

FTAMP 67.09.31

А.А. Сағындықов¹ – негізгі автор, | ©
Ж.Е. Ескермесов², А.О. Меирманов³, Ә.Ф. Қарқымбаев⁴



¹Техн.ғылым. д-ры, профессор, ²PhD, доцент, ³Магистр, ⁴Магистрант

ORCID

¹<https://orcid.org/0000-0002-1812-5739> ²<https://orcid.org/0000-0001-6464-2748>

³<https://orcid.org/0009-0002-2801-9638> ⁴<https://orcid.org/0009-0006-7940-1385>



^{1,2,3,4}М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті,



Тараз қ., Қазақстан Республикасы



¹ernur.abutalipov98@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/WMGU7554>

КҮЛ-ҚОЖ ҚОСПАЛЫ КОНСТРУКЦИЯЛЫҚ ФИБРОКӨБІКБЕТОН

Аңдатпа. Автоклавты емес фиброкөбікбетонға арналған шикізат материалдары І 42,5 Н ЦЕМ портландцементі, күл-қож қоспасы, ПБ-2012 көбіктендіргіші, полипропилен талшықтары болып таңдалды. Полипропилен талшығының мөлшерінің шөгу көрсеткішіне, иілу және сығылғандағы беріктігіне әсері зерттелді. Орташа тығыздығы 1144-1160 кг/м³, сығылу беріктігі 4,7-5,1 МПа, иілу беріктігі 2,5-2,8 МПа болатын құрылымдық фиброкөбікбетон алынды. Автоклавсыз фиброкөбікбетонның шикізат құрамына полипропилен талшығын енгізу шөгу деформациясының 16-23% төмендеуіне әкеледі. Құрамында көлемі бойынша 0,1-0,3% мөлшерінде полипропилен талшығы бар үлгінің 1,3-1,4 мм/м-ге тең ең шөгу деформацияларымен сипатталады.

Тірек сөздер: полипропилен талшығы, талшықты көбікті бетон, күл қож қоспасы, шөгу, иілу, сығылу беріктігі.



Сағындықов, А.А. Күл-қож қоспалы конструкциялық фиброкөбікбетон [Мәтін] / А.А. Сағындықов, Ж.Е. Ескермесов, А.О. Меирманов, Ә.Ф. Қарқымбаев // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №1(83). – Б.83-89. <https://doi.org/10.55956/WMGU7554>

Кіріспе. Автоклавсыз көбік бетондар өзінің қарапайымдылығымен және арзан бағасымен ерекшеленіп, көптеген жылу сақтағыш материалдармен бәсекелесе алады. Сапаны тұрақты қадағалағанда, ғылыми жетістіктерді қолданғанда пайдалану сипаттамалары жоғары құрылыс материалын алуға болады. Ұялы бетондардың көптеген түрлерінің ішінде оған ұқсас материалдармен салыстырғанда беріктігі мен соққыға төзімділігі жоғары, жылу өткізгіштігі төмен және дыбысты сіңіру қабілеті жоғары автоклавты емес фиброкөбікбетонды атауға болады. Көптеген авторлардың еңбектерінде көбік бетонды жылу оқшаулағыш немесе жылу оқшаулағыш-құрылымдық қабырға және құрылымдық материал ретінде энергияны үнемдейтін тұрғын үй құрылысында қолданудың орындылығы мен пайдасы дәлелденді [1-4].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеудің мақсаты – тығыздығы 1120-1160 кг/м³ күл шлак қоспалы және полипропилен талшықты конструкциялық фиброкөбікбетонның құрамдарын таңдау және физикалық-механикалық қасиеттерін анықтау.

Байланыстырғыш. Тығыздығы жоғары фиброкөбікбетон үшін тұтқыр зат ретінде «Мыңарал цемент» зауытының (Жамбыл облысы) І 42,5 Н ЦЕМ портландцементі қолданылды. Цемент МЕМСТ 31108 бойынша сертификатталған.

Толтырғыш. Көбік пленкаларын брондау және тұрақты ұсақ кеуекті құрылымды құру үшін ұсақ толтырғыштарды қолдану қажет. Мұндай толтырғыштарға ұсақ кварц құмы, ұлпа күл, гранитті қиыршық тасты ұсақтау қалдықтары, минералды ұнтақ, микрокремнезем жатады. Ірі құм мен цементпен араласқанда, мұндай толтырғыштар ауа көпіршігі мен қатты фаза арасындағы берік шекара жасайды. Фиброкөбікбетон технологиясында шикізат қоспасындағы шөгуде деформацияларын азайту үшін жұқа дисперсті толтырғыш пен ірі бөлшектердің қоспасын қолдану керек. Мұндай толтырғыш ретінде күл-кож қоспасын қолдануға болады.

Зерттеу нысандары ретінде Екібастұз көмірін жағудан Алматы ЖЭО-2 күл-кож қоспасы (КҚК) таңдалды. Алматы ЖЭО-2 КҚК құрғақ, борпылдақ, үлпек тәрізді сұр түсті ұнтақ болып табылады. КҚК-ның шамамен 70%-ы күл, ал 30%-ы кож құрайды. КҚК қалдығында түйіршіктер қара, сфералық түрінде кездеседі. КҚК химиялық инертті, улы емес, өрт қаупі жоқ, жарылысқа төзімді. МЕСТ 30108-94 және РКН – 99 І $A_{\text{тнм}}=96,7$ Бк/кг сәйкес радиациялық қауіпсіздік материалдарға жатады. Түйіршік құрамы келесі бөлшектерден құралған: 2,5мм-2,5%; 1,25мм-2,4%; 1,25мм-3,6%; 0,63мм-4,1%; 0,315мм-6,2%; 0,14мм-7,8%; 0,14мм кіші-74,4%.

Синтетикалық көбіктендіргіш – ТШ 2481-185-05744685-01 бойынша ПБ – 2012 маркалы болып таңдалды. ПБ-2012 физикалық-химиялық қасиеттері: 20°C-тағы тығыздығы 1000-1100 кг/м³, көбік көлемінің жалпы көбік ерітіндісіне қатынасы – 8; тұрақтылығы – 5% аспайды.

Арматуралық қоспалар. Арматуралық талшықтарға бірқатар талаптар қойылады, олардың химиялық төзімділік және бетонның серпімділік модуліне қатысты талшықтың серпімділік модулі жоғары болуы тиіс. Ұялы бетон үшін ең қолайлы болып табылатын синтетикалық талшықтардың серпімділік модулі ұялы бетонның серпімділік модулінен 2-3 есе жоғары [5]. Шикізат қоспасына ТШ 5743-001-33181456 бойынша полипропилен талшығы енгізілді.

Ф.Н. Рабинович бойынша полипропилен талшықтардың сипаттамасы 1-кестеде келтірілген. Салыстыру үшін: ұялы бетонның серпімділік модулі – 3000 МПа, ауыр бетонның – 30000 МПа.

Кесте 1

Полипропилен талшықтарының сипаттамасы

Диаметрі, мм	Ұзындығы, мм	Тығыздығы, г/см ³	Үзілгендегі ұзару, %	Созылудағы беріктік, МПа	Юнг модулі, МПа
0,018	12,0	0,9	10-25	400-770	3500-8000

Күл-кож қоспасы негізінде фиброкөбікбетонның құрамын есептеу әдістемелік нұсқауларға сәйкес жүргізілді [5]. Көбік бетонның жұмыс құрамы одан әрі түзетілген жағдайда негіз ретінде алынды. Зертханалық илеу кезінде көбік мөлшері қоспаның есептік тығыздығына жеткенше енгізілді. Талшықты арматураның мөлшері өндірушілердің ұсыныстарына және бағасына сәйкес таңдалды.

Зертханалық илеу көбік бетон араластырғышта жүзеге асырылады, онда компоненттерді араластыру механикаландырылған. Су, цемент және КҚК қоспасын араластырумен қатар көбік көбіктендіргіштің жұмыс ерітіндісінен жасалды. Біркелкі құрылымы бар көбік бетонын алу үшін көбікті ерітінді қоспасымен мұқият араластыру керек. Көбік бетон массасы түсі біркелкі болған кезде дайын болып саналады және оның бетінде көбік іздері пайда болмайды. Көбікті мөлшерлеу көбік бетон қоспасының қажетті көлеміне жеткенге дейін жүзеге асырылады. Талшық суға немесе тікелей көбік бетон қоспасына енгізіледі. Көбік пен көбік бетон қоспасының тығыздығын реттеу таразы мен өлшеуіш ыдыстың көмегімен жүзеге асырылады. Араластырғаннан кейін дайындалған көбік бетон қоспасы алдын ала жұқа қабат маймен майланған стандартты қалыптарға құйылады. Кубик үлгілері қалыпты жағдайда бір күн, содан кейін 80°C температурада бу камерасында тағы 8 сағат сақталады. Полипропилен талшықтары үлгінің көлеміне біркелкі бөлінеді және химиялық төзімділікке ие.

Зерттеу нәтижелері. Минималды шөгу деформациялары бар көбік бетонның оңтайлы құрамын анықтау үшін әртүрлі шикізат құрамдарын алдын-ала сынау жүргізілді.

Тұтқыр заттың шөгу деформациясына әсері. Тәжірибе барысында сығылу беріктігін сынау және кептіру кезінде шөгуді анықтау үшін көбікбетон мен фиброкөбікбетонның стандартты үлгілері жасалды. № 1-6 үлгілер тығыздығы 1120-1160 кг/м³ көбік бетонындағы портландцемент пен талшық құрамының шөгу деформацияларына әсерін зерттеуге арналған. ПБ-2012 көбіктендіргіші кеуек түзетін зат ретінде қолданылды. Көбіктің тығыздығы 120 г/л. Су-қатты зат (С/К) қатынасы 0,24-0,26 аралығында өзгертілді. Қоспалардың құрамы және үлгілерді сынау нәтижелері 2-кестеде келтірілген. Үлгілердің шөгу деформацияларының уақыт бойынша өзгеру графигі 1-суретте көрсетілген.

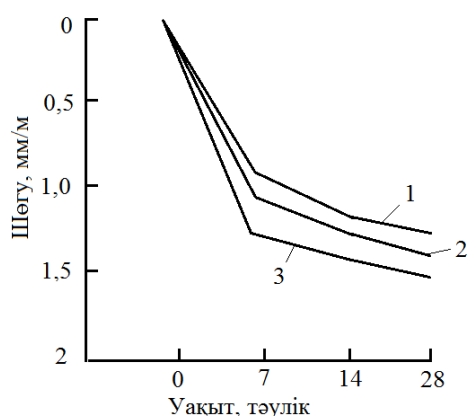
Кесте 2

Қоспалардың құрамы және үлгілерді сынау нәтижелері

№	Цемент, кг/м ³	КҚК, кг/м ³	Фибра, % көлем	С/К	Орташа тығыздық, кг/м ³	Сығылғандағы беріктік, МПа
1	320	740	0	0,24	1136	3,1
2	320	740	0,1	0,24	1144	4,0
3	320	740	0,2	0,24	1152	4,9
4	340	720	0	0,26	1142	3,3
5	340	720	0,1	0,26	1149	4,2
6	340	720	0,2	0,26	1160	4,8

Талшықсыз үлгілер (№ 1 және №4) шөгудің ең үлкен деформациясын көрсетті. Құрамында 320 және 340 кг цемент және көлемі бойынша 0,2% талшық бар № 3 және №6 үлгілер тығыздығы 1152-1160 кг/м³ фиброкөбікбетонның қалған құрамдарымен салыстырғанда кішірейетін деформациялармен ерекшеленеді.

Талшықты арматура цементтің жоғары құрамымен де фиброкөбікбетонның шөгуін азайтуға мүмкіндік береді. Үлгілер сериясының сынақтарына сүйене отырып, массасы бойынша талшық көлемін көбейту және цемент шығынын азайту кезінде автоклавсыз көбік бетонының шөгу деформацияларының төмендеуі туралы қорытынды жасауға болады.



1 – фибра мөлшері - 0,3%; 2 – 0,2 %; 3 – 0,1%

Сурет 1. Шөгү деформацияларының кату уақытына байланысты өзгеруі

Бұрын алынған мәліметтерге сәйкес [5], талшықты енгізу көбіктің тұрақтылығын арттырады. Алынған мәліметтерге сәйкес, талшықты оның түріне қарамастан енгізу таза байланыстырғышпен салыстырғанда жүйелердің бастапқы тұтқырлығын төмендетеді. Атап айтқанда тек қана цементтен тұратын қоспаға талшықты енгізу жүйенің тұтқырлығын 1,8 есе төмендетеді [4-5]. Сақтаудың алғашқы 14 күнінен кейін үлгілердің ылғалдылығы салмағы бойынша 11-ден 2%-ға дейін төмендейді. Бұл уақытта максималды шөгү деформациялары тіркеледі. Қатайтылған бетон кеуектердің капиллярлық жүйесіндегі ылғалдылықтың өзгеруіне байланысты көлемде өзгереді. Кептіру кезінде шөгудің басты себебі – бос судың булануы болып табылады.

Толтырғыштардың шөгү деформацияларына әсері. Тығыздығы 1135-1152 кг/м³ көбік бетон үлгілері күл-қож қоспасының әртүрлі мөлшерімен 700, 720 және 740 кг/м³ жасалынды. Арматуралық қоспа ретінде көлемі бойынша 0,2% полипропилен талшығы қолданылды. Қоспалардың құрамы және үлгілерді сынау нәтижелері 3-кестеде келтірілген.

Кесте 3

Қоспалардың құрамы және үлгілерді сынау нәтижелері

№	Цемент, кг/м ³	КҚҚ, кг/м ³	Фибра, % көлем	С/Қ	Орташа тығыздық, кг/м ³	Сығылғандағы беріктік, МПа
1	320	700	0,2	0,24	1135	4,1
2	320	720	0,2	0,24	1147	4,5
3	320	740	0,2	0,24	1152	4,9

Үлгілер сериясын сынау негізінде күл-қож қоспасының ең аз мөлшері бар үлгілердің ең аз шөгү деформациялары туралы қорытынды жасауға болады. Бұл жағдайда көбік бетон қоспасының ішінара отыруына байланысты қажетті тығыздыққа қол жеткізу қиын. Күл-қож қоспасының мөлшері ұлғайған және шикізат қоспасындағы су-қатты зат қатынасы азайған кезде көбік-бетон үлгілерінің шөгуді төмендейді.

Әрі қарай зерттеу үшін қажетті беріктік сипаттамаларын ескере отырып, цементтің минималды шығынымен сипатталатын шикізат құрамы таңдалды. Бұл құрамдарда цемент шығыны 320 кг/м³ және КҚҚ шығыны 720 кг/м³.

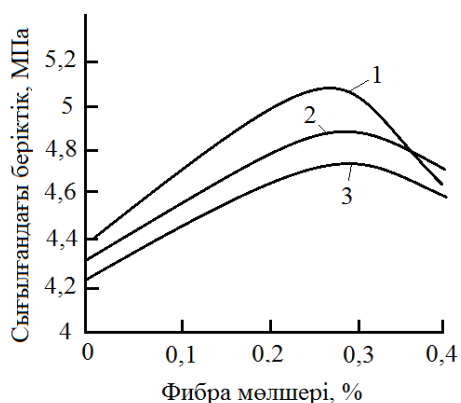
Фиброкөбікбетонның шөгуді деформацияларына арматуралық талшықтардың әртүрлі мөлшерінің әсері. Тығыздығы 1160 кг/м³ арматураланған фиброкөбікбетонның стандартты үлгілері сығымдау және иілу беріктігін сынау, кептіру кезінде шөгуді анықтау үшін әртүрлі полипропилен талшығының құрамымен жасалды. Үлгілер сериясында көлемі бойынша 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 % талшық бар. Талшық дайын көбік бетон қоспасына енгізілді. Қоспалардың құрамы 4- кестеде келтірілген.

Кесте 4

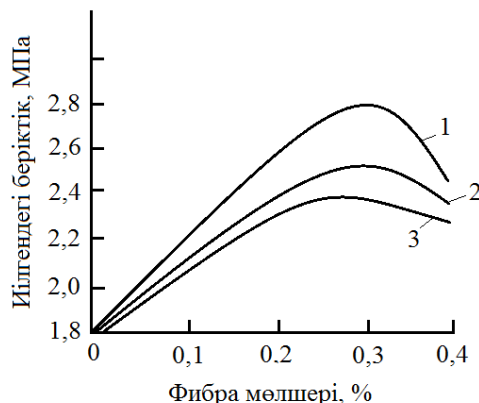
Полипропилен талшықтары мөлшерінің көбік бетонның физика-механикалық қасиеттеріне әсері

№	Цемент, кг/м ³	КҚҚ, кг/м ³	Фибра, % көлем	С/Қ	Орташа тығыздық, кг/м ³	Сығылғандағы беріктік, МПа
1	320	740	0	0,24	1136	3,1
2	320	740	0,1	0,24	1144	4,0
3	320	740	0,2	0,24	1152	4,9
4	320	740	0,3	0,24	1156	5,1
5	320	740	0,4	0,24	1160	4,5

Полипропилен фибрасынан көбік бетонның сығу және иілу беріктігінің тәуелділік графиктері 2-ші және 3-суреттерде көрсетілген.



1 – фибра мөлшері - 0,3%;
2 – 0,2%; 3 – 0,1%



1 – фибра мөлшері - 0,3%;
2 – 0,2%; 3 – 0,1%

Сурет 2. Фиброкөбікбетонның сығу беріктігінің полипропилен талшықтардың мөлшеріне тәуелділігі

Сурет 3. Фиброкөбікбетонның иілу беріктігінің полипропилен талшықтардың мөлшеріне тәуелділігі

Ғылыми нәтижелерді талқылау. Фиброкөбікбетонның моноарматураланған үлгілерінің сериясын сынау негізінде сығу беріктігінің шамалы өзгеруі туралы қорытынды жасауға болады.

Автоклавсыз фиброкөбікбетонның шикізат құрамына полипропилен талшығын 0,1-0,3% мөлшерде енгізу шөгуді деформациясының 15-24% төмендеуіне әкеледі. Құрамында 0,3% мөлшерінде полипропилен талшығы бар үлгілер 1,4 мм/м-ге тең ең аз шөгуді деформацияларымен сипатталады.

Цементті, күл-қож қоспасын және полипропилен талшығын ортақ пайдалану талшықты компоненттің түріне қарамастан таза көбікті

пайдаланғандағы көрсеткіштен 2,1 есе жоғары тұрақты көбік жүйесінің қалыптасуын қамтамасыз етеді.

Қорытынды. Полипропилен талшықтары көбік бетонның шөгуін азайтып, жарықша төзімділігін және беріктігін жоғарылатады. Талшықтар кеуектердің құрылымын өзгертіп, оларды жабық түрге айналдырады. Фиброкөбік бетонның оңтайлы құрамы: цемент – 320-340 кг/м³, күл қож қоспасы – 720-740 кг/м³, полипропилен талшығы – 0,2-0,3%, көбіктендіргіш – 1,5 л. Күл қож қоспасын пайдаланумен тығыздығы 1120-1160 кг/м³, сығу беріктігі 4,7-5,1 МПа, иілу беріктігі 2,5-2,8 МПа сейсмикалық төзімді қабырға конструкцияларында қолдануға жарамды фиброкөбікбетон алынды.

Әдебиеттер тізімі

1. Mestnikov, A. Semenov, S., Strokova, V., Nelubova, V. Autoclave foam concrete: Structure and properties // AIP Conference Proceedings. – 2016. – Vol. 1698, – P. 070010.
2. Федоров, В.И. Модификация технической пены для монолитного пенобетона введением вторичной целлюлозной фибры [Текст] / В.И. Федоров, А.Е. Местников // Промышленное и гражданское строительство. – 2018. – № 1. – С. 48-52.
3. Кодзоев, М.-Б.Х. Ячеистый бетон, армированный минеральными волокнами [Текст] / М.-Б.Х. Кодзоев // Бюллетень науки и практики. – 2017. – № 10. – С.134-137.
4. Баранова А.А., Боброва А.А. Дисперсное армирование ячеистого и мелкозернистого бетонов на основе микрокремнезема [Текст] / А.А. Баранова, А.А. Боброва // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2019. – Т.9, №4. – С.694-703. http://journals.istu.edu/izvestia_invest/journals/2019/31/articles/02?view=0 (дата обращения: 04.03.2022).
5. Моргун, Л.В. Технология производства и применение фибробетона в строительстве [Текст] / Л.В. Моргун, В.Н. Моргун // Строительные материалы. – 2005. – №8 (608). – С. 34-38.

Материал редакцияға 22.12.23 түсті.

А.А. Сағындықов¹, Ж.Е. Ескермесов¹, А.О. Меирманов¹, А.Г. Карқымбаев¹

¹Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати, г.Тараз, Казахстан

КОНСТРУКЦИОННЫЙ ФИБРОПЕНОБЕТОН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗОЛОШЛАКОВОЙ СМЕСИ

Аннотация. Сырьевыми материалами для неавтоклавного фибропенобетона выбраны портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н, золошлаковая смесь, пенообразователь ПБ-2012, полипропиленовые волокна. Исследовано влияние количества полипропиленового волокна на величину усадки, прочность при изгибе и сжатии. Получен конструкционный фибропенобетон средней плотностью 1144-1160 кг/м³, прочностью при сжатии 4,7-5,1 МПа, прочностью при изгибе 2,5-2,8 МПа. Введение полипропиленовой фибры в сырьевые составы неавтоклавного фибропенобетона приводит к снижению усадочных деформаций на 16-23%. Образцы с содержанием полипропиленовой фибры в количестве 0,1-0,3 % об. характеризуются наименьшими усадочными деформациями, равными 1,3-1,4 мм/м.

Ключевые слова: полипропиленовая фибра, пенофибробетон, золошлаковая смесь, усадка, прочность при сжатии и изгибе.

A.A. Sagyndykov¹, Zh.E. Eskermesov¹, A.O. Meirmanov¹, A.G. Karkymbaev¹

¹M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan

STRUCTURAL FIBROPEN CONCRETE USING ASH AND SLAG MIXTURE

Abstract. The raw materials for non-alloy fibropen concrete are Portland cement CEM I 42.5 N, ash-slag mixture, foam agent PB-2012, polypropylene fibers. The influence of the amount of polypropylene fiber on the shrinkage, bending and compressive strength has been studied. Structural fibropen concrete with an average density of 1144-1160 kg/m³, compressive strength of 4.7-5.1MPa, bending strength of 2.5-2.8MPa was obtained. The introduction of polypropylene fiber into the raw materials of non-autoclaved fibropen concrete leads to a decrease in shrinkage deformations by 16-23%. Samples with a polypropylene fiber content in the amount of 0.1-0.3% vol. They are characterized by the smallest shrinkage deformations equal to 1.3- 1.4 mm/m.

Keywords: polypropylene fiber, foam fiber, ash-slag mixture, shrinkage, compressive and bending strength.

References

1. Mestnikov A., Semenov S., Strokova V., Nelubova, V. Autoclave foam concrete: Structure and properties // AIP Conference Proceedings. 2016. Vol. 1698. P. 070010.
2. Fedorov V.I., Mestnikov A.E. Modifikatsiya tekhnicheskoy peny dlya monolitnogo penobetona vvedeniyem vtorichnoy tsellyuloznoy fibry [Modification of technical foam for monolithic foam concrete by introducing secondary cellulose fiber] // Industrial and civil construction. 2018. No. 1. P. 48-52 [in Russian].
3. Kodzoev M.-B.Kh. Yacheistyy beton, armirovanny mineral'nymi voloknami [Cellular concrete reinforced with mineral fibers] // Bulletin of science and practice. 2017. No. 10. P.134-137 [in Russian].
4. Baranova A.A., Bobrova A.A. Dispersnoye armirovaniye yacheistogo i melkozernistogo betonov na osnove mikrokremnezema [Dispersed reinforcement of cellular and fine-grained concrete based on microsilica] // News of Investments. Construction. Real estate. 2019. V.9, No.4. P.694-703. http://journals.istu.edu/izvestia_invest/journals/2019/31/articles/02?view=0 (access date: 03/04/2022) [in Russian].
5. Morgun L.V., Morgun V.N. Tekhnologiya proizvodstva i primeneniye fibrobetona v stroitel'stve [Production technology and application of fiber-reinforced concrete in construction] // Construction materials. 2005. No. 8 (608). P. 34-38 [in Russian].