KO‘PBURCHAK SHAKLDAGI KUYDIRMASDAN OLINADIGAN G‘OVAK TO‘LDIRUVCHI ASOSIDA YENGIL BETON ISHLAB CHIQARISH VA UNING FIZIK-MEXANIK XOSSALARINI TADQIQ ETISH

Nimatova Nozima Yorqin qizi
Toshkent arxitektura-qurilish universiteti, “Qurilish materiallari va konstruksiyalari texnologiyasi” kafedrasi magistranti
E-mail: nimatova.nozima03@gmail.com

Annotatsıya. Mazkur ilmiy maqolada avtoklavli gazobeton (AGB) chiqindilarini kuydirmasdan mexanik maydalash orqali ko‘pburchak shakldagi g‘ovakli to‘ldiruvchilar olish va ular asosida konstruktiv-issiqlik izolyatsion yengil betonlar ishlab chiqarish imkoniyatlari ilmiy va tajribaviy jihatdan asoslab berilgan. AGB chiqindilarining yuqori suv shimuvchanlik (120–135%) muammosini hal etish uchun to‘ldiruvchilarni oldindan namlantirish hamda polikarboksilat efiri asosidagi “Beton Strong” superplastifikatoridan foydalanish mexanizmi taklif etildi. Tajribalar natijasida yirik (5–10 mm) va mayda (0–5 mm) fraksiyalarning optimal nisbati 70:30 ekanligi hamda superplastifikatorning samarali dozirovkasi sement massasiga nisbatan 1.0–1.2% ni tashkil etishi aniqlandi.

Kalit so‘zlar: avtoklavli gazobeton (AGB) chiqindisi, kuydirmasdan olinadigan to‘ldiruvchi, ko‘pburchak shakl, yengil beton, “Beton Strong”, superplastifikator, issiqlik o‘tkazuvchanlik, siqilishdagi mustahkamlik.

Аннотация. В статье представлены научно-экспериментальные основы получения заполнителей полигональной формы путем механического дробления отходов автоклавного газобетона (без обжига) и производства на их основе конструкционно-теплоизоляционных легких бетонов. Для решения проблемы высокого водопоглощения (120–135%) отходов газобетона предложен метод, включающий предварительное насыщение заполнителей водой и использование суперпластификатора на основе поликарбоксилатного эфира («Beton Strong»). Результаты экспериментов показали, что оптимальное соотношение крупной (5–10 мм) и мелкой (0–5 мм) фракций составляет 70:30, а эффективная дозировка суперпластификатора варьируется в пределах 1,0–1,2% от массы цемента.

Ключевые слова: отходы автоклавного газобетона, необожженный заполнитель, полигональная форма, легкий бетон, «Beton Strong», суперпластификатор, теплопроводность, прочность при сжатии.

Abstract. This scientific article provides scientific and experimental rationale for the possibilities of producing polygonal porous aggregates via non-burning mechanical crushing of autoclaved aerated concrete (AAC) waste, as well as

ISSN 3030-3907

manufacturing structural and thermal insulation lightweight concrete based on them. To address the issue of high water absorption (120–135%) in AAC waste, a mechanism involving the pre-soaking of aggregates and the utilization of the “Beton Strong” superplasticizer based on polycarboxylate ether was proposed. Experiments revealed that the optimal ratio of coarse (5–10 mm) to fine (0–5 mm) fractions is 70:30, and the effective dosage of the superplasticizer is 1.0–1.2% by weight of cement.

Keywords: autoclaved aerated concrete (AAC) waste, non-burned aggregate, polygonal shape, lightweight concrete, “Beton Strong”, superplasticizer, thermal conductivity, compressive strength.

KIRISH.

Mamlakatimizda qurilish sanoatini jadal rivojlantirish, energiya samaradorligi yuqori va ekologik xavfsiz qurilish materiallarini ishlab chiqarish hamda mahalliy xomashyo va sanoat chiqindilaridan samarali foydalanish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biridir [1]. So‘nggi yillarda respublikamizda kadrlar tayyorlash va infratuzilmani modernizatsiya qilish doirasida ko‘plab turar-joy va sanoat obyektlari barpo etilmoqda. Seysmik faol hududlarda bino va inshootlarning o‘z massasini kamaytirish, poydevorga tushadigan yukni qisqartirish hamda devor konstruksiyalarining issiqlik saqlash xususiyatlarini oshirish maqsadida yengil betonlardan foydalanish ko‘lami tobora kengayib bormoqda.

An’anaviy yengil betonlar ishlab chiqarishda qo‘llaniladigan sun’iy g‘ovak to‘ldiruvchilar (keramzit, agloporit va boshqalar) asosan yuqori haroratda (1050–1200°C) kuydirish texnologiyasiga asoslangan. Bu jarayon juda katta miqdorda yoqilg‘i-energetika resurslarini talab qiladi va mahsulot tannarxining oshishiga hamda atmosferaga issiqxona gazlarining ajralib chiqishiga sabab bo‘ladi. Shu sababli, kuydirmasdan olinadigan, energiya tejamkor g‘ovak to‘ldiruvchilar va ular asosida yengil betonlar yaratish dolzarb ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi.

Ayniqsa, avtoklavli gazobeton (AGB) ishlab chiqarish korxonalarida hosil bo‘ladigan katta miqdordagi texnogen chiqindilarni qayta ishlash va ikkilamchi resurs sifatida foydalanish alohida ahamiyatga ega. O‘zbekistondagi AGB zavodlarida (masalan, “Arton”, “Ytong”, “BS Gazobeton”, “Chust AGB”) yiliga 60–80 ming tonna atrofida chiqindi hosil bo‘ladi. AGB chiqindilari yuqori g‘ovaklikka hamda tarkibida faol mineral komponentlar (tobermorit va kalsiy gidrosilikatlari)ga ega bo‘lib, ulardan g‘ovak to‘ldiruvchi sifatida foydalanish uchun katta ilmiy va texnik salohiyat mavjud [2,3]. Ushbu tadqiqotning maqsadi — AGB chiqindilarini kuydirmasdan mexanik maydalash orqali ko‘pburchak

ISSN 3030-3907

shakldagi g‘ovak to‘ldiruvchilar olish hamda ularning granulometrik tarkibini maqbullashtirish va "Beton Strong" superplastifikatori ishtirokida zichligi D600–D1000 bo‘lgan konstruktiv-issiqlik izolyatsion yengil beton tarkiblarini ishlab chiqishdan iborat.

TADQIQOT MATERIALLARI VA METODLARI.

Tadqiqot ishida bog‘lovchi material sifatida CEM II/A-I 32.5N markali portlandsementdan foydalanildi (GOST 31108-2020). Sementning solishtirma sirt yuzasi 3200 sm^2/g, normal quyuqligi 27.5% ni tashkil etadi. Sement tarkibidagi asosiy oksidlar: CaO (61.2%), SiO_2 (21.4%), Al_2O_3 (5.1%), Fe_2O_3 (3.4%), MgO (1.8%), SO_3 (2.3%).

G‘ovak to‘ldiruvchi sifatida AGB ishlab chiqarish chiqindilari (blok qirqish va saralash qoldiqlari) qo‘llanildi. Chiqindilar mexanik maydalagichda maydalanib, standart elaklar to‘plami orqali ikkita asosiy fraksiyaga ajratildi:

- Yirik to‘ldiruvchi fraksiyasi: 5–10 mm (to‘kma zichligi ρ_t = 340 kg/m^3, g‘ovakligi 72%, suv shimuvchanligi 125%);
- Mayda to‘ldiruvchi fraksiyasi: 0–5 mm (to‘kma zichligi ρ_t = 420 kg/m^3, g‘ovakligi 66%, suv shimuvchanligi 132%) [4,5,6].

Kimyoviy qo‘shimcha sifatida polikarboksilat efiri asosidagi "Beton Strong" suyuq superplastifikatori qo‘llanildi (zichligi 1.10 g/sm^3, pH 6.5, tavsiya etilgan doza 0.5–1.5%). Laboratoriya aralashmalarida ichimlik suvi standartiga mos keluvchi texnologik suv ishlatildi. Ta’kidlash joizki, beton tarkibiga hech qanday tabiiy qum yoki an’anaviy to‘ldiruvchilar qo‘shilmadi.

To‘ldiruvchilar va yengil beton namunalarining fizik-mexanik hamda issiqlik-texnik ko‘rsatkichlari amaldagi davlat va xalqaro standartlar bo‘yicha aniqlandi:

- **Granulometrik tarkib va to‘kma zichlik:** GOST 9757-90 va GOST 8269.0-97 bo‘yicha standart elak to‘plamlari hamda 1 litrli hajmiy idishlar yordamida aniqlandi;
- **Suv shimuvchanlik:** GOST 12730.3-2020 bo‘yicha to‘ldiruvchi va beton namunalarini 24 soat davomida suvga to‘liq botirish usulida o‘rganildi;
- **Siqilishdagi mustahkamlik:** GOST 10180-2012 standartiga binoan 100×100×100 mm o‘lchamli kubik namunalarda hydraulic press (28 kunlik qotish muddatida) yordamida sinab ko‘rildi;
- **O‘rtacha zichlik:** GOST 10181-2014 bo‘yicha namunalarning massasi va geometrik hajm o‘lchamlari asosida hisoblandi;
- **Issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti (λ):** GOST 7076-99 bo‘yicha 300×300×50 mm o‘lchamli plita namunalarida IT-λ-400 stasionar issiqlik oqimi qurilmasida aniqlandi.

NATIJALAR VA ULARNING TAHLILI.

ISSN 3030-3907

AGB chiqindilarini maydalash natijasida olingan granulalar sferik emas, balki ko‘pburchak (notekis va qirrali) shaklga ega bo‘ladi. Bu shakl sement-qum matritsasi bilan to‘ldiruvchi o‘rtasida kuchli mexanik ilashuv (interlocking) zonasi hosil bo‘lishiga xizmat qiladi. Biroq, AGB to‘ldiruvchisining asosiy texnologik murakkabligi uning yuqori kapillyar g‘ovakligi sababli suvni tez va ko‘p shimib olishidadir. Tajribalarda yirik (5–10 mm) va mayda (0–5 mm) fraksiyalarning turli nisbatlarida to‘kma zichlik hamda aralashma g‘ovakligi o‘rganildi.

1-Jadval.

AGB fraksiyalari nisbatining to‘kma zichlik va bo‘shliqlikka ta’siri

Fraksiya nisbati (5–10 mm : 0–5 mm)	To‘kma zichligi, ρ_t (kg/m³)	Donalararo bo‘shliqlik, e (%)	Suv shimuvchanligi (24 soat), W (%)
100 : 0	340	51.4	125.0
80 : 20	365	47.2	127.2
70 : 30	395	42.1	129.5
60 : 40	410	43.8	130.8
50 : 50	425	45.5	132.0

3.1-jadval ma’lumotlaridan ko‘rinib turibdiki, 70:30 nisbatida donalararo bo‘shliqlik eng kam ko‘rsatkichga (42.1%) erishadi. Bu esa beton aralashmasida sement pastasi sarfini tejash va zichroq struktura shakllantirish imkonini beradi.

2-Jadval.

“Beton Strong” qo‘shimchasi dozasining sement toshi va beton xossalariga ta’siri

Qo‘shimcha dozasi (% sementga nisbatan)	Haqiqiy Suv-Sement nisbati (S/S)	Aralashma konsistensiyasi (O‘K, sm)	28 kunlik siqilish mustahkamligi (MPa)	O‘rtacha zichlik (kg/m³)
0.0 (Nazorat)	0.55	2.0	4.8	780
0.5	0.48	4.5	6.2	810
0.8	0.43	7.0	7.9	835
1.0	0.38	9.5	9.6	860
1.2	0.35	11.0	10.8	875
1.4	0.34	11.5	10.5	870

AGB to‘ldiruvchilarining o‘ta yuqori suv shimuvchanligi (120–135%) sababli, quruq to‘ldiruvchi beton aralashmasidagi suvni so‘rib oladi va sementning normal gidratatsiyasini buzadi. Bu muammoni hal etish uchun to‘ldiruvchilar beton tayyorlashdan oldin 15–20 daqiqa davomida suv bilan oldindan namlantirildi (suv

ISSN 3030-3907

to‘yintirildi) hamda “Beton Strong” superplastifikatori qo‘llanildi [7,8,9].

Natijalar ko‘rsatadiki, “Beton Strong” qo‘shimchasini 1.0–1.2% miqdorida qo‘shish suv-sement nisbatini 0.55 dan 0.35 gacha kamaytirishga va siqilishdagi mustahkamlikni 2.2 baravarga oshirishga imkon beradi (4.8 MPa dan 10.8 MPa ga). Eksperimentlar asosida zichligi D600, D800 va D1000 bo‘lgan uch xil konstruktiv-issiqlik izolyatsion yengil beton tarkiblari ishlab chiqildi (3-jadval).

3-Jadval

Beton markasi	Sement (kg)	AGB (5–10 mm) (kg)	AGB (0–5 mm) (kg)	Suv (litr)	“Beton Strong” (kg)
D600	260	280	120	145	2.86
D800	340	310	135	160	3.74
D1000	420	340	145	175	4.62

Ushbu tarkiblar bo‘yicha tayyorlangan beton namunalarining fizik-mexanik va issiqlik-texnik sinov natijalari 3.4-jadvalda keltirilgan.

4-Jadval.

Yengil beton namunalarining eksperimental sinov natijalari

Beton marka (loyiha)	Haqiqiy o‘rtacha zichlik (kg/m³)	28 kunlik siqilish mustahkamligi (MPa)	Issiqlik o‘tkazuvchanlik, λ (W/m·K)	Suv shimuvchanlik (mass bo‘yicha, %)	Ayozga chidamlilik markasi
D600	615	5.2	0.16	18.4	F35
D800	810	8.6	0.20	15.2	F50
D1000	1015	12.4	0.26	12.8	F75

Tahlillar ko‘rsatadiki, ishlab chiqilgan beton tarkiblari GOST 25820-2014 talablariga to‘liq javob beradi. Zichligi 615 kg/m³ bo‘lgan D600 markali beton 5.2 MPa siqilish mustahkamligiga va 0.16 W/(m·K) issiqlik o‘tkazuvchanlikka ega bo‘lib, bu ko‘rsatkich uni samarali issiqlik-izolyatsion va devorbop material sifatida qo‘llash imkonini beradi. Issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti (λ) va beton zichligi (ρ) o‘rtasidagi bog‘liqlik quyidagi darajali tenglama bilan idrok etildi:

$$\lambda = 0.00018 \cdot \rho^{1.04}$$

Bu formula AGB to‘ldiruvchili yengil betonlarning issiqlik-texnik ko‘rsatkichlarini amaliy loyihalashda yuqori aniqlik bilan hisoblash imkonini beradi.

MUNOZARA.

Natijalar xalqaro va mahalliy olimlarning ilmiy xulosalarini to‘ldiradi va rivojlantiradi. F. Iucolano hamda S. Mahmmod va boshqalarning tadqiqotlarida

ISSN 3030-3907

AGB chiqindilarining yuqori g‘ovakligi va suv so‘rish xususiyati ta’kidlangan edi. Biroq, ushbu tadqiqotda tabiiy qumdan to‘liq voz kechilgan holda faqat AGB to‘ldiruvchilarining 5–10 mm va 0–5 mm fraksiyalari nisbatini maqbullashtirish (70:30) va “Beton Strong” super plastifikatori orqali sement-to‘ldiruvchi interfazasini (kontakt zonasini) jiddiy zichlashtirishga erishildi [10,11].

AGB granulalarining ko‘pburchak va notekis sirt strukturasi sement pastasi bilan mexanik bloklanishini ta’minladi. Shuningdek, AGB tarkibidagi faol tobermorit ($Ca_5Si_6O_{17}\cdot 5H_2O$) fazasi sement gidratatsiyasida ajralib chiquvchi portlandit ($Ca(OH)_2$) bilan sekin-asta reaksiyaga kirishib, qo‘shimcha kalsiy gidrosilikatlari (C-S-H gel) hosil qiladi. Bu esa uzoq muddatli qotish davrida beton strukturasining mikromustahkamligini oshirishini ko‘rsatadi.

XULOSA

1. Avtoklavli gazobeton (AGB) chiqindilarini kuydirmasdan, mexanik maydalash usuli bilan ko‘pburchak shaklli g‘ovak to‘ldiruvchi olish texnologiyasi ilmiy va amaliy jihatdan asoslandi. Yirik (5–10 mm) va mayda (0–5 mm) fraksiyalarning 70:30 nisbati donalararo bo‘shliqlikni 42.1% gacha kamaytirishi aniqlandi [12].

2. AGB to‘ldiruvchisining yuqori suv shimuvchanligini jilovlash uchun to‘ldiruvchini oldindan namlantirish va sement massasiga nisbatan 1.0–1.2% miqdorida “Beton Strong” superplastifikatorini qo‘llash tavsiya etildi. Bu tadbir suv-sement nisbatini 0.35 gacha tushirish va beton mustahkamligini 2.2 baravar oshirish imkonini berdi.

3. Ishlab chiqilgan D600–D1000 markali konstruktiv-issiqlik izolyatsion yengil betonlar 5.2–12.4 MPa siqilish mustahkamligiga va 0.16–0.26 W/(m·K) issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyentiga ega. Tabiiy qum va kuydiriladigan keramzitdan to‘liq voz kechilgan holda ishlab chiqarilgan ushbu betonlar qurilishda yuqori iqtisodiy va ekologik samaradorlikni ta’minlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son “2022–2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoni.
2. Bajenov Y.M. Texnologiya betona. — M.: Izdatelstvo AVS, 2011. — 528 s.
3. Neville A.M. Properties of Concrete. 5th Edition. — London: Pearson, 2012. — 846 p.
4. Mehta P.K., Monteiro P.J.M. Concrete: Microstructure, Properties, and Materials. 4th Edition. — McGraw-Hill, 2014. — 675 p.
5. Iucolano F., Campanile A., Caputo D., Liguori B. Recycling of autoclaved aerated concrete waste in gypsum composites // Construction and Building Materials. — 2021. — Vol. 292. — P. 123415.

ISSN 3030-3907

6. Rafiza A.R., Fazlizan A., Thongtha A., Asim N. Utilization of autoclaved aerated concrete waste powder as sand replacement in lightweight concrete // Journal of Building Engineering. — 2022. — Vol. 48. — P. 103980.
7. Suwan T., Wattanachai P. Internal curing of lightweight concrete using pre-wetted crushed autoclaved aerated concrete aggregates // Materials and Structures. — 2017. — Vol. 50. — Art. 182.
8. Mahmmod S., Esparham A., Marchand P. Impregnation of AAC aggregate with silica fume suspension for high-performance lightweight concrete // Cement and Concrete Composites. — 2024. — Vol. 145. — P. 105320.
9. GOST 25820-2014. Betony legkie. Tekhnicheskie usloviya. — M.: Standartinform, 2015.
10. GOST 9757-90. Graviy, shcheben i pesok iskusstvennye poristye. Tekhnicheskie usloviya. — M.: Izdatelstvo standartov, 1991.
11. GOST 10180-2012. Betony. Metody opredeleniya prochnosti po kontrolnym obraztsam. — M.: Standartinform, 2013.
12. GOST 7076-99. Materialy i izdeliya stroitelnye. Metod opredeleniya teploprovodnosti i termicheskogo soprotivleniya pri statsionarnom teplovom rezhime. — M.: Gosstroy Rossii, 2000.

ISSN 3030-3907