу}$	$R_{қысу}$
-	0	6,80	26,5
Базальттық 6 мм	0,05	7,30	26,7
	0,10	7,60	26,7
	0,15	8,20	26,5
	0,20	8,50	27,0
Базальттық 12 мм	0,05	7,30	26,5
	0,10	7,80	26,7
	0,15	8,40	27,0
	0,20	8,80	26,5





Б-12- ұзындығы 12 мм базальт фибрасы;  
 Б-6 – ұзындығы 6 мм базальт фибрасы

21Сурет – 28-тәуліктегі базальт талшығының мөлшеріне иілу беріктігінің тәуелділік графигі

## ҚОРЫТЫНДЫ

1.Композиттік материалдардың физика-механикалық қасиеттерін зерттеу практикасының материалдары негізінде фибробетондардан иілу беріктігі мен сығылу беріктігін сынау үшін үлгілерді дайындау технологиясы таңдалды.

2.Сенімді нәтижелер алуға мүмкіндік беретін сынамаларды құюға және сынауға арналған құрылғылар жасалды және сыналды.

3.Сынамаларды дайындау үшін сорғылар корпустарын дайындау үшін неғұрлым қолайлы құрамдар іріктелді.

4. Иілу беріктігін сынау болат анкерлік фибраны қолдана отырып, фибробетондардың құрамы ең күшті деген болжамдарды көрсетті және растады. Болат фибрадан жасалған үлгілердегі иілу беріктігінің шегі осы шектеуден 2-3 есе және 15-20 есе қысу беріктігінің беріктігінен асады.

Зерттеулер көрсеткендей, болат фибра мөлшерінің белгілі бір арақатынасқа жоғарылауымен фибробетонның беріктігі пропорционалды түрде артады. Қоспаның жалпы массасының 4,5-5% болат талшығы болуы оңтайлы болып табылады. Фибраны қоспаға одан әрі қосу фибробетонның беріктік сипаттамаларына теріс әсер ететін фибра мен оның құрамдас бөліктерінің біркелкі таралуымен біртекті қоспаны алуды қиындатады. Сонымен қатар, фибробетонды қоспағаарматуралайтын элементті қосу құрылымдық құрылудың жақсаруына әкеледі. Бұл қатынас фибробетонның беріктік сипаттамаларын анықтау нәтижелерімен расталады.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Баженов, Ю.М. Модифицированные высококачественные бетоны [Текст] / Ю.М. Баженов, В.С. Демьянова, В.И. Калашников. – М.: АСВ, 2006. – 368 с.
- 2 Голубев, В.Ю. Высокопрочный бетон повышенной вязкости разрушения: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / В.Ю. Голубев. – СПб., 2009. – 183 с.
- 3 Веденеев, А.С. Армирующие материалы для фибробетона [Текст] / А.С. Веденеев // Архитектура и строительство. – 2009. – №11. – С. 24-29.
- 4 Пухаренко, Ю.В. Научные и практические основы формирования структуры и свойств фибробетонов: Дис. ... д-ра техн. наук/ Ю.В. Пухаренко: СПбГАСУ. – СПб, 2005. – 315 с.
- 5 Рабинович Ф.Н. Дисперсно-армированные бетоны / Ф.Н. Рабинович. Москва: Стройиздат, 1989. 250 с.
- 6 Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов // Ф.Н. Рабинович. Москва: Стройиздат, 2011. 642 с.
- 7 Bernard, E.S. Influence of Test Machine Control Method on Flexural Performance of Fiber Reinforced Concrete Beams// Journal of ASTM International. 2009. – Vol. 6. No. 9
- 8 Bhikshma, V. Investigations on mechanical properties of recycled aggregate concrete containing steel fibers/ V. Bhikshma, J.L. Singh// Indian Concrete Institute Journal. 2010 – 4-9 (10), p. 15-19
- 9 Klyuyev, A.V Combined disperse reinforcement of finegrained concrete with steel and polypropylene fiber on technogenic materials and nanodispersed modifier/ R.V. Lesovik, S.V. Klyuyev, A.V. Klyuyev, A.V. Netrobenko, N.V. Kalashnikov// World Applied Sciences Journal. T. 30, №8. – 2014. С. 964-969
- 10 Rasheed, M.H.F.; Agha, A.Z.S. Analysis of Fibrous Reinforced Concrete Beams// Engineering and Technical Journal. 2012, №30 (6). – p. 974-987
- 11 Ахмеднабиев, Р.М. Влияние различных волокон на свойства фибробетонов «Технические науки – от теории к практике»: материалы 22 международной заочной научно-практической конференции. (11 июня 2013 г.); Новосибирск: Изд. «СибАК», 2013. – с. 34-43
- 12 D.Baskanbayeva. K. Yelemessov, A. Igbayeva (2019) " Fiber concrete is an effective material for the manufacture of pump housings .". 2 nd International Scientific and Technical Internet Conference “Innovative Development of Resource-Saving Technologies of Mineral Mining and Processing”. Book of Abstracts. - Petroşani, Romania: UNIVERSITAS Publishing, 2019. ISBN 978-973-741-663-9 . UDC 622:658.589 (063). pg : 178-181
- 13 L. Krupnik, K. Yelemessov, S. Bortebayev, D. Baskanbayeva. (2018) «Studying fiber – reinforced concrete for casting housing parts of pumps». Eastern-European Journal of Enterprise Technologies . 6/12 ( 96 ) 2018. ISSN 1729-3774., UDC 691.342., DOI: 10.15587/1729-4061.2018.151038.

- 14 Бадертдинов, И.Р. Влияние одно и двухуровневого армирования стальной и стеклянной фиброй на время начала трещинообразования бетона класса В45// И.Р. Бадертдинов, М.Г. Габидуллин, Р.З. Рахимов, М.А. Балтанов, Б.А. Евсеев, М.М. Рахимов, А.Ш. Низембаев, Н.М. Хорев/ Известия КазГАСУ. №4. – 2012. С. 270-278
- 15 Богданова, Е.Р. Экспериментальные исследования бетона, дисперсно армированного синтетической полипропиленовой фиброй/ Известия Петербургского университета путей сообщения// 2015. – №2 (43). – С. 91-98
- 16 Буторов, И.А. Анализ прочности композиционных материалов армированных дискретными волокнами/ Современные научные исследования и инновации// 2015. – №8-1 (52). – С. 55-59
- 17 Войлоков, И.А. Подбор состава сталефибробетона/ И.А. Войлоков, А.Ю. Ковалева// ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. 2009.
- 18 Войлоков, И.А. Фибробетон – история вопроса. Нормативная база, проблемы и решения/ ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. 2009. – №2. С. 44-53
- 19 Волков, И.В. Инженерные методы проектирования фибробетонных конструкций/ И.В. Волков, Э.М. Газин, В.В. Бебекин// Бетон и железобетон. – 2007. № 4. – С. 20-22
- 20 Габидуллин, М.Г. Исследование влияния характеристик стеклофибры на физико-механические свойства стеклофибробетона/ М.Г. Габидуллин, Р.Т. Багманов, А.Я. Шангараев// Строительные материалы и изделия. – С. 268-273
- 21 Голубев, В.Ю. Высокопрочный бетон повышенной вязкости разрушения: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / В.Ю. Голубев. – СПб., 2009. – 183 с.
- 22 Горохов, М.С. Трещиностойкость фибробетона со стальной анкерной фиброй/ Вестник государственного университета морского и речного флота им. С.О. Макарова. №5 (27). – 2014. С. 47-53
- 23 Жаворонков, М.И. Свойства сталефибробетона, армированного аморфнометаллической фиброй// Научно-исследовательская работа студентов, аспирантов и молодых ученых СПбГАСУ: Сб. научных трудов студентов, аспирантов и молодых ученых победителей конкурсов 2011 г. Вып. 7/ СПбГАСУ. – СПб., 2012. – С. 120-129
- 24 Зерцалов, М.Г. Экспериментальное определение характеристик трещиностойкости фибробетона/ М.Г. Зерцалов, Е.А. Хотеев// Вестник МГСУ. 2014. № 5. – С. 91-99
- 25 Зотов, А.Н. Исследование прочностных свойств мелкозернистых бетонов с полипропиленовой фиброй для дорожного строительства/ Промышленное и гражданское строительство// 2015. №8. – С. 42-46
- 26 Калашников, В.И. Геометрические параметры фибры для высокопрочных бетонов/ В.И. Калашников, Ю.П. Скачков, С.В. Ананьев, И.Ю. Троянов// Региональная архитектура и строительство. 2011. №1. – с. 27-33
- 27 Каприелов, С.С. Исследование физико-механических и реологических свойств высокопрочного сталефибробетона// Н.И. Карпенко, В.И. Травуш, А.В.

Мишина, А.А. Андрианов, И.М. Безгодков, С.С. Каприелов/ АСАСЕМІА. АРХІТЕКТУРА І СТРОІТЕЛЬСТВО №1. – 2013. – С. 106-113

28 Романов, В.П. Исследование прочности и деформативности сталефибробетона при статических и динамических растяжениях/ В.П. Романов, В.И. Григорьев// Пространственные конструкции в гражданском строительстве: сборник научных трудов/ ЛенЗНИИЭП: Л., 1982. – с. 66-71

29 Ключев, А.В. Мелкозернистый фибробетон армированный полипропиленовым волокном// А.В. Ключев, С.В. Ключев, А.В. Дураченко, А.В. Нетребенко/ Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. №4. 2014. – С. 67-72

30 Ключев, А.В. Расчет процента армирования фибробетонных композитов// Международный научно-исследовательский журнал. №5-2 (36). – 2015. С. 74-77

31 Ключев, А.В. Расчет фибробетонных композитов/ А.В. Ключев, А.А. Митрохин, Ю.Н. Черкашин, Р.В. Лесовик// Научные труды SWorld, Т. 18, №3. – 2014. С. 61-65

32 Ключев, С.В. К вопросу применения нескольких видов фибр для дисперсно армированных бетонов// С.В. Ключев, Р.В. Лесовик, А.В. Ключев, Д.О. Бондаренко/ Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. №4. – 2012. С. 81-83

33 Ключев, С.В. Особенности формирования фибробетонных композитов// Вестник Белгородского государственного технического университета им. В.Г. Шухова. №5. – 2015. С. 32-35

34 Коротких, Д.Н. Трещиностойкость современных цементных бетонов (проблемы материаловедения и технологии)/ Монография. – Воронеж: Воронежский ГАСУ, 2014. – 141 с. 50. Коротких, Д.Н. Характеристика показателей разрушения высокопрочных бетонов на основе анализа полных равновесных диаграмм их деформирования/ А.В. Ушаков, Д.Н. Коротких// Вестник Центрального регионального отделения РААСН. Воронеж, 2011 – С. 76-89

35 Леонович, И.А. Прочностные свойства фибробетонов с заполнителем из микросфер при ударном нагружении// Вестник Белорусско-Российского университета. 2008. №2 (19). С. 129-136

36 Леонович, И.А. Влияние упругих характеристик композитного материала на свойства фибробетона/ И.А. Леонович, А.А. Леонович// Вестник Белорусско-Российского университета. 2007. №3 (16). С. 148-155

37 Панин, А.Н. К определению деформационных и прочностных характеристик при исследовании фибробетонных оболочек// Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2013. Т. 2 – С. 404-408

38 Пантелеев, Д.А. Исследование свойств сталефибробетона на основе аморфной металлической фибры/ У. Х. Магдеев, Ю. В. Пухаренко, В. И. Морозов, Д. А. Пантелеев, М. И. Жаворонков// Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура 2013. Выпуск 31(50). 4.2. Строительные науки. – с. 132-135

39 Пухаренко, Ю.В. Высокопрочный сталефибробетон/ Ю.В. Пухаренко, В.Ю. Голубев// Промышленное и гражданское строительство. – 2007. №9. – с. 40-41

40 Пухаренко, Ю.В. Научные и практические основы формирования структуры и свойств фибробетонов: Дис. ... д-ра техн. наук/ Ю.В. Пухаренко: СПбГАСУ. – СПб, 2005. – 315 с.

41 Рабинович, Ф.Н. Эффективность применения полимерных фибр для дисперсного армирования бетона/ Ф.Н. Рабинович, С.М. Баев// Промышленное и гражданское строительство. – 2009. №9. – с. 38-41

42 Туровинин, А.В. Оценка эффективности армирования бетона аморфнометаллической фиброй/ А.В. Туровинин, А.С. Доржу, М.И. Жаворонков// 64-я Международная научно-техническая конференция молодых ученых, посвященная 300-летию со дня рождения М.В. Ломоносова/ СПбГАСУ. В 3 ч. Ч. II. – СПб., 2011. – 228-230 с.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Магистрант Рыскалиева Еркежан Рыскалиевна магистірлік диссертациясына

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ  
ПІКІРІ**

7M07111- Машиналар мен жабдықтардың сандық инженериясы

Диссертация тақырыбы:

**«Фибра геометриясы мен материалының фибробетонның беріктік сипаттамасына әсерін бағалау»**

Диссертациялық жұмыс жаңа материал фибробетон жасау үшін қолданылатын фибра түрлерінің сипаттамалары беріліп, геометриялық өлшемдерінің фибробетонның механикалық сипаттамаларын анықтауға арналған.

Алға қойылған мақсатқа жету үшін магистрант фибробетоннан жасалған үлгілерді беріктікке сынау жұмыстарын атқады.

Жұмысты орындау барысында диссертант Рыскалиева Еркежан Рыскалиевна ғылыми зерттеулердің негіздерін меңгергенін, зерттеулердің мақсаты мен міндеттерін дұрыс анықтай алатынын, әдеби және патенттік дереккөздерге шолу жасай білетінін көрсетті.

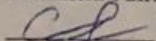
Диссертациялық жұмыста теориялық және эксперименттік мәліметерді талдау негізінде бетонның қасиеттерінің көрсеткіштерін жақсарту үшін бетонды фибралықтарды қосу ұсынылады. Композиттік материалдардың физика-механикалық қасиеттерін зерттеу практикасының материалдары негізінде фибробетондардан иілу беріктігі мен сығылу беріктігін сынау үшін үлгілерді дайындау технологиясы таңдалды.

Жалпы алғанда Рыскалиева Еркежан Рыскалиевнаның магистірлік диссертациясы жоғары ғылыми деңгейде орындалған және магистірлік диссертацияларға қойылатын барлық талаптарға сәйкес келеді, ғылыми жаңалығы мен практикалық маңыздылығы бар.

Жоғарыда баяндалғандарға сәйкес диссертациялық жұмысты Мемлекеттік аттестаттау комиссиясында қорғауға ұсынамын және оның авторы Рыскалиева Еркежан Рыскалиевна 7M07111 – Машиналар мен жабдықтардың сандық инженериясы білім беру бағдарламасы бойынша техника ғылымдарының магистрі академиялық дәрежесіне лайық деп санаймын.

**Ғылыми жетекші:**

техника ғылымдарының кандидаты, ассист. проф.

 Бортебаев С.А.

« 19 » 06 2021 ж.

Ү ҚазҰТЗУ 706-06 Ғылыми жетекші пікірі



## ШІКІР

**Рыскалнєва Еркежанның «Фибра геометриясы мен материалының фибробетонның беріктік сипаттамасына әсерін бағалау» тақырыбындағы магистрлік диссертациясына**

Дайындау бағыты: 7М07111 – Машиналар мен жабдықтардың сандық инженериясы

**Жұмыстың мақсаты.** Фибробетон беріктігіне фибраның геометриялық өлшемдері мен материалының әсерін анықтап, беріктігі жоғары фибробетон қалыптастыруды қамтамасыз ететін фибра түрлерін ұсыну.

**Жұмыстың өзектілігі.** Фибробетондар проблемасының өзектілігі оның қазіргі заманғы тұжырымында отыз жылдан астам уақыт болды және жақында темірбетон конструкцияларының материалдық сыйымдылығын, еңбек сыйымдылығын және энергия сыйымдылығын төмендету кезінде сапаны түбегейлі жақсарту қажеттілігіне байланысты ерекше өзекті болып отыр. Фибробетондардың айрықша белгілері жоғары анизотропия және дискреттілік болып табылады, бұл оларды тек құрылымы мен қасиеттері бар құрылымдық материалдардың тәуелсіз және өте құнды тобына бөлуге мүмкіндік береді. Фибробетондардың айқын артықшылықтары (беріктіктің бірнеше есе артуы, сынуға төзімділік, тозуға төзімділік және т.б.) және қажетті нәтижеге қол жеткізудің айқын жеңілдігі негізінен зерттеудің эмпирикалық сипатын анықтады, бұл инженерлік практика үшін кең тәжірибелік деректерді жинақтауға мүмкіндік берді. Қазіргі таңда фибробетон негізінен құрылыс салсында кеңінен қолданыс табуда, ал оларды машина бөлшектерін жасауға қолдану әлі күнге дейін терең зерттелмеген. Сол себепті фибра геометриясының фибробетон беріктігіне әсерін зерттеп, ұтымды фибр түрін анықтау жаңа конструкциялық материалдарды игеру саласында әрдайым өзекті мәселелердің бірі болып табылады.

**Жұмыстың қысқаша сипаттамасы.** Диссертациялық жұмыс төрт негізгі бөлімнен тұрады және магистрлік диссертацияларға қойылатын барлық талаптарға сәйкес орындалған.

Диссертациялық жұмыста фибробетон және фибраталшықтар жайлы аналитикалық шолу жасалған. Жұмыстың эксперименттік бөлімінде әртүрлі фибраталшықтардан үлгілер дайындалып, оларды гидравликалық прессте сынақтан өткізіп механикалық сипаттамасын анықтаған. Нәтижесінде жоғары беріктікті қамтамасыз ететін фибра түрі ұсынылған. Жұмыстың бөлімдері бір-бірімен логикалық түрде тығыз байланысып жүйелі түрде құрастырылған. Диссертациялық жұмыстың ғылыми жаңалығы және практикалық маңыздылығы бар.

Жұмысты толық ғылыми жұмыс деп санауға болады, онда теориялық және эксперименттік мәліметтерді талдау негізінде беріктігі жоғары фибробетонды машина тораптарының тұрқылық бөлшектері ретінде қолдану ұсынылып отыр. Жұмыс ғылыми тұрғыда осы саланың мамандарына



қызығушылық тудырады және оны практикалық мақсаттарда пайдалануға болады деп санаймын.

**Кемшіліктер мен ұсыныстар.**

1. Фибробетонның механикалық сипаттамасын анықтау барысында тек беріктігі ғана алынған, басқа да механикалық сипаттамаларды қарастыру материалды толық зерттеуге мүмкіндік берер еді.

**ЖҰМЫСТЫ БАҒАЛАУ**

Жоғарыда көрсетілген кемшілікке қарамастан магистрлік жұмыс жоғары ғылыми деңгейде және барлық қойылған талаптарға сәйкес орындалған, ғылыми жаңалығы мен практикалық маңыздылығы бар. Диссертант ғылыми зерттеулердің негіздерін меңгергенін, зерттеулердің мақсаты мен міндеттерін дұрыс анықтай алатынын, эксперименттерді жүргізу машығының жеткілікті деңгейде екені жұмыс барысында байқалады.

Жалпы алғанда қарастырылған магистрлік диссертацияны өте жоғары бағалай отырып, оның авторы Рыскалиева Еркежан «Машиналар мен жабдықтардың сандық инженериясы» дайындау бағыты бойынша «Техника ғылымдарының магистрі» академиялық дәрежесін беруге лайық деп санаймын.

**Пікір беруші**

ҚазҰЖУ оқу істері жөніндегі проректоры  
тех. ғыл. докторы, профессор



А.Тұрдалиев

\_\_\_\_\_ 2021 ж.




Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

..... Работа допущена к защите.....  
.....  
.....

..... 13.06.2021 .....

Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Рыскалиева Еркежан

**Название:** «Фибра геометриясы мен материалыны фибробетонны беріктік сипаттамасына әсерін бағалау»

**Координатор:** Сайын Бортөбаев

**Коэффициент подобия 1:4.4**

**Коэффициент подобия 2:2.1**

**Замена букв:** 24

**Интервалы:** 0

**Микропробелы:** 0

**Белые знаки:** 0

**После анализа Отчета подобия констатирую следующее:**

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

Обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата. В связи с чем работа допускается к защите

Дата 18.06.2021

Подпись Научного руководителя