

THE DETERMINATION OF THE OPTIMAL COMPOSITION OF AN ARBOLITE WALL PANEL USING MATHEMATICAL METHODS AND THE CALCULATION OF ITS STRESS STATE

S.S. Uderbayev^{1*} , S. Zhanatuly¹ , N.B. Alibekov² , K.A. Bissenov¹ ,
K.A. Yerimbetov² , B.G. Amantay¹ 

¹Korkyt Ata Kyzylorda University, 120001, Kyzylorda, Kazakhstan

²Kyzylorda Open University, ҚЫЗЫЛОРДА, 120016, Kyzylorda, Kazakhstan

Abstract. *In the article, the optimal composition of the arbolite mixture was determined using a preliminary mathematical method for the manufacture of wall panels. With the help of optimal compositions, wall panels were manufactured and its stress state under load was calculated. For the production of arbolite products, the advanced technology of pressed arbolite, manufactured by conveyor method, has been applied. Using the methods of mathematical planning of experiments, the optimal composition was determined – the ratio of rice husk and a multicomponent binder with high strength. A method for calculating the stress state of wall plates based on rice husk and its straw with an internal thermal insulation layer of class B1 arbolite has been developed. Formulas for determining the distribution of tangential stresses along the longitudinal axis of a wall panel along its thickness are obtained. Deviations of the wall plate under the action of an off-center longitudinal load are determined. An experimentally developed method for calculating wall plates has been tested and confirmed. Experimental data on the testing of wall panels based on rice husk and straw of natural size have shown sufficient reliability and adequacy. The water absorption of arbolite based on rice husk and multicomponent binder was 24%, and the thermal conductivity $\lambda = 0.18-0.19$ W/ (m·°C). The resulting arbolite has a frost resistance of 30-35 cycles.*

Keywords: *rice husk, multicomponent binder, optimal composition, wall panel made of arbolite, stress state, mathematical calculations.*

***Corresponding author**

Saken Uderbayev, e-mail: saken.uderbayev@gmail.com

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2024.2-13>

Received 18 April 2024; Revised 20 May 2024; Accepted 10 June 2024

ӘОЖ 691.3
ҒТАМР 67.09.55
ҒЫЛЫМИ МАҚАЛА

АРБОЛИТТІК ҚАБЫРҒАЛЫҚ ТАҚТАЛАРДЫҢ ОҢТАЙЛЫ ҚҰРАМЫН МАТЕМАТИКАЛЫҚ ӘДІСПЕН АНЫҚТАУ ЖӘНЕ ОНЫҢ КЕРНЕУЛІ КҮЙІН ЕСЕПТЕУ

С.С. Удербаев^{1*} , С. Жанатұлы¹ , Н.Б.Алибеков² , Қ.А.Бисенов¹ ,
К.А.Еримбетов² , Б.Ғ.Амантай¹ 

¹ Қорқыт ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, 120001, Қазақстан

² Қызылордалық ашық университеті, Қызылорда, 120016, Қазақстан

Андатпа. Мақалада қабырға панельдерін дайындау үшін алдын ала математикалық әдіспен арболит қоспасының оңтайлы құрамы анықталды. Оңтайлы құрамдар арқылы қабырға панельдері жасалып, жүктеме астындағы оның кернеулі күйін есептеу орындалды. Арболит бұйымдарын өндіру үшін конвейерлік әдіспен жасалатын престелген арболиттың озық технологиясы қолданылды. Эксперименттерді математикалық жоспарлау әдістері арқылы жоғары беріктікке ие күрделі байланыстырғыш зат пен күріш қауызының оңтайлы қатынасы анықталды. Күріш қауызы және оның сабаны негізіндегі ішкі жылу оқшаулағыш қабаты бар В1 класты арболит қабырға панельдерінің кернеулі күйін есептеу әдісі жасалды. Қабырға панелінің қалыңдығы бойынша оның ұзындық осі бойындағы жанама кернеулерді анықтау формулалары алынды. Эксцентрлік бойлық жүктеме әсерінен қабырға панелінің ауытқулары анықталды. Қабырға панельдерін есептеу әдісі эксперименталды түрде тексеріліп, расталды. Табиғи өлшемдегі күріш қауызы және сабаны негізіндегі қабырға панельдерін сынау бойынша эксперименталды деректер олардың жеткілікті сенімділігі мен сәйкестігін көрсетті. Күріш қауызы және күрделі байланыстырғыш зат негізіндегі арболиттың су сіңірімділігі 24% құрады, ал жылу өткізгіштік коэффициенті $\lambda = 0,18-0,19 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$. Алынған арболиттың аязға төзімділігі 30-35 циклді құрады.

Түйін сөздер: күріш қауызы, көпкомпонентті байланыстырғыш зат, оңтайлы құрам, арболиттік қабырғалық тақта, кернеулі күй, математикалық есептеу.

***Автор-корреспондент**

Сакен Удербаев, e-mail: saken.uderbayev@gmail.com

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2024.2-13>

Алынды 18 сәуір 2024; Қайта қаралды 20 мамыр 2024; Қабылданды 10 маусым 2024.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА АРБОЛИТОВОЙ СТЕНОВОЙ ПАНЕЛИ МАТЕМАТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ И РАСЧЕТ ЕЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ

С.С. Удербаяев^{1*} , С. Жанатұлы¹ , Н.Б. Алибеков² , К.А.Бисенов¹ ,
К.А.Еримбетов² , Б.Г.Амантай¹ 

¹ Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Кызылорда, 120001, Казахстан

² Кызылординский открытый университет, Кызылорда, 120016, Казахстан

Аннотация. В статье для изготовления стеновых панелей предварительно математическим методом был определен оптимальный состав арболитовой смеси. С помощью оптимальных составов были изготовлены стеновые панели и выполнен расчет его напряженного состояния под нагрузкой. Для производства арболитовых изделий применена прогрессивная технология прессованного арболита, изготавливаемого конвейерным способом. С помощью методов математического планирования экспериментов был определен оптимальный состав – соотношения рисовой лузги и многокомпонентного вяжущего вещества имеющего высокую прочность. Разработан метод расчета напряженного состояния стеновых плит на основе рисовой лузги и ее соломы с внутренним теплоизоляционным слоем из арболита класса В1. Получены формулы для определения распределения тангенциальных напряжений вдоль продольной оси стеновой панели по ее толщине. Определены отклонения стеновой плиты под действием внецентренной продольной нагрузки. Проверен и подтвержден экспериментально разработанный метод расчета стеновых плит. Экспериментальные данные по испытанию стеновых панелей на основе рисовой лузги и соломы естественных размеров показали достаточную надежность и адекватность. Водопоглощение арболита на основе рисовой лузги и многокомпонентного вяжущего вещества составила 24%, а теплопроводность $\lambda = 0,18-0,19$ Вт/(м·°С). Полученный арболит имеет морозостойкость-30-35 циклов.

Ключевые слова: рисовая лузга, многокомпонентное вяжущее вещество, оптимальный состав, стеновая панель из арболита, напряженное состояние, математические расчеты.

*Автор-корреспондент

Сакен Удербаяев, e-mail: saken.uderbayev@gmail.com

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2024.2-13>

Поступила 18 апреля 2024 г.; Пересмотрено 20 мая 2024 г.; Принято 10 июня 2024 г.

ACKNOWLEDGEMENTS/SOURCE OF FUNDING

The study was conducted using private sources of funding.

CONFLICT OF INTEREST

The authors state that there is no conflict of interest.

АЛҒЫС / ҚАРЖЫЛАНДЫРУ КӨЗІ

Зерттеу жеке қаржыландыру көздерін пайдалана отырып жүргізілді.

МҮДДЕЛЕР ҚАҚТЫҒЫСЫ

Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

БЛАГОДАРНОСТИ/ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование проводилось с использованием частных источников финансирования.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

1 КІРІСПЕ

Қазіргі құрылыс индустриясының басты мақсаттарының бірі тиімді құрылыс материалдарын, конструкцияларын және бұйымдарын пайдалану болып табылады. Бұл мақсатқа жету үшін озық технологияларды, жергілікті шикізатты және техногенді қалдықтарды қолдану қажет. Сонымен қатар, құрылыс технологиясын арзандату және жетілдіру, құрылыс материалдарының өзіндік құнын төмендету де негізгі мәселелердің бірі саналады.

Бұл міндеттерді толығымен шешу үшін тиімді құрылыс материалдарын, соның ішінде көптоннаждық және жаңартылатын өсімдік тектес ауыл шаруашылық қалдықтарын кеңінен пайдалану қажет. Мысалы, ауыл шаруашылық қалдықтары ретінде күріш қауызы, күріш сабаны, мақта сабақтары, қарасора және бидай сабақтарын атап өтуге болады. Осы аталған екіншілік шикізаттар негізінде құрылыс конструкциялары мен бұйымдарды дайындағаннан кейін олардың физикалық-механикалық қасиеттерін одан әрі зерттеу қажет. Осындай материалдардың бірі ретінде арболитті - жылу изоляциялық материалды жатқызуға болады.

Күріш қауызы, күріш сабаны, бидай сабақтары және басқа да органикалық қалдықтарды жеңіл бетонға қажетті мол шикізат көзі ретінде қарастыруға болады. Бұл бір жағынан композициялық құрылыс материалдарын өндіруді арттыруға септігін тигізеді. Мысалы, күріш қауызы, зығыр және дәнді дақылдардың сабаны сияқты ауылшаруашылық қалдықтарын толтырғыш ретінде пайдалануға болады. Қазіргі уақытта бұл қалдықтар аз мөлшерде қолданылып, көп жағдайда далада қалып, өртеліп жойылып жатыр, бұл экологиялық жағынан қоршаған ортаға зиянды әсерін тигізеді.

Құрылыс саласында аз қабатты үй құрылысын дамытудың бір бағыты өсімдік тектес ауыл шаруашылық қалдықтарына негізделген бетоннан жасалған үйлердің құрылысын көбейту болып табылады. Бұл үшін қабырғалардың жүк көтергіштігін арттырумен қатар, олардың беріктігі мен деформациялық қасиеттерін анықтау мәселесін шешу қажет. Сонымен қатар, жеңіл қабырғалық конструкцияларды салудың арнайы технологиялық әдістерін жасау үшін бірқатар ғылыми және техникалық сұрақтарды анықтап шешу керек.

Құрылыс индустриясында органикалық толтырғыштар негізінде арболит, ксилолит, фибролит сияқты құрылыс материалдарын пайдалану мүмкіндіктері өткен ғасырдың басынан бастап зерттеліп, тәжірибелік жағдайда қолданылып келе жатыр. Сол уақыттан бері отандық ғалымдар елімізде түрлі органикалық толтырғыштар мен минералды байланыстырғыш негізіндегі арболиттік конструкцияларды экспериментальдық және өндірістік зерттеулерді бастады. Қазіргі уақытта, бұл құрылыс материалдары тұрғын үй мен азаматтық құрылыста өткен ғасырдың ортасынан бері қолданып келеді.

Осы бағытта отандық және шетелдік ғалымдар, ғылыми-жобалық және өндірістік ұйымдар органикалық толтырғыштар негізінде жаңа композициялық материалдарды жасау және олардың құрамын ойлап табумен айналысуда. Сонымен қатар, алдыңғы қатарлы заманауи құрылыс конструкцияларын жобалау арқылы жеңіл композициялық материалдарды жасау технологиясын жетілдіру және олардың қасиеттерін жақсарту бойынша көптеген жұмыстар атқарылды.

Әдебиеттік шолуларға сәйкес, осы уақытқа дейін келесі шетелдік ғалымдар ([Marques et al., 2019](#); [Marques et al., 2021](#); [Romasanta et al., 2017](#); [Bisht et al., 2020](#)) органикалық, яғни өсімдік тектес ауыл шаруашылық қалдықтарын тиімді пайдаланудың жаңа әдістерін жасаумен айналысты. Мұндай бұйымдарды қолданудың тиімділігі көптеген зерттеулермен және өндіріске енгізудің практикалық нәтижелерімен дәлелденген. Қазіргі таңда, өсімдік тектес органикалық толтырғыштар негізінде қабырғалық тақталардың ең тиімді конструктивтік шешімдерін жасау және оларды өндірудің ұтымды технологиясын анықтау өзекті мәселе болып табылады.

2 ӘДЕБИЕТКЕ ШОЛУ

Өсімдік тектес ауыл шаруашылық органикалық толтырғыштар негізіндегі композициялық құрылыс материалдарын өндіру технологиясы бетон және темірбетон технологияларына ұқсас. Басқа елдердегі арболит өндіретін кәсіпорындар өз әдістерімен, сұрыптау құрылғыларымен, дайын өнімдерінің кең номенклатурасымен және пайдаланылатын органикалық толтырғыштардың түрімен ерекшеленеді. Сонымен қатар, бұл ерекшеліктер органикалық шикізаттардың қорларына және әр аймаққа тән толтырғыш түрлеріне байланысты.

Арболит өндіру және оның технологиясын жетілдіру жолдарын зерттеумен көптеген танымал ғалымдар айналысқан, олардың ішінде Ақчабаев А.А., Батырбаев Г.А., Бужевич Г.А., Бухаркин Б.И., Мещерякова И.П., Наназашвили И.Х., Рыбьев И.А., Савин В.И., Склизко Н.И., Щербачев А.С., Хрулев В.М., Шмидт Л.М., Граф И., Нгуен Ван Тхинь бар.

Өсімдік тектес ауыл шаруашылықтың жанама қорларын қолдану арқылы жеңіл композиттер шығару мүмкіндігі бірнеше шетел ғалымдарының жұмыстарынан көрінеді. Жеңіл композиттердің беріктігін арттырудың бір жолы - ауыл шаруашылықтың әртүрлі жанама өнімдерінің бетін модификациялау екенін (Yu & Xu, 2014) зерттеуінде көрсетілген. Бұл жұмыста автор композиттік материалдарды алудың негізгі ерекшеліктері ретінде целлюлоза қосылыстары бар толтырғыштардың қол жетімділігін, төмен құнын және жаңартылуын атап өтеді. Осыған байланысты үнемді және экологиялық таза құрылыс материалын алуға болатыны көрсетілген.

Зерттеу барысында бидай мен күріш сабаны, күріш қауызы, күріш қауызының күлі, жүгері сабағы, банан талшығы және ананас жапырағының талшығы секілді лигноцеллюлоза биомассасының полимер матрицаларын нығайту үшін тиімді пайдаланылатыны дәлелденген. Алайда, осы органикалық массадан алынатын гидрофильді арматуралық элементтер мен гидрофобты матрицалардың үйлесімсіздігі жеңіл композиттің механикалық сипаттамаларын төмендетеді.

Кейбір зерттеуші ғалымдар (Grünwald et al., 2012) зерттеуінде сабан, күріш қауызы немесе целлюлоза сияқты лигноцеллюлоза материалдарымен қатар, былғары өндірісінде пайда болатын қосымша қалдықтарды ағаш тақтайшаларын өндіруге арналған перспективалы жаңа шикізат ретінде қарастырды. Бұл қалдықтар жоғары қолжетімділікпен қатар, эксперимент нәтижелеріне сүйене отырып, олардың қасиеттерін жақсартады. Бұл қасиеттерге отқа төзімділік пен механикалық сипаттамалар жатады. Эксперимент нәтижесінде 42,5% ағаш талшықтары, 42,5% тері бөлшектері және 15% лигнинді желім қоспасынан тұратын араласпаны пресстеу әдісімен тақта жасалды.

Ағаш-талшықты тақтайшаларды (ДВП) өндіруде ағаштың орнын толықтыру және ауыстыру үшін өсімдік тектес ауылшаруашылық талшықтарын пайдалану қызығушылық тудырып отыр. Тағы бір ғалымдардың (Youngquist et al., 1996) зерттеуінде ауылшаруашылық талшықтарын осы мақсатта жалғыз немесе басқа материалдармен бірге қалай пайдалануға болатыны туралы шолу жасалған. Солтүстік Америкада оңай қол жетімді талшықты материалдарға қызылша целлюлозасы, бидай сабаны, жүгері сабағы, мақта сабағы, кенаф, күріш қауызы және күріш сабаны жатады, және оларды жеңіл композиттер жасауға пайдаланып жатыр. Авторлар өздерінің ғылыми жұмыстарының қорытындысында аталған органикалық қалдықтардан тақталар жасаудың стандарттарын жасады. Зерттеу нәтижелері бойынша тақталар жасауға ең тиімдісі целлюлоза, бидай сабаны және кенаф екенін көрсетті.

Бірнеше авторлар (Yao et al., 1996) эксперименттік жұмыстар барысында композиттік тақталарды алу үшін қайта өңделген жоғары тығыздықтағы полиэтилен мен күріш сабанының төрт компонентін – күріш қауызы, күріш сабанының жапырағы, күріш сабанының сабағы және тұтас күріш сабанын – және ағаш талшықтарын қолданып жасады. Бұл жұмыста авторлар полиэтиленді балқытып, оны жоғарыда аталған төрт компонентпен араластырып, пресстеу арқылы композиттік материал алды. Зерттеу көрсеткендей, күріш сабанының талшықтары

арматуралық толтырғыш ретінде жоғары тығыздықтағы полиэтиленмен жақсы үйлеседі. Сонымен бірге, күріш қауызынан жасалған композиттік панельдер ең төмен серпімділік модулімен ерекшеленді. Алайда, олардың соққыға төзімділігі басқа сабан талшықтарымен салыстырғанда бірдей болғанын атап өту керек.

Жасанды құрылыс конгломераты – бетонның беріктігін арттыру үшін күріш қауызының күлін (КҚК) минералды қоспа ретінде қолданудың тиімділігін көптеген ғалымдар дәлелдеген. **Chabi et al. (2024)** зерттеуінде авторлар КҚК қоспасын бетон құрамында құмды толығымен алмастырушы ретінде зерттеген. Күріш қауызының физика-химиялық қасиеттерін мұқият сипаттағаннан кейін бірнеше құрам дайындалып, бірқатар сынақтар жасалды. Олар күріш қауызына негізделген бетонды жүк көтергіш қабырғалардан бетон тақталарға дейін қолдануға болатынын атап өтті. Алынған конструкцияның механикалық қасиеттері қанағаттанарлық екенін көрсетті. Құрамына байланысты сығу беріктігі 0,56 МПа-дан 5,41 МПа-ға дейін, ал жылу өткізгіштігі 0,070 -ден 0,129 Вт/м²•°С аралығында өзгергенін атап өтті.

Көптеген ғалымдар құрылыс секторы қоршаған ортаға үлкен әсер ететіндіктен, өсімдік толтырғыштарын қолдана отырып, экологиялық таза бетон материалдарын жасауды бірінші кезектегі өзекті мәселелердің бірі деп санайды. Мұндай бетон түрі жақсы жылу-физикалық қасиеттері бар төмен көміртекті материалға көшуге мүмкіндік береді. Осы бағытта ғалымдар **Chabannes et al. (2014)** өз жұмыстарында әк негізіндегі байланыстырғышпен араласқан қарасорадан жасалған қарасора бетонның және күріш қауызын қолданатын инновациялық оқшаулағыш бетонды әзірледі. Түрлі пропорциядағы құрамдарға байланысты күріш қауызы негізіндегі бетонның жылу өткізгіштігі шамамен 0,10 мен 0,14 Вт/м²•°С аралығында болатынын және оның қарасора негізіндегі бетонмен салыстырмалы екенін анықтады.

Авторлар **Sisman et al. (2014)** зерттеуінде күріш қауызы негізіндегі бетонның термиялық, механикалық және физикалық қасиеттерін зерттеген. Кәдімгі толтырғышқа күріш қауызының мөлшері қосымша ретінде 5%, 10%, 15%, 20%, 25% және 30% көлемінде қосылып дайындалды. Алынған бетонның орташа тығыздығы 1797 кг/м³-ден 2268 кг/м³-ге дейін, ал оның сығу беріктігі 17,6 МПа-дан 37,5 МПа-ға дейін өзгерді. Зерттеу нәтижелері бетонның аязға төзімді екенін және су сіңірімділігінің 5,5%-дан төмен болғанын көрсетті. Қорытындылай келе, мұндай көрсеткіштер күріш қауызы негізіндегі бетонның беріктігін, төзімділігін және оқшаулау қасиеттерін жақсартатынын растайды. Осыны ескере отырып, күріш қауызын жеңіл бетон өндіруге және оны ауылшаруашылық ғимараттарында пайдалануға арналған тиімді екіншілік шикізат қоры ретінде пайдалануға болатындығы анықталды.

Арболит құрамында ауылшаруашылық және өнеркәсіптік өндіріс қалдықтарын пайдалану мүмкіндіктерін **Kazimagomedov et al. (2023)** авторлар қарастырған. Пайдалану қасиеттерін жақсарту мақсатында қарасора толтырғыш ретінде, ал ферросилиций өндірісінің дымқыл газдан тазартылған шламдары байланыстырғышқа қосымша ретінде пайдаланылды. Мақалада осы қоспалардың арболиттің сығу және иілу кезіндегі беріктігін арттыруға әсері зерттелді. Бұл жұмыста ферросилиций өндірісінің шламы мен қарасора үгінділерін пайдалану экологиялық мәселені, атап айтқанда ауылшаруашылық және өнеркәсіптік қалдықтарды жоюға ықпал ететіні анықталды.

Ауыл шаруашылығы секторында өсімдік тектес қалдықтарды басқару және оларды утилизациялау маңызды мәселелердің бірі болып отыр. **Singh et al. (2022)** авторлар осы мәселеге қатысты күріш сабанын қолдану арқылы қабырға аралық гипсті қуыс денелі блоктар жасауды қарастырған. Гипсті пайдалану арқылы әртүрлі құрамда дайындалған үлгілердің тығыздығы, беріктігі, дыбыс сіңірімділігі және отқа төзімділік қасиеттері зерттелді. Олар күріш сабанының сыналатын үлгілердің беріктігі мен тығыздығын азайтып, жеңілдететінін және оны көтергіш емес қабырғаларда қолдануға болатынын анықтады. Жылу өткізгіштігі 0,2 пен 0,11 Вт/м²•°С аралығында болды. Сонымен қатар, оның дыбыс сіңіргіштігі мен отқа төзімділігі қанағаттанарлық екенін эксперимент нәтижелері көрсетті. Болашақта агроқалдықтар негізіндегі гипсті қуыс блоктарды гипсті картоннан жасалған қабырғалардың орнына пайдаланудың тиімді екенін көрсетті.

«Органикалық толтырғыштар + минералды байланыстырғыштар» жүйесіндегі жасанды құрылыс конгломераты изоморфиялық шарттарға сай келмейді. Қарапайым бетондарда толтырғыштар байланыстырғыш заттармен байланысқа түсіп, жанасу жерлерінде кешенді гидратты байланыстар түзеді. Күріш қауызы мен сабаны негізіндегі арболиттің беріктігін анықтайтын маңызды факторлардың бірі - жоғары беткі қабаттардағы бөлшектердің әртүрлі жағдайларда жабысуы, яғни адгезиясы болып табылады.

Арболитті өндіру технологиясы бетон және темірбетон технологияларына ұқсас келеді. ТМД елдеріндегі арболит өндіретін кәсіпорындар өз әдістерімен, сұрыптау құрылғыларымен, дайын өнімдердің номенклатурасының кеңдігімен және толтырғыш түрлерімен ерекшеленеді. Бұл үшін әрбір ауданға тән толтырғыштардың сипаттамасын білу және шикізат қорларын тиімді пайдалану қажет.

Жоғарыда келтірілген ғылыми жұмыстарды қорытындылай келе, арболит бұйымдарын өндірудің өзіндік құнын төмендету үшін арболиттік қабырғалық тақтаның оңтайлы құрамын анықтау және оны пайдалану кезіндегі кернеулі күйін есептеу маңызды болып табылады.

Осы мақсатқа сәйкес келесі міндеттерді шешу қолға алынды:

- Көпкомпонентті байланыстырғыш зат пен күріш қауызы мен сабаны негізіндегі арболиттің оңтайлы құрамын анықтау үшін математикалық тәжірибені жоспарлау;
- Сығылған және иілген күріш қауызы негізіндегі қабырғалық тақталардың кернеулі күйін математикалық анықтау;
- Сығылған және иілген күріш қауызы негізіндегі қабырғалық тақталардың деформациялық күйін есептеу.

3 МАТЕРИАЛДАР МЕН ӘДІСТЕР

Өсімдік тектес ауыл шаруашылық қалдықтары негізіндегі арболит жасау технологиясы кәдімгі кеуекті бетон өндіру технологиясына ұқсас. Айырмашылығы - органикалық целлюлоза толтырғыштары ерекше материал ретінде барлық технологиялық процестерге өзгеріс енгізеді. Өсімдік тектес ауыл шаруашылық органикалық толтырғыштар негізіндегі арболит өндіру технологиясы төмендегі кезеңдерден тұрады:

- Органикалық толтырғыштардың түйіршіктеріне байланысты сұрыптап дайындау;
- Органикалық толтырғыштарды өңдеу;
- Арболиттің компоненттерін мөлшерлеу;
- Арболит араласпасын дайындау;
- Арболит араласпасын қалыпқа салып нығыздау;
- Қалыпталған тақталарды жылумен өңдеу;
- Жылы температурада бұйымды өңдеу;
- Дайын тақталарды қоймаға тасымалдау.

Арболиттің құрамына қосылатын өсімдік тектес ауыл шаруашылық органикалық толтырғыштар күрделі химиялық құрамымен ерекшеленеді. Көпкомпонентті байланыстырғыш зат негізіндегі арболит араласпасын дайындау процесінде органикалық толтырғыштар басқа компоненттермен араласады.

Беріктігіне байланысты көпкомпонентті байланыстырғыш зат негізіндегі арболит екі класқа бөлінеді: жылуөткізгіш В 0,35; В 0,75; В 1,0 және конструкциялық В 1,5; В 2,0; В 2,5; В 3,5. Қабырғалық материалдарды жасау үшін көпкомпонентті байланыстырғыш зат негізіндегі арболиттің құрамын математикалық әдіспен анықтау мақсат етілді. Мысалы, В 2,5 класты арболиттің құрамы ($\text{кг}/\text{м}^3$): портландцемент М500 - 330, органикалық толтырғыштар - 220, су - 390, кальций хлориді - 6,6. Минерализатор ретінде сұйық шыны және алюминий тұзы қосылған кешенді қоспалар қолданылады. Күріш қауызы мен сабаны негізіндегі арболиттің техникалық қасиеттерін жақсарту үшін байланыстырғыш заттың құрамына Қызылорда ЖЭО күлі қосылды (Uderbayev, 2008; Zhanatuly et al., 2024).

Күріш қауызы мен сабаны негізіндегі арболиттің орташа тығыздығы мен сығу беріктігі стандартты әдістермен анықталды. Арболиттің физикалық-механикалық қасиеттері технологиялық факторларға байланысты. Олардың негізгілері төмендегідей:

- Көпкомпонентті байланыстырғыш зат негізіндегі арболит құрамының оңтайлылығы;
- Бұйымды алудың оңтайландырылған технологиялық параметрлері;
- Көпкомпонентті байланыстырғыш зат негізіндегі арболиттің қатаю режимі.

Эксперименттерді орындау барысында кешенді физика-механикалық әдістер қолданылды. Күріш қауызы мен сабаны негізіндегі арболиттің негізгі қасиеттері МемСТ 25820-83 стандарты бойынша 10x10x10 см үлгілерін сынау арқылы анықталды. Ұсынылған технология бойынша дайындалған бұйымның су сіңірімділігін анықтау үшін 70x70x70 мм кубиктерде арболит үлгілері дайындалды. Зерттелетін үлгілер 48 сағат бойы қаныққан суда ұсталып, кейіннен стандартты әдіс бойынша су сіңірімділігі анықталды. Үлгінің су сіңірімділігі (% масса бойынша) мына формуламен есептеледі:

$$W = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100, \quad (1)$$

мұндағы, m – құрғақ үлгінің массасы, г; m_1 – суда қаныққан үлгінің массасы, г.

Орташа, нақты тығыздық пен кеуектілік құрылыс материалдарының физикалық жағдайын толығымен сипаттайды.

Орташа тығыздық - заттың табиғи күйіндегі салмағының көлем бірлігіне қатынасы. Өлшем бірлігі: г/см³, кг/м³.

$$\rho_o = \frac{m}{V_1} \quad (2)$$

мұнда m - заттың салмағы (г);

V_1 - материалдың жаратылыс күйіндегі көлемі, см³.

Кеуектілік – материал көлемінің ішкі бөлігін кеуектер алып жатқан бөлігін көрсететін шартты мән.

$$K = (1 - \frac{\rho_o}{\rho}) \cdot 100, \quad (3)$$

Мұнда, ρ_o – орташа тығыздық, г/см³; ρ – нақты тығыздық, г/см³.

Кеуектер құрылыс материалының құрылымында ұяшық түрінде орналасады. Өлшемі жағынан олар бірнеше миллиметрден миллиондаған бөліктік миллиметрге дейін барады.

Күріш қауызы мен сабаны негізіндегі арболиттің аязға төзімділік қасиеттері МемСТ 10060-87 құжатнамасының талаптарына сай анықталды.

Жасалған эксперименттік зерттеулердің нәтижелері бұл мәліметтердің шашыраңқылығы қалыпты орналастыру заңына (Гаусс заңы) сәйкес келетінін көрсетті. Материалдың қасиеттерінің сипаттамаларына орташа көрсеткіштер: орташа арифметикалық (M), шаршының орташа ауытқуы (δ) және орташа қателік (m) келесі формулалармен анықталды:

$$M = \Sigma V / n, \quad (4)$$

$$m = \pm \delta / \sqrt{n}, \quad (5)$$

$$\delta = \pm \sqrt{\Sigma x^2 / n - 1}, \quad (6)$$

мұндағы, ΣV – барлық нәтижелердің қосындысы; n – нәтижелердің саны; Σx^2 – орташа арифметикалықтан барлық шаршылардың ауытқуының қосындысы. Алынған нәтижелердің орташа мәндерін табу үшін тура анықтау әдісі қолданылды. Сол себепті эксперименттердің

саны 25-тен артық емес болды. Анықталатын орташа мәннің нақтылығын қамтамасыз ету үшін үлгілердің (n) санын алдын-ала белгілеп алу керек.

Арболит бұйымдары мен конструкциялары технологиясында қолданылатын көпкомпонентті байланыстырғыш заттың қасиеттерін зерттеуде көптеген құралдар қолданылды. Сонымен қатар, арболит үлгілерінің жылу өткізгіштік қасиеттері ИТП-МГ4 құралы арқылы анықталды.

4 НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУ

Қазіргі кезде құрылыс саласының едәуір дамуына байланысты құрылыс материалдарының қасиеттеріне, құрылымына және экологиялық-экономикалық тиімділігіне үлкен талаптар қойылып отыр. Өндіріс қалдықтарын қолдану барысында алынған құрылыс материалының сапасын төмендетпеуге ерекше назар аудару қажет. Бұл талаптардың көбісін қымбат портландцементтің орнына екіншілік минералдық өндіріс қалдықтарын қолдану арқылы шешуге болады.

Эксперименттер барысында көпкомпонентті байланыстырғыш зат пен күріш қауызы негізінде бірнеше арболит үлгілері дайындалды.

4.1 КӨПКОМПОНЕНТТІ БАЙЛАНЫСТЫРҒЫШ ЗАТ НЕГІЗІНДЕГІ АРБОЛИТТІҢ ОҢТАЙЛЫ ҚҰРАМЫН МАТЕМАТИКАЛЫҚ ТӘЖІРИБЕМЕН ЖОСПАРЛАУ ЖӘНЕ АНЫҚТАУ

Дайын бұйымның сапасы мен пайдалану көрсеткіштері қолданылатын шикізат материалдарының және барлық факторлардың физикалық-химиялық құрамын, қасиеттерін немесе құрылымына әсер ететін процестерді мұқият тексеру арқылы анықталды.

Көпкомпонентті байланыстырғыш пен күріш қауызы негізіндегі арболиттің оңтайлы құрамын анықтау мақсатында математикалық тәжірибелер жүргізілді. Яғни, 28 тәулікте ұсталған көпкомпонентті байланыстырғыш зат қосылған күріш қауызы мен оның майдаланған сабаны негізіндегі арболиттің сығу беріктіктері зерттелді.

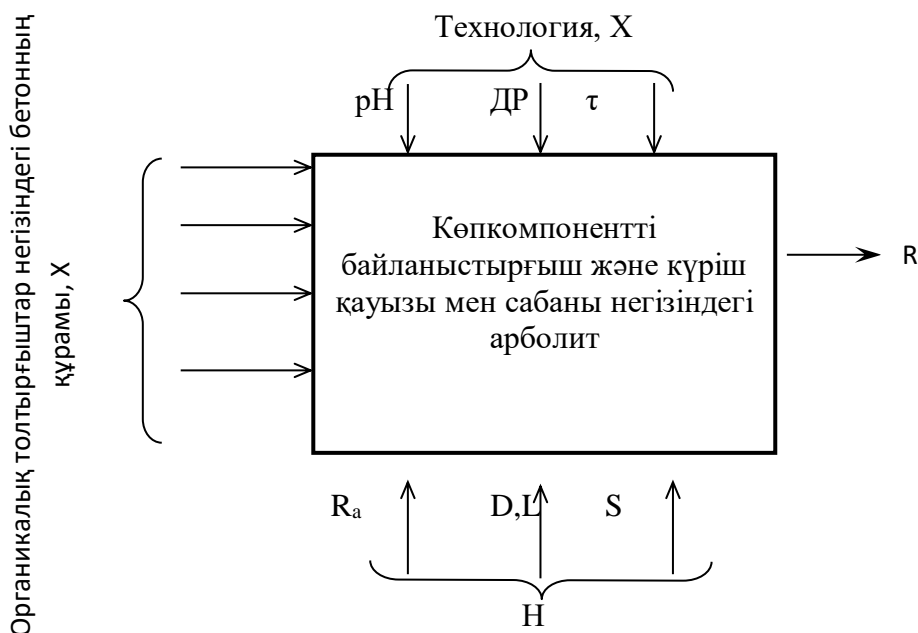
Көпкомпонентті байланыстырғыш пен күріш қауызы мен сабаны негізіндегі арболитті жүйе ретінде қарастырылды. Бұл жүйені зерттеу барысында оның сыртқы ортамен әсерлесуі және ішкі ортаның жеке элементтерімен әрекеттесуі есепке алынды. Математикалық тәжірибені жоспарлы орындау кезінде ішкі байланыс сызбасы жасалып, жүйе ену және шығу параметрлері бар (1 сурет) жүйе ретінде қарастырылды.

Осындай жағдай арқылы, бақылаусыз факторды – шу (Z) қоспағанда, математикалық моделді төмендегі (7) теңдеу жүйесіне келтіруге болады:

$$Y_i = \varphi_i(H, X) \quad (7)$$

Композициялық құрылыс материалы арболиттің механикалық қасиеттеріне цемент пен органикалық толтырғыш арасындағы қатынас әсер етеді. Сондықтан портландцемент пен күріш қауызы мен сабанының беріктігін анықтау үшін математикалық тәжірибені жоспарлау тәсілі қолданылып, арболиттің оңтайлы құрамы есептелді.

Көпкомпонентті байланыстырғыш зат пен күріш қауызы мен сабаны негізіндегі арболиттің оңтайлы құрамын таңдау математикалық тәжірибені жоспарлау арқылы жүргізілді. Белсенді параметр ретінде арболит үлгілерінің сығу беріктігі қабылданды.



1 - сурет – Көп компонентті байланыстырғыш және күріш қауызы мен сабаны негізіндегі арболиттің блок – схемасы. X – бақыланатын және реттелетін ену параметрі: pH – сілтілі орта; ДР – дайындау режимі; τ – ылғалдандыру уақыты, мин; Н – бақыланатын реттелмейтін ену параметрі: Ra – цементтің белсендігі, МПа; D және L – араластырғыш барабанның конструктивті өлшемдері, м; S – бастапқы заттың беттік үлесі, м²/кг; Y – шығу параметрі: R – арболиттің беріктігі. МПа; (авторлардың материалы)

Эксперименттік жұмыстарды келесі параметрлер тұрақты болып қабылданды:

- Судың цементке қатынасы;
- Араластыру режимі, ұнтақтау уақытын қоса енгізу, электролит құрамы және байланыстырғыш қоспасы массасында кернеу туындату.

Регрессия деңгейін және регрессия коэффициентін анықтау үшін төмендегі формула қолданылды:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2, \quad (8)$$

Мұндағы, $b_0, b_1, b_2, b_{11}, b_{22}, b_{12}$ – регрессияны теңестіру коэффициенттері;

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N} \quad (9)$$

$$b_j = \frac{\sum_{i=1}^N y_i x_{ji}}{N}, \quad (10)$$

Мұндағы, $j = 1, 2, 3$ – фактор номері

Регрессияны теңдеуі және коэффициенті төмендегідей болды:

$b_0 = 57,809, b_1 = 0,9177, b_2 = 0,5910, b_3 = 0,4750, b_4 = -1,4885, b_5 = -1,9407.$

Талдаудың коэффициент мәні сенімділік интервалына сәйкес құрылған, яғни жоғарыдағы (10) формула бойынша анықталады:

$$\Delta b_i = \pm t \sqrt{\frac{s_{\{y\}}^2}{N}}, \quad (11)$$

Мұндағы, t - Стьюдент критерийінің көрсеткіші, ал $s_{\{y\}}^2$ – бұл іске қосылу дисперсиясы, N – экспериментальдық тәсілдердің саны.

Коэффициент мәні сенімділік интервалының абсолютті биіктігінен үлкен болса, онда бұл мән коэффициенті болады. Біздің жағдайымызда, сенімділік интервалы $\Delta b_i = 0.698326657$ (Стьюдент критерийі бойынша $t_{\text{табл}} = 4.303$).

Алынған (11) моделінің барбарлығын тексеру Фишер критерийі бойынша анықталады:

$$F = \frac{s_{a\partial}^2}{s_{\{y\}}^2}, \quad (12)$$

Мұндағы, $s_{a\partial}^2$ — адекваттық дисперсиясы, ал $s_{\{y\}}^2$ — тәжірибені іске қосу дисперсиясы (сонымен қатар оны оңтайландырудың дисперсті параметрі деп те атайды), өз кезегінде (11) және (12) формулаларымен анықтаймыз.

$$s_{a\partial}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \Delta y_i^2}{f}, \quad (13)$$

Мұнда алымындағы – шаршының қалдық қосындысы, ал бөлімінде – кеңістік деңгейінің саны f . Тәжірибені жоспарлау барысында кеңістік деңгейінің саны барабар дисперсиясы үшін түрлі тәжірибе жұмыстарының санына тең болады. Алынған нәтижелер регрессия коэффициентін санау кезінде қолданылады. Біздің жағдайымызда, $f = 8 - 4 = 4$.

$$s_{\{y\}}^2 = \frac{\sum_{q=1}^N \sum_{i=1}^n (y_q - y_{cp})^2}{N(n-1)}, \quad (14)$$

Мұндағы, N - тәжірибе саны, n – әр бір тәжірибені қайталап қарау саны, нәтижелері.

Адекваттықты тексеру алынған моделді F – критерийі бойынша тексерілген, 14 алынған модельге тең болуы керек. 3 деңгейлі және 2 деңгейлі кеңістік саны кезінде кесте мәндерінде бөлімінде 5% үшін деңгей мәні 3,69 тең. $F_{\text{факт}} < F_{\text{кесте}}$ болғандықтан адекватты модел зерттелетін факторлардың белсендірілген байланыстырғыш беріктігіне байланысты сипатталады.

Күлді цементті байланыстырғыш мөлшерінің арболит беріктігіне әсерін мақаланың авторлары келесі жұмыста ([Uderbayev et al., 2022](#)) зерттеді. Осы бағытты жалғастыру үшін математикалық жоспарлауда шығу параметрлері, яғни сығу кезінде беріктік және тәжірибеде айнымалы факторлар ретінде портландцемент (X_1) және күріш қауызы (X_2) құрамдары алынған ([1 кесте](#)):

1 кесте

Зерттелетін факторлардың өзгеру деңгейі

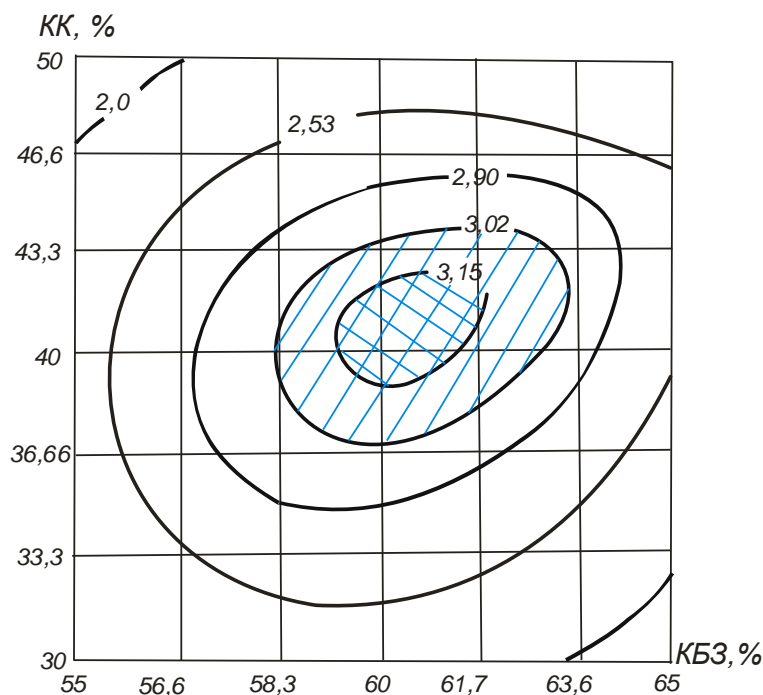
Зерттелетін факторлардың атауы	Код	Өзгеру деңгейі				
		-1,41	-1,0	0	+1,0	+1,41
Күріш қауызының мөлшері, масс. %	X1	30	32,91	40	47,09	50
Көпкомпонентті байланыстырғыш заттың мөлшері, масс. %	X2	55	56,45	60	63,55	65

2 кестеде кодирленген және натуральды ауыспалы жүргізілген тәжірибелердің жоспары және қорытындылары көрсетілген.

2 кесте

Жүргізілген тәжірибелердің жоспары және нәтижелері

№пп	Өзгеру деңгейі				Күріш қауызы, кг	Орташа тығыздығы, кг/м ³	28 тәуліктегі сығылып сынғандағы беріктігі, МПа
	Кодирленген ауыспалылық		Натуральды ауыспалылық				
	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂			
1.	+1	+1	47,09	63,55	2,83	821	3,22
2.	-1	+1	32,91	63,55	1,97	836	3,28
3.	+1	-1	47,09	56,45	2,83	817	2,95
4.	-1	-1	32,91	56,45	1,97	825	3,15
5.	+1,41	0	50	60	3	798	2,86
6.	-1,41	0	30	60	1,8	835	3,24
7.	0	+1,41	40	65	2,4	840	3,25
8.	0	-1,41	40	55	2,4	817	3,05
9.	0	0	40	60	2,4	812	3,22
10.	0	0	40	60	2,4	812	3,21
11.	0	0	40	60	2,4	809	3,22
12.	0	0	40	60	2,4	806	3,21



2 - сурет – Арболит үлгілері беріктігінің көпкомпонентті байланыстырғыш зат пен күріш қауызының құрамына тәуелділігі. KK – күріш қауызы; KB3 – көпкомпонентті байланыстырғыш зат. (авторлардың материалы)

Алынған эксперименттік нәтижелер екінші ретгі ротатабель жоспарын іске асыру екі ауыспалылық үшін математикалық моделді алуға мүмкіндік берді. Номограмманы және есептерді жүргізу арқылы келесі регрессия теңдеуі алынды:

$$R_{cbl} = 3,81 + 0,92X_1 + 0,59X_2 + 0,475X_1X_2 - 1,489X_1^2 - 1,941X_2^2 \quad (15)$$

Алынған номограмманы (2 сурет) талдасақ арболиттің оңтайлы құрамы келесіні құрады: күріш қауызы мөлшері 37-42%, ал көпкомпонентті байланыстырғыштың мөлшері 58-61 %-ды құрады.

4.2 СЫҒЫЛЫП ЖӘНЕ ИЛГЕН ҚАБЫРҒАЛЫҚ ТАҚТАЛАРДЫҢ КЕРНЕУЛІ КҮЙІН ЕСЕПТЕУ

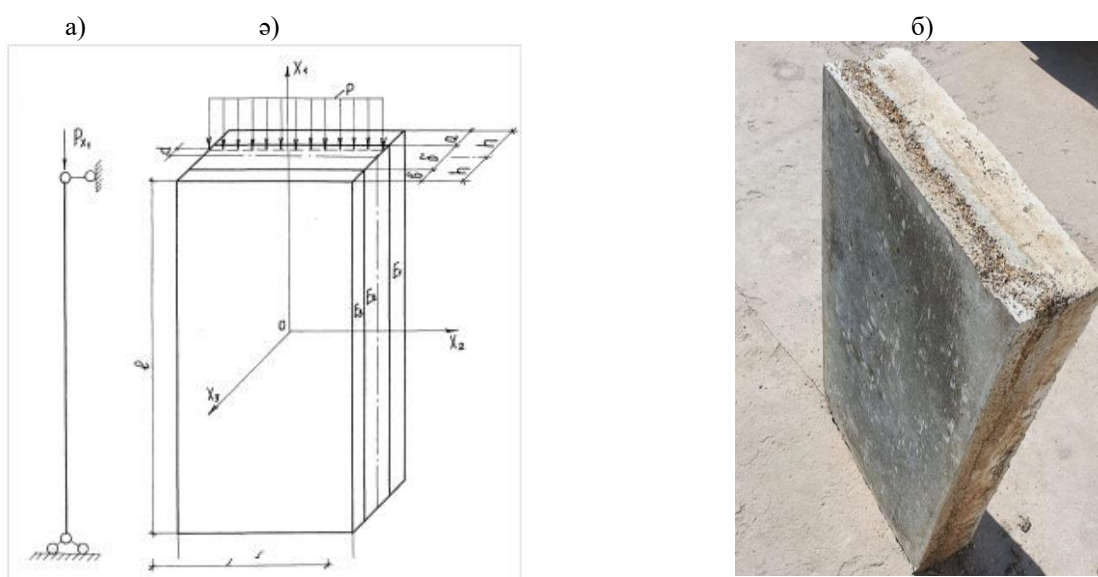
Тақтаның сығылып және иілген қабырғалық тақталардың кернеулі күйін есептеу үшін бір бетіне центрден тыс біркелкі бөлінген бойлық статикалық сызықтық жүктеме P әсерінен болатын үш қабатты тақта қарастырылды (Uderbayev et al., 2021).

Осы қабырғалық тақтаны сыналып, оның реакциясы статикалық шарттардан анықталады. Бұл жерде сызықтық жүктеме P болып табылады және сызықтық момент $M=Pd$ қабылданған.

Сыналатын тақтаның әр қабатындағы деформациялар мен кернеулер келесі 3а суретте көрсетілген. Онда берілген күштер мен моменттер арасындағы аналитикалық тәуелділіктерді анықтау сұрағы туындады. Оны анықтау үшін үшін сызықтық кернеулі жағдайы осіне декартты координаттары орта жазықтықта тақталарда белгіленді. Ал X_3 ось сызығы горизонталь осі бойынша көрсетілген. Бойлық сығу кезіндегі күріш қауызы негізіндегі үшқабатты тақтаның есептік схемасы (3 сурет) көрсетілген.

Күріш қауызы мен оның сабаны негізіндегі тақтадағы қабаттарды изотропты деп қабылданды. Олардың негізгі осьтері координаталық осьтерге сәйкес. Біркелік жүктеме түрі үшін және көлденең тангенс кернеулерді және қалыпты кернеуді нөлге тең деп санаймыз. Тақтаның кернеулі күйін сипаттайтын басқа параметрлер X_3 координатасының кейбір белгісіз функциялары болып табылады. Сондықтан оларды анықтап табу қажет.

Төменде келтірілген формулаларда келесідей шартты белгілер қабылданған. Қабырға тақтасының қалыңдығы мен бетон қабаттарының қалыңдығы. Ортада күріш қауызы мен оның сабаны негізіндегі арболиттен жасалған жылытқыш қабылданған. E_1 және E_3 - бетон қабаттарының серпімділік модульдері, МПа; E_2 - арболит қабатының серпімділік модулі, МПа.



3 - сурет – Вертикалды орналасқан күріш қауызы мен сабаны негізіндегі үшқабатты тақтаның есептік схемасы: а-жүктеме күштерінің схемасы; ә-тақтаның есептік схемасы; б) – тақтаның көрінісі (авторлардың материалы).

Тақтаның сығылып және иілген қабырғалық тақталардың кернеулі күйін есептеу үшін жұмыста келтірілген тангенциалды кернеулер, иілу моменттері, деформациялар және деформациялар арасындағы байланысты сипаттайтын теңдеулер пайдаланылды. Мұнда тангенциалды кернеулерге арналған формулалар келесі формада болады:

$$\sigma_{11} = \frac{E}{1-\nu^2} \left(e_{11} + \nu \cdot e_{22} - \nu \cdot x_3 \frac{d^2 w}{dx_2^2} - x_3 \frac{d^2 w}{dx_1^2} \right) \quad (16)$$

$$\sigma_{12} = 2 \cdot \nu e_{12} - 2 \cdot x_3 \cdot \frac{d^2 w}{dx_1 \cdot dx_2} \quad (17)$$

Есептеуде Р жүктемесі қолданылатын тақтаның бүйір өлшемі тақтаның ұзындығынан әлдеқайда төмен болса ($f \ll 1$), $e_{22} = e_{11} = 0$ деформациясы қабылданды. Тақтаның иілуі X_1 осі бойымен жүреді, осы ескертулерді ескере отырып, келесі есептеулер алынды:

$$\sigma_{11} = \frac{E}{1-\nu^2} \left(e_{11} - \nu - x_3 \cdot \frac{d^2 w}{dx_1^2} \right); \quad (18)$$

$$\sigma_{11} = \frac{\nu E}{1-\nu^2} \left(e_{11} - \nu - x_3 \cdot \frac{d^2 w}{dx_1^2} \right) = \nu \sigma_{11} \quad (19)$$

Тәуелділікті (19) X_3 координатасы бойынша $\{-h, h\}$, содан кейін (19) X_3 қабылданды. Көрсетілген шектерді қосу арқылы тангенциалды күштер мен моменттер үшін төмендегі формулалар алынды:

$$T = C \cdot e_{11} - K \cdot \frac{d^2 w}{dx_1^2}; \quad (20)$$

$$M = K \cdot e_{11} - D \cdot \frac{d^2 w}{dx_1^2}; \quad (21)$$

Мұнда:

$$C = \int_{-h}^h \frac{E(x_3) dx_3}{1-\nu^2(x_3)}; K = \int_{-h}^h \frac{x_3 E(x_3) dx_3}{1-\nu^2(x_3)}; D = \int_{-h}^h \frac{x_3^2 E(x_3) dx_3}{1-\nu^2(x_3)}; \quad (22)$$

$$T = \int_{-h}^h \sigma_{11} dx_3; M = \int_{-h}^h x_3 \sigma_{11} dx_3; \quad (23)$$

Қойылған шарт бойынша $f \ll 1$ $\sigma_{22} = 0$ қабылдаймыз. Содан кейін (16) және (17) теңдеулерден табамыз:

$$e_{22} = -\nu \cdot \left(e_{11} - x_3 \frac{d^2 w}{dx_1^2} \right); \quad (24)$$

$$\sigma_{22} = E \left(e_{11} - x_3 \frac{d^2 w}{dx_1^2} \right). \quad (25)$$

Жоғарыда келтірілген тәуелділік үшін (25) тәуелділік үшін (19) формулаға есептеулер жүргізгеннен кейін келесі формулалар алынады:

$$T = C \cdot e_{11} - K \frac{d^2 w}{dx_1^2}; \quad (26)$$

$$(27) \quad M = K \cdot e_{11} - D \frac{d^2 w}{dx_1^2};$$

$$\frac{dM}{dx_1} = 0; \frac{dT}{dx_2} = 0; \quad (28)$$

Осыдан шығады келесі:

$$T = P; \quad M = P \cdot d \quad (29)$$

(29) арақатынаста (21), (22) теңдік алынады:

$$P = C \cdot e_{11} - K \frac{d^2 w}{dx_2^2}; \quad (30)$$

$$P \cdot d = K \cdot e_{11} - D \frac{d^2 w}{dx_1^2}; \quad (31)$$

Алынған теңдеулер (31), (32) қолдану арқылы келесі теңдеу алынды:

$$e_{11} = P \frac{D-d \cdot k}{K^2 - CD}; \quad \frac{d^2 w}{dx_1^2} = P \frac{K-d \cdot C}{K^2 - CD}. \quad (32)$$

Алынған формула бойынша тақтаның қалыңдығы бойынша X_1 осі бойымен орналасқан тангенциалды кернеулердің қалай таралатыны анықталды. Алынған формулалар мен есептеулер кезінде күріш қауызы мен оның сабаны негізіндегі арболиттен орташа жылытқыш қабаты бар қабатты қабырғалық тақталардың көтергіш қабілетін есептеуге болады.

Эксперименттерді орындау барысында күріш қауызы мен оның сабаны негізіндегі арболиттен жасалған ішкі жылу оқшаулағыш қабаты бар қабырғалық тақтаның сығылу және иілу кезіндегі кернеулі деформацияланған күйін есептеу жүргізілді. Яғни, қабырға тақтасының бойлық осі бойындағы тангенциалды кернеулерді оның қалыңдығымен анықтауға және қабырғалық тақтаның ортасынан иілуін және бойлық жүктеменің әсерін есептеуге болатыны көрсетілді.

5 ҚОРЫТЫНДЫЛАР

Арболиттік бұйымдарды өндіру үшін конвейерлік тәсілмен дайындалатын престелетін арболиттің белгілі технологиясы эксперименттерде қолданылды. Сапалы арболиттік бұйымдарды алу мақсатында технологиялық параметрлер мен қалыптаудың оңтайлы шарттары анықталды.

Көпкомпонентті байланыстырғыш зат және күріш қауызы мен оның сабаны негізіндегі арболиттің сығу кезіндегі беріктігін анықтау нәтижелері: тығыздығы 800 кг/м^3 болған беріктігі $3,03 \text{ МПа}$ құрайды. Көпкомпонентті байланыстырғыш зат және күріш қауызы мен сабаны негізіндегі арболиттің су сіңіргіштігі 24% , ал жылу өткізгіштігі $\lambda=0,18-0,19 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$ -қа тең болды. Алынған көпкомпонентті байланыстырғыш зат негізіндегі арболиттің аязға төзімділігі жоғары – $30-35$ циклді құрады.

Эксперименттерді орындау кезінде математикалық жоспарлау әдістері пайдаланылып, оңтайлы құрамдағы күріш қауызы мен оның сабаны негізіндегі арболит үлгілері жасалды. Арболиттің сығу беріктігінің қосылатын шикізат компоненттерінің шығындарына және оның тығыздығына тәуелділігі анықталды. Күріш қауызы негізіндегі жылу оқшаулағыш арболиттің құрамы оңтайландырылды. Күріш қауызы мен оның сабанына негізделген В1 класты арболиттен жасалған жылу оқшаулағыш қабаты бар қабырғалық тақтаның кернеулі және деформацияланған күйін есептеу әдісі жасалды.

Арболиттік қабырғалық тақтаның бойлық осі бойымен тангенциалдық кернеулердің оның қалыңдығы бойынша таралуы анықталды. Сонымен бірге, орталықтан тыс түсетін бойлық жүктеменің әсерінен тақтаның ауытқуларын анықтау үшін формулалар алынды. Арболиттік қабырғалық тақтаны есептеудің эксперименттік ұсынылған әдісі тексеріліп, расталды. Есептелген мәліметтер бойынша арболиттік конструкцияларды сынау нәтижелері бойынша алынған қателіктерге талдау жасалды. Бұл алынған мәліметтердің көмегімен жүктемелердің таралу аумағын анықтауға болады деген тұжырым жасауға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. **Marques, B., Tadeu, A., Almeida, J., & António, J.** (2019). Experimental characterisation of cement-based composites with rice husk. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 2(14), 147-153. <https://doi.org/10.2495/DNE-V14-N2-147-153>
2. **Marques, B., Almeida, J., Tadeu, A., António, J., Santos, M. I., de Brito, J., & Oliveira, M.** (2021). Rice husk cement-based composites for acoustic barriers and thermal insulating layers. *Journal of Building Engineering*, 39, 102297. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2021.102297>
3. **Romasanta, R. R., Sander, B. O., Gaihre, Y. K., Alberto, M. C., Gummert, M., Quilty, J., Nguyen, V. H., Castalone, A. G., Balingbing, C., Sandro, J., Correa, T. & Wassmann, R.** (2017). How does burning of rice straw affect CH₄ and N₂O emissions? A comparative experiment of different on-field straw management practices. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 239, 143–153. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.12.042>
4. **Bisht, N., Gope, P. C., & Rani, N.** (2020). Rice husk as a fibre in composites: A review. *Journal of the Mechanical Behavior of Materials*, 29(1), 147-162. <https://doi.org/10.1515/jmbm-2020-00159>
5. **Yu, X., & Xu, H.** (2014). Lightweight composites reinforced by agricultural byproducts. In *ACS Symposium Series* (Vol. 1175). <https://doi.org/10.1021/bk-2014-1175.ch012>
6. **Grünwald, T., Ostrowski, S., Petutschnigg, A., Musso, M., & Wieland, S.** (2012). Structural analysis of wood-leather panels by Raman spectroscopy. *BioResources*, 7(2), 1431–1439. <https://doi.org/10.15376/biores.7.2.1431-1439>
7. **Youngquist, J. A., Krzysik, A. M., English, B. W., Spelter, H. N., & Chow, P.** (1996). Agricultural fibers for use in building components. *Proceedings of the Conference on the Use of Recycled Wood and Paper in Building Applications*, 123–134.
8. **Yao, F., Wu, Q., Lei, Y., & Xu, Y.** (2008). Rice straw fiber-reinforced high-density polyethylene composite: Effect of fiber type and loading. *Industrial Crops and Products*, 28(1), 63–72. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.01.007>
9. **Chabi, E., Doko, V. K., & Adjovi, E. C.** (2024). Eco-friendly building materials: full-scale replacement of mineral aggregates with rice husk. *Discover Materials*, 4(1), 11-21. <https://doi.org/10.1007/s43939-024-00075>
10. **Chabannes, M., Bénézet, J.-C., Clerc, L., & Garcia-Diaz, E.** (2014). Use of raw rice husk as natural aggregate in a lightweight insulating concrete: An innovative application. *Construction and Building Materials*, 70, 428–438. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.07.025>
11. **Sisman, C. B., Gezer, E., & Kocaman, I.** (2011). Effects of organic waste (rice husk) on the concrete properties for farm buildings. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 17(1), 40-48.
12. **Kazimagomedov, I., Kazimagomedov, F., Butnik, S., Viatkin, V., & Hovorukha, I.** (2023). Study of the properties of arbolite based on hemp shives and ferroalloy industry wastes. *AIP Conference Proceedings*, 2490(1). <https://doi.org/10.1063/5.0122743>
13. **Singh, S., Maiti, S., Bisht, R. S., Balam, N. B., Solanki, R., Chourasia, A., & Panigrahi, S.** (2022). Performance behaviour of agro-waste based gypsum hollow blocks for partition walls. *Scientific Reports*, 12(1), 3204. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07057-y>
14. **Uderbayev, S. S.** (2008). Monograph: "Effective building material – arbolite based on agricultural waste" [Jeffektivnyj stroitel'nyj material arbolit na osnove sel'skohozjajstvennyh othodov]. Almaty: Gylym. (In Russ.).
15. **Zhanatuly, S., Uderbayev, S. S., Zhapakhova, A. U., & Zhakapbayeva, G. A.** (2024). Investigation of the issue of increasing the strength of arbolite based on a multicomponent binder [Kopkomponentti bajlanystyryfsh zat negizindegi arbolittiң beriktigin koteru мәsesin zertteu]. *BULLETIN of Kazakh Leading Academy of Architecture and Construction*, 1(91), 76-93. <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2024.1-05> (In Kaz).
16. **Uderbayev, S. S., Zhanatuly, S., & Akbarov, S. M.** (2022). Influence of activation methods of ash-cement binder on the strength of arbolite products. [Vlijanie sposobov aktivacii zolocementnogo vjazhushhego na prochnost' arbolitovyh izdelii]. *Proceedings of the XVII*

international scientific and Practical Conference, "European science of the XXI century-2022", 3, Przemysł: Science and studies, pp. 42-46. (In Russ).

17. **Uderbayev, S. S., Sadirslam, A. A., Zhanatuly, S., & Onaibekov, B. K.** (2021). Features of the use of arbolite walls based on rice husk. XV International scientific and practical conference [Қырғиш қауызы негізіндегі арболиттен жасалған қабырғаларды пайдалану ерекшеліктері]. Global science and innovation 2021: Central Asia, Series "Technical Sciences". Nursultan, 4(15), 55-60. (In Kaz).