

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

А. М. АСИРЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
 ВАКУУМА В ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНА*

В работе [1] было показано важное значение газовой фазы в бетонной смеси и бетоне. В работе [2] доказано, что газовая фаза существенно препятствует уплотнению бетонной смеси и, что, если рыхлую бетонную смесь подвергнуть обезвоздушиванию, т. е. поставить в разреженное пространство, то можно добиться лучшего его уплотнения и соответственно добиться получения бетона с улучшенными качествами. В этой же работе было показано, что если обезвоздушиванию подвергнуть не рыхлую смесь, а свежееуплотненный бетон, то произойдет вспучивание его пропорционально оставшейся в нем газовой фазы, и что таким образом можно добиться получения бетона с уменьшенным объемным весом. Легко видеть, что если при подвижных бетонных смесях вакуум использовался с целью их *обезвоживания*, то при жестких смесях вакуум может быть использован с целью их *обезвоздушивания*, что потребует разработки принципиально иной техники использования вакуума, чем это было принято в технологии подвижных бетонных смесей.

В настоящих исследованиях сопоставлены обычное вакуумирование бетона с обезвоздушиванием, с целью выявления рациональной области применения каждого из этих методов в технологии бетона из обычных и пористых заполнителях.

1. Свойства исходных материалов и методика расчета твердой, жидкой и газообразных фаз бетонной смеси и программа работ

Портландцемент был использован Араратского цементного завода с прочностью на сжатие 540 кг/см^2 и на растяжение— $30,5 \text{ кг/см}^2$ в 28-дневном возрасте (ГОСТ 310—60).

В качестве заполнителей были использованы: в обычных бетонах — базальтовый щебень и кварцевый песок, и в легких бетонах — литондиопемзовые заполнители. Для большей однородности и сравнимости результатов заполнители были разделены на четыре фракции. Для каждой фракции заполнителей определялись: объемный вес зерен в куске γ , объем пор в зернах α , и коэффициент заполнения водой объема пор K_w .

* Научный руководитель темы проф. М. З. Симонов.

Означенные характеристики составляют:

для кварцевого песка	фракции 0—1,2 мм	$\gamma_1=2,78 \text{ т/м}^3$; $\alpha_{n1}=0$; $K_{w1}=0$;
для кварцевого песка	фракции 1,2—5 мм	$\gamma_2=2,72 \text{ т/м}^3$; $\alpha_{n2}=0$; $K_{w2}=0$;
для базальтового щебня	фракции 5—10 мм	$\gamma_3=2,48 \text{ т/м}^3$; $\alpha_{n3}=0,148$; $K_{w3}=0$;
для базальтового щебня	фракции 10—20 мм	$\gamma_4=2,59 \text{ т/м}^3$; $\alpha_{n4}=0,108$; $K_{w4}=0,395$;
для литонднопемзового песка	фракции 0—1,2 мм	$\gamma_1=2,07 \text{ т/м}^3$; $\alpha_{n1}=0,115$; $K_{w1}=1,00$;
для литонднопемзового песка	фракции 1,2—5 мм	$\gamma_2=1,61 \text{ т/м}^3$; $\alpha_{n2}=0,303$; $K_{w2}=0,406$;
для литонднопемзового щебня	фракции 5—10 мм	$\gamma_3=1,48 \text{ т/м}^3$; $\alpha_{n3}=0,368$; $K_{w3}=0,605$;
для литонднопемзового щебня	фракции 10—29 мм	$\gamma_4=1,48 \text{ т/м}^3$; $\alpha_{n4}=0,363$; $K_{w4}=0,463$.

Коэффициент заполнения водой объема пор (K_w) в зернах заполнителя определялся как расчетным методом [3], так и экспериментальным, при выдерживании зерен в воде в течение 5 минут.

Дозировка материалов принята весовая. Бетонные смеси изготавливались: на плотных заполнителях, при содержании воды от 5,3 до 11,2% от веса сухих компонентов, и на легких заполнителях, при содержании воды от 13,3 до 22,6%. В обоих случаях бетонные смеси получались с консистенцией от 10 см осадки по конусу, до 250 сек по техническому вискозиметру. Расход цемента во всех случаях принимался равным примерно 350 кг/м³.

Уплотняемость бетонной смеси, а также объем газообразной жидкой и твердой фаз определялись на основании работы [3]. Объем твердой, жидкой и газообразной фаз вычислялся по абсолютным объемам составляющих бетон исходных материалов.

Объем твердой фазы

$$V = \frac{C}{\gamma_w} + \frac{z_1}{\gamma_1} + \frac{z_2}{\gamma_2} + \frac{z_3}{\gamma_3} + \frac{z_4}{\gamma_4},$$

где γ_w — удельный вес цемента;

$\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4$ — объемные веса зерен в куске для использованных четырех фракций заполнителя;

C, z_1, z_2, z_3, z_4 — веса в кг соответственно цемента и заполнителей использованных фракций.

Объем жидкой фазы V_w равен расходу воды на единицу объема бетонной смеси V , за вычетом воды поглощенной заполнителем V_p .

$$V_w = V - V_p,$$

где

$$B_{\text{ж}} = \frac{\gamma_1}{\gamma_1} a_{n_1} k_{\omega_1} + \frac{\gamma_2}{\gamma_2} a_{n_2} k_{\omega_2} + \frac{\gamma_3}{\gamma_3} a_{n_3} k_{\omega_3} + \frac{\gamma_4}{\gamma_4} a_{n_4} k_{\omega_4}.$$

Объем газообразной фазы (Γ) в бетонной смеси, считая только объем в межзерновом пространстве, определялся по формуле:

$$\Gamma = 1000 - (T + B_{\text{ж}}).$$

Расчеты расхода материалов на единицу объема бетонной смеси в рыхлом или уплотненном состояниях производились по формулам приведенным в [3], с учетом фактических объемных весов бетонных смесей.

Уплотняемость бетонной смеси при обезвоздушивании и при вакуумировании, а также при атмосферном давлении была изучена в цилиндрическом приборе для испытания бетонной смеси [3]. При подвижных смесях виброуплотнение осуществлялось без пригруза, а при жестких смесях без пригруза и с пригрузом.

Изучение бетонной смеси при атмосферном давлении проводилось следующим образом. После укладки бетонной смеси и цилиндр поверхность смеси разравнивалась. В случае необходимости устанавливался пригруз и начиналось вибрационное уплотнение на стандартной виброплощадке. Через определенные промежутки времени фиксировалось изменение объема бетонной смеси по уровню поплавок в цилиндре. Продолжительность уплотнения принималась до затухания изменения объема бетонной смеси.

Изучение обезвоздушенной бетонной смеси производилось следующим образом. После укладки в цилиндр бетонной смеси, разравнивания поверхности, установления поплавок и герметического закрытия крышки, производилось обезвоздушивание в течение 60 сек. Вслед за этим начиналось вибрационное уплотнение без прекращения обезвоздушивания; когда по внешним признакам уплотнение бетонной смеси с обезвоздушиванием затухало, вакуум отключался и дальнейшее уплотнение производилось при атмосферном давлении до момента начала нового затухания изменения ее объема.

Изучение уплотняемости бетонной смеси вакуумированием производилось в том же приборе, используя поплавок снабженный с нижней стороны вакуумплотью. После укладки и виброуплотнения бетонной смеси (продолжительность виброуплотнения принималась равной времени, установленному при изучении уплотняемости под атмосферным давлением), производилось вакуумирование в течение 27,5 мин, причем на 15 и 25 минутах производилась кратковременная вибрация в течение 5 сек.

После уплотнения бетонной смеси одним из трех указанных методов уплотнения, производилось вспучивание свежееотформованного бетона для изучения влияния его на дальнейшее виброуплотнение, а также для контролирования наличия газовой фазы в бетоне по величине вспучивания. Бетонные смеси, уплотненные при атмосферном давлении под-

вергались вспучиванию по следующему режиму: обезвоздушивание в течение 60 сек; атмосферное давление в течение 30 сек; атмосферное давление плюс виброуплотнение — 30 сек; обезвоздушивание с виброуплотнением — 70 сек; виброуплотнение под атмосферным давлением — 40 сек. Бетонные смеси, подвергнутые виброуплотнению с обезвоздушиванием, подвергались вспучиванию по следующему режиму: обезвоздушивание в течение 60 сек; обезвоздушивание с виброуплотнением — 60 сек; виброуплотнение при атмосферном давлении до 60 сек.

С целью сопоставления прочностей на сжатие и растяжение бетонов при различных методах уплотнения, изготавливались призмы размерами $10 \times 10 \times 30$ см в металлической форме. Для получения строго идентичных условий уплотнения, одновременно изготавливались 3 призмы из легкого и 3 из обычного бетонов. Дозировка была принята весовая. Устройство для изготовления образцов состояло из виброплощадки, на которую крепилась форма; герметически закрываемого колпака, под которым перемещался пригруз одновременно для шести призм; вакуумнососа (РМК-2) с ресивером; шести прозрачных вакуумщитов, позволяющих наблюдать за процессом отсасывания воды и подъемного механизма для перемещения формы, колпака и пригруза. Уплотнение бетонной смеси осуществлялось без пригруза при подвижностях бетонной смеси 10, 5, 1 см и 15 сек, с пригрузом 25 г/см^2 при подвижностях 30, 60 сек и с пригрузом 50 г/см^2 при подвижности 150 сек. Образцы, изготавливаемые только вибрированием, уплотнялись от 25 до 210 сек, в зависимости от степени жесткости. Образцы, изготавливаемые с обезвоздушиванием, уплотнялись по следующему режиму: обезвоздушивание — 60 сек; обезвоздушивание с вибрацией — 20—210 сек, в зависимости от жесткости смеси; виброуплотнение при атмосферном давлении — 10 сек. Образцы, изготавливаемые вакуумированием, уплотнялись по следующему режиму: виброуплотнение — как и у образцов первой группы; вакуумирование в течение 10 мин с двухкратным пятисекундным вибрированием в середине и в конце вакуумирования. Призмы испытывались на растяжение при расколе призм в третях их длины и полученные таким образом 3 кубика испытывались на сжатие [4].

2. Уплотняемость бетонной смеси на пористых заполнителях при обезвоздушивании

Уплотняемость бетонных смесей при виброуплотнении под атмосферным давлением или под вакуумом характеризуется изменением газовой фазы в л/м^3 в межзерновых пространствах, в зависимости от продолжительности уплотнения бетонной смеси. Результаты опытов для случая когда пригруз равен $P = 50 \text{ г/см}^2$ приводятся на рис. 1, где в левой части приведены графики для виброуплотненных бетонов, а в правой части — для виброуплотненных с обезвоздушиванием.

Из рассмотрения графиков на рис. 1 и аналогичных полученных автором для случаев когда $P = 25 \text{ г/см}^2$ и без пригруза ($P = 0$) можно отметить следующее. Процесс уплотнения идет тем быстрее, чем подвижнее

бетонная смесь; при отсутствии пригруза бетонная смесь при атмосферном давлении уплотняется быстрее, чем в разреженном пространстве, но последующее уплотнение при атмосферном давлении (обезвоздушив-

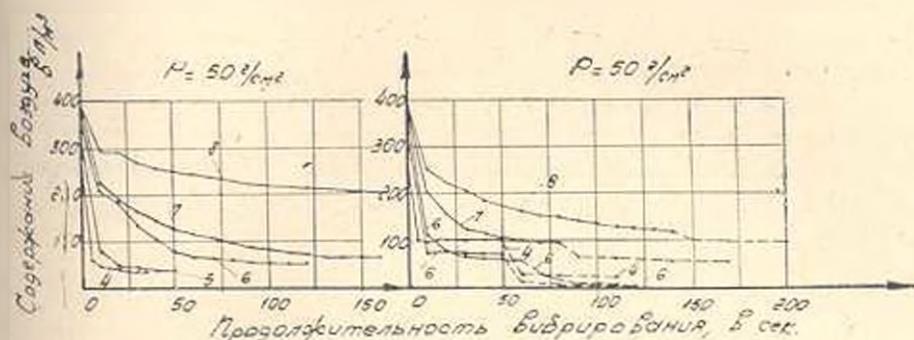


Рис. 1. Изменение объема газовой фазы в л. м^3 в межзерновых пространствах литоиднопемзовой бетонной смеси, в зависимости от продолжительности вибрирования. В левой части приведен график для виброуплотненных бетонных смесей, а в правой части для виброуплотненных с обезвоздушиванием 1 — $k = 15$ сек, 5 — $k = 30$ сек, 6 — $k = 60$ сек, 7 — $k = 150$ сек, 8 — $k = 250$ сек (где: k — консистенция бетонной смеси, P — величина пригруза). Переход от сплошной линии к пунктирной на кривых обозначает виброуплотнение при атмосферном давлении.

ванием бетонной смеси приводит к лучшему уплотнению, нежели у бетонной смеси вибрированной все время при атмосферном давлении; при уплотнении бетонной смеси под пригрузом 25 и 50 г/см^2 в разреженном пространстве, уплотнение протекает интенсивнее, чем при атмосферном давлении, причем, как и в предыдущем случае, последующее уплотнение при атмосферном давлении обезвоздушенной бетонной смеси приводит к лучшему уплотнению, чем у бетонной смеси вибрированной все время при атмосферном давлении.

После завершения опытов по изучению уплотняемости бетонной смеси на этих же образцах были продолжены опыты по изучению вспучиваемости и уплотняемости ее под влиянием попеременного действия обезвоздушивания и атмосферного давления в комбинации с вибрированием.

Результаты этих опытов для случая когда пригруз равен 50 г/см^2 приводятся на рис. 2.

Как видно из графиков рис. 2 и аналогичных графиков, полученных автором для $P = 0$ и $P = 25$ г/см^2 , при обезвоздушивании уплотненных бетонных смесей вибрирование помогает вспучиванию, но с тенденцией последующего уменьшения величины вспучивания, за исключением жидких смесей без пригруза, где вибрирование с момента включения уменьшает вспучивание, что объясняется воздухопроницаемостью жидких бетонных смесей. После вспучивания бетонных смесей вибрирование под атмосферным давлением приводит к уплотнению в степени меньшей или равной исходному положению. Следовательно, обезвоздушивание уже уплотненных бетонных смесей может служить средством вспучивания, а не их дальнейшего уплотнения.

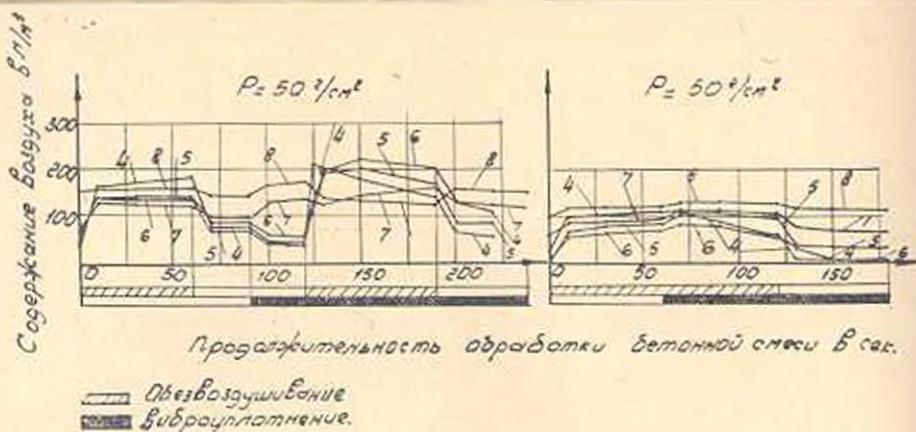


Рис. 2. Изменение объема газовой фазы в л/м^3 в межзерновых пространствах литондиопемзовой бетонной смеси, в зависимости от попеременного действия разрезания воздуха и атмосферного давления. В левой части приведен график для бетонных смесей подвергнутых предварительному виброуплотнению, а в правой части—для бетонных смесей подвергнутых виброуплотнению с обезвоздушиванием.

Из сопоставления левого и правого графиков рис. 2 видно, что предварительное виброуплотнение с обезвоздушиванием бетонных смесей при повторном обезвоздушивании приводит к меньшему вспучиванию, нежели виброуплотнение при атмосферном давлении. Наконец, из рассмотрения рис. 2 можно отметить, что полного извлечения газовой фазы из бетонной смеси не было достигнуто.

3. Уплотняемость бетонной смеси на обычных заполнителях при обезвоздушивании

Уплотняемость бетонных смесей на обычных заполнителях изучалась аналогично уплотняемости легкобетонных смесей. Результаты опытов для случая когда пригруз $P = 50 \text{ г/см}^2$ приводится на рис. 3.

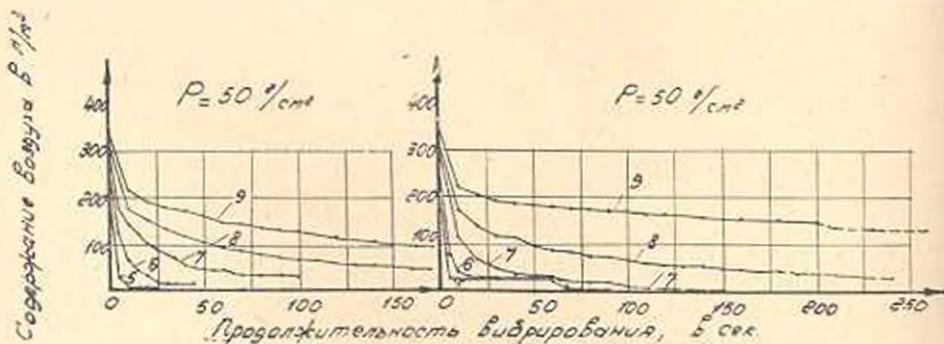


Рис. 3. Изменение объема газовой фазы в л/м^3 в бетонной смеси на обычных заполнителях, в зависимости от продолжительности либрирования. В левой части приведен график для виброуплотнения бетонных смесей, а в правой части—для виброуплотнения с обезвоздушиванием. 5 — $k = 15$ сек, 6 — $k = 30$ сек, 7 — $k = 60$ сек, 8 — $k = 150$ сек, 9 — $k = 250$ сек.

Из рассмотрения рис. 3 можно сделать примерно те же выводы, что и для бетонных смесей на литондиопемзовых заполнителях. Однако, сле-

дует отметить, что в особо жестких смесях на обычных заполнителях уплотнение с заблаговременным обезвоздушиванием протекает более медленно, чем при виброуплотнении без обезвоздушивания, что объясняется некоторым уменьшением затворенной воды, благодаря повышенной испаряемости воды в разреженном пространстве. Уменьшение количества воды по этой причине, при бетонных смесях на литондиопемзовых заполнителях ощущается не столь заметно из-за содержания в ней относительно большого количества воды.

Результаты опытов по вспучиваемости уплотненных бетонных смесей на обычных заполнителях для случая когда пригруз $P=50 \text{ г/см}^2$ приведены на рис. 4.

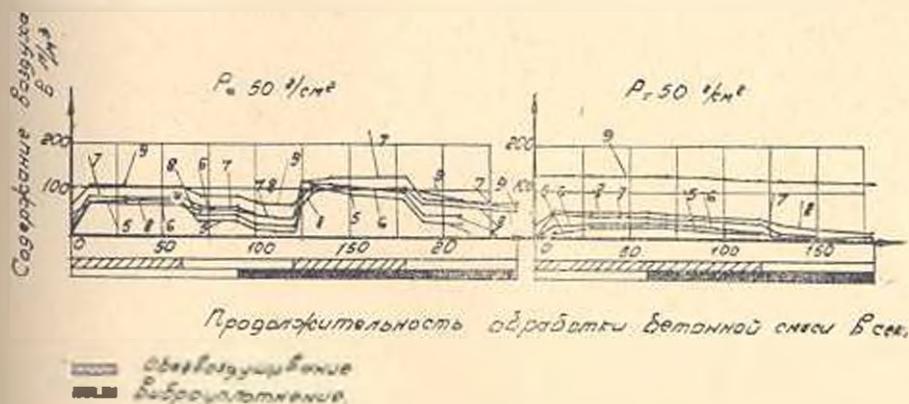


Рис. 4. Изменение объема газовой фазы в л/м^3 в бетонных смесях на обычных заполнителях, в зависимости от попеременного действия разрежения воздуха и атмосферного давления. В левой части приведен график бетонных смесей подвергнутых предварительному виброуплотнению, а в правой части — для бетонных смесей подвергнутых виброуплотнению с обезвоздушиванием.

Из рассмотрения кривых рис. 4 и аналогичных кривых, полученных автором для случая когда $P=0$ и $P=25 \text{ г/см}^2$ видно, что бетонные смеси на обычных заполнителях подчиняются тем же закономерностям, что и на литондиопемзовых заполнителях. Однако, следует отметить, что легкобетонные смеси вспучиваются больше, чем бетонные смеси на обычных заполнителях, из-за того, что воздушные поры содержатся в ней не только в межзерновых пространствах, но и внутри зерен пористого заполнителя.

4. Уплотняемость бетонных смесей на обычных и пористых заполнителях при вакуумировании

Вакуумной обработке обычно подвергаются подвижные бетонные смеси и поэтому уплотняемость бетонной смеси в этой серии опытов изучалась при консистенции от 10 см по конусу, до жесткости 30 сек по техническому вискозиметру, тогда как уплотняемость обезвоздушенных смесей была изучена начиная с 1 см по конусу и до 250 сек по вискозиметру.

Результаты опытов по изучению уплотняемости и вспучиваемости бетонных смесей, характеризуемых изменением объема газовой фазы в

л/м³, зависимости от продолжительности воздействия вакуума, приведены на рис. 5. Из графиков уплотняемости при вакуумной обработке видно, что содержание газовой фазы в бетоне несколько увеличивается при обычных заполнителях, и в особенности при пористых.

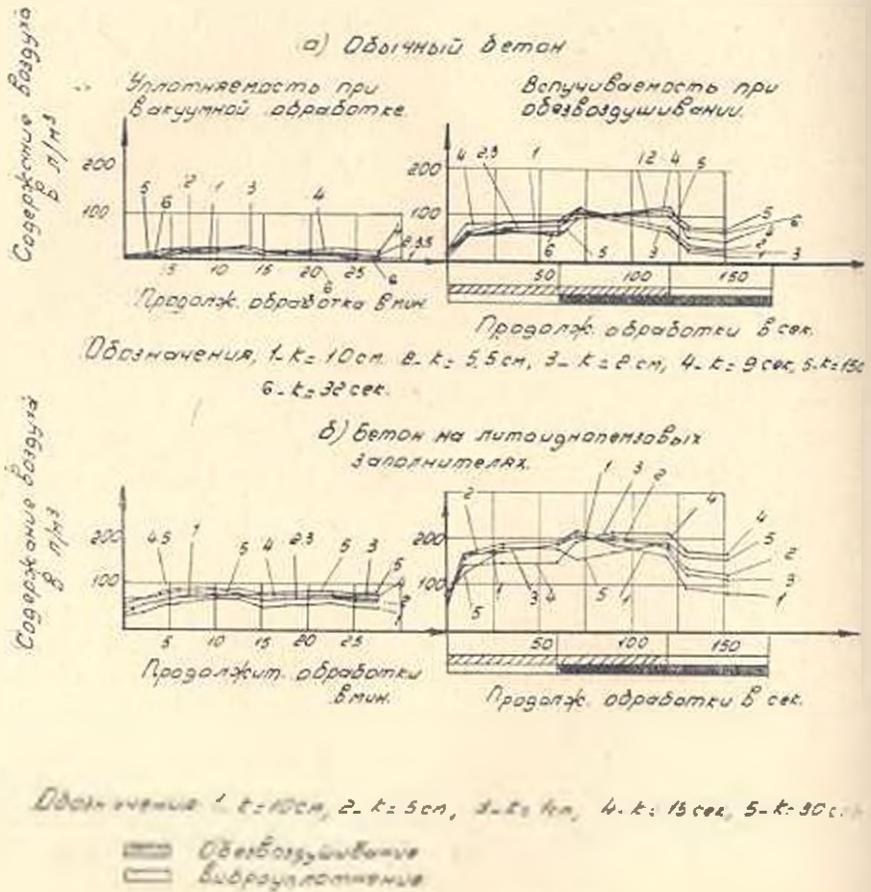


Рис. 5. Изменение объема газовой фазы в л/м³ в бетонных смесях при их виброуплотнении и вакуумной обработке и последующем обезвоздушивании.

Кратковременные вибрации несколько уменьшают объем газовой фазы. Факт вспучиваемости вакуумированных образцов показывает, что при отжатии воды из свежееуплотненного бетона, воздух из него не извлекается полностью. При сопоставлении величин вспучивания вибрированных бетонных смесей с вакуумированными, тех же консистенций видим, что вспучиваемость свежееуплотненного бетона, как на обычных так и на пористых заполнителях, одного порядка.

5. Сопоставление уплотняемости бетонных смесей на обычных и пористых заполнителях при различных методах их уплотнения

Уплотняемость и вспучиваемость бетонных смесей в предыдущих главах была иллюстрирована кривыми изменения объема газообразной

Консистенция бетонной смеси в см. ОК или сек	Содержание воды в % от веса сухих компонентов	Наиме. пригрузки в г/см²	Бетоны на антоциановых заполнителях												Бетоны на обычных заполнителях											
			В рыхлом состоянии			В виброуплотненном состоянии			В виброуплотненном и обезвоздушенном состоянии			В вакуумированном состоянии			В рыхлом состоянии			В виброуплотненном состоянии			В виброуплотненном и обезвоздушенном состоянии			В вакуумированном состоянии		
			T	V _ж	Г	T	V _ж	Г	T	V _ж	Г	T	V _ж	Г	T	V _ж	Г	T	V _ж	Г	T	V _ж	Г	T	V _ж	Г
10 см	$\frac{22,6}{11,2}$	—	689	197	116	755	216	29	—	—	—	787	163	50	750	221	29	772	225	3	—	—	—	820	172	8
5 см	$\frac{21,3}{10,3}$	—	665	183	122	767	202	31	—	—	—	786	151	63	754	203	13	784	212	4	—	—	—	824	162	14
1—2 см	$\frac{19,8}{9,7}$	—	638	150	212	786	185	29	808	190	2	796	137	67	696	174	130	796	200	4	—	—	—	834	152	11
9 сек	$\frac{—}{8,3}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	624	143	229	808	186	6	814	186	0	836	144	20
15 сек	$\frac{18,6}{7,9}$	—	560	120	320	794	169	37	817	177	6	800	125	75	590	122	290	828	168	4	829	169	2	843	143	14
30 сек	$\frac{17,3}{7,0}$	25	548	105	347	791	152	57	783	151	60	810	113	77	570	100	330	844	148	8	847	151	2	862	132	6
60 сек	$\frac{16}{6,4}$	25	537	87	376	815	132	53	818	144	28	—	—	—	—	—	—	842	135	23	860	138	2	—	—	—
150 сек	$\frac{14,7}{5,8}$	50	547	77	376	810	115	66	830	104	57	—	—	—	—	—	—	841	118	41	850	121	29	—	—	—
2,0 сек	$\frac{13,3}{5,2}$	20	550	63	387	764	87	123	810	92	28	—	—	—	582	74	344	826	110	61	766	104	130	—	—	—

* В числителе содержание воды в %, для легкого бетона; в знаменателе—для обычного бетона.

фазы. Однако, для суждения о плотности затвердевших бетонов, уплотненных тем или иным методом, при различных водосодержаниях бетонной смеси, только величина газообразной фазы недостаточна. Для этого следует сопоставлять суммарные объемы газообразных и жидких фаз или же объемы твердых фаз в единице объема.

Экспериментальные данные в виде конечных значений объемов твердых, жидких и газообразных фаз бетонной смеси в рыхлом состоянии, после виброуплотнения, после виброуплотнения с обезвоздушиванием и после вакуумирования, приводятся в табл. 1.

Из рассмотрения таблицы видно, что с увеличением жесткости бетонных смесей объем твердой фазы при виброуплотнении увеличивается с 755 до 821 л/м³ на пористых заполнителях и с 772 до 847 л/м³ на обычных заполнителях; с увеличением пригрузки плотность свежесжатого бетона на обоих видах заполнителя, за редким исключением, увеличивается. В частности, при жесткости 250 сек плотность имеет меньшее значение, чем при жесткости 150 сек; при виброуплотнении с обезвоздушиванием и при вакуумировании плотность свежесжатого бетона по сравнению с виброуплотненным за некоторыми исключениями повышается.

Соотношение объемов твердой, жидкой и газообразных фаз и зависимости от количества затворенной воды приводятся на рис. 6.

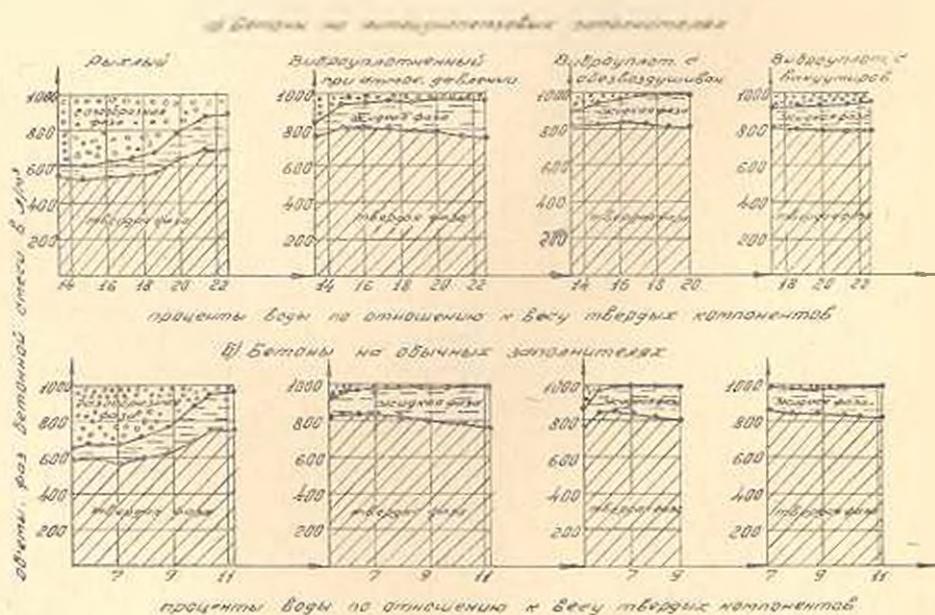


Рис. 6. Соотношение объемов твердой, жидкой и газообразной фаз бетонной смеси в л/м³.

Из рассмотрения графиков можно сделать следующие выводы: для бетонных смесей в рыхлом состоянии плотность их неуклонно увеличивается с увеличением содержания воды [2];

Таблица 2

Прочность на сжатие и растяжение бетонов в зависимости от метода их уплотнения

Подвижность бетонной смеси в см или сек	Метод уплотнения	Вид бетона	Объемный вес		Пределы прочности при растяжении в кг/см ²			Пределы прочности при сжатии в кг/см ²		
			в свежем виде	в высушенном виде	после пропарки	в возрасте 3 суток		после пропарки	в возрасте 3 суток	
						в возрасте 28 суток	после пропарки		в возрасте 28 суток	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10 см	вибрирование	легкий	1730	1460	9,3	3,1	10,9	114	33	130
		обычный	2340	2150	4,8	3,3	15,0	71	37	199
	вакуумирование	легкий	1730	1510	12,8	4,7	14,1	175	55	217
		обычный	2410	2280	11,8	6,8	19,0	170	74	283
	обезвоздушивание	легкий	1740	1470	11,5	4,9	14,0	135	56	190
		обычный	2280	2190	12,7	5,8	21,6	141	55	237
5 см	вибрирование	легкий	1730	1480	10,3	3,9	11,3	123	44	171
		обычный	2360	2190	7,5	4,2	14,9	104	49	188
	вакуумирование	легкий	1720	1515	12,5	4,9	14,9	172	74	246
		обычный	2410	2290	12,9	8,7	18,5	175	92	279
	обезвоздушивание	легкий	1740	1480	13,4	6,0	13,8	12	75	236
		обычный	2390	2220	13,8	8,7	22,6	158	87	254
1 см	вибрирование	легкий	1750	1510	11,4	6,5	13,5	135	75	208
		обычный	2380	2220	9,2	6,3	14,1	134	74	246
	вакуумирование	легкий	1740	1550	13,7	9,3	18,2	195	104	272
		обычный	2430	2320	17,6	10,7	19,1	233	125	342
	обезвоздушивание	легкий	1800	1550	12,3	7,1	16,2	171	76	249
		обычный	2390	2240	11,5	7,0	16,2	154	89	249
15 сек	вибрирование	легкий	1750	1430	12,4	7,5	14,7	169	91	248
		обычный	2430	2305	18,0	12,3	19,0	231	151	342
	вакуумирование	легкий	1730	1550	13,6	10,6	17,2	188	133	293
		обычный	2440	2340	21,3	14,9	22,4	279	179	392
	обезвоздушивание	легкий	1810	1590	14,8	9,4	16,9	244	111	282
		обычный	2430	2310	18,2	12,4	21,8	280	186	416
30 сек	вибрирование	легкий	1770	1570	12,9	7,8	18,2	187	100	272
		обычный	2450	2340	17,3	12,6	26,0	263	186	424
	вакуумирование	легкий	1750	1560	13,9	10,2	16,0	216	106	277
		обычный	2400	2310	20,2	13,3	27,8	256	167	378
	обезвоздушивание	легкий	1810	1600	16,2	12,9	19,3	238	135	288
		обычный	2470	2360	21,8	13,5	32,7	301	238	457

Продолж. табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
60 сек	вибрирование	легкий	1750	1560	14,2	9,5	17,5	214	147	311
		обычный	2440	2350	19,7	15,4	21,0	331	229	398
	обезвоздушивание	легкий	1800	1610	15,7	11,5	21,0	261	132	370
		обычный	2490	2395	24,1	19,5	33,0	392	282	502
150 сек	вибрирование	легкий	1750	1580	13,7	13,0	18,5	230	144	332
		обычный	2410	2340	22,4	18,6	31,8	364	259	469
	обезвоздушивание	легкий	1760	1570	17,5	11,3	19,9	232	161	361
		обычный	2490	2410	26,2	23,6	31,7	425	326	602

плотность бетонной смеси увеличивается с уменьшением количества затворенной воды при применении любого из методов уплотнения;

при пластичных бетонных смесях целесообразно применять вакуумирование, а при жестких — обезвоздушивание с виброуплотнением.

6. Сопоставление прочностей бетонов на обычных и пористых заполнителях при различных методах их уплотнения

Изучение уплотняемости бетонных смесей уплотненных различными методами (виброуплотнением, виброуплотнением с обезвоздушиванием и виброуплотнением с вакуумированием) показали, что использование вакуума в технологии бетона позволяет существенно повышать плотность свежесжатого бетона. На основании этих данных можно утверждать, что с повышением плотности свежесжатого бетона существенно улучшатся и прочностные характеристики [5, 6]. Для установления абсолютных значений получаемых прочностей, автором были поставлены прямые опыты.

Экспериментальные данные испытания на сжатие и растяжение бетонов на пористых и обычных заполнителях приводятся в табл. 2. На

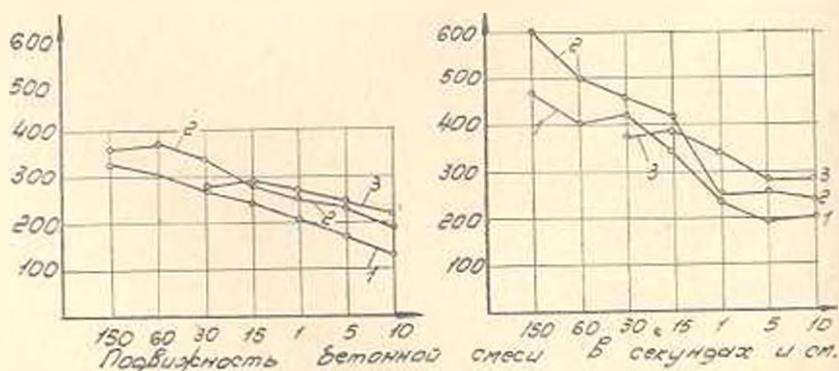


Рис. 7. Прочность на сжатие бетонов на обычных и литонипемзювых заполнителях, в зависимости от метода уплотнения бетонной смеси. В левой части приведен график для бетонов на литонипемзювых заполнителях, а в правой части — для бетонов на обычных заполнителях. 1 — виброуплотненный бетон; 2 — бетон обезвоздушиванный с вибрацией; 3 — вакуумированный бетон.

основании данных таблицы были построены графики зависимости прочности бетонов на сжатие и растяжение от методов уплотнения.

В частности, графики для бетонных образцов 28-дневного твердения представлены при сжатии на рис. 7 и при растяжении на рис. 8.

Из рассмотрения графиков видно, что влияние различных методов уплотнения на бетоны, изготовленные на обычном и литондиопемзовых заполнителях остается одинаковым. Разница заключается лишь в абсолютных значениях прочностей.

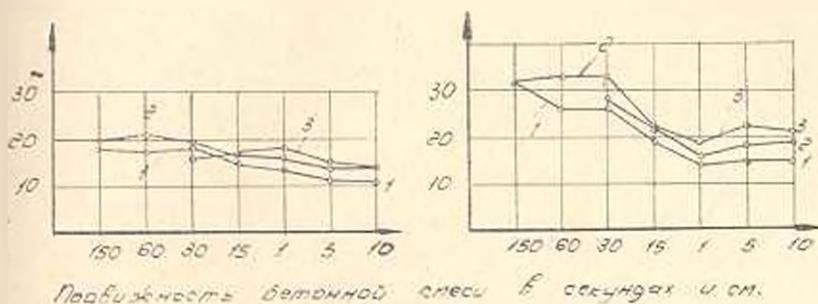


Рис. 8. Прочность на растяжение бетонов на обычных и литондиопемзовых заполнителях, в зависимости от метода уплотнения бетонной смеси. В левой части приведен график для бетонов на литондиопемзовых заполнителях, а в правой части для бетонов на обычных заполнителях.

Экспериментальные данные приводят к выводу, что для бетонных смесей с осадкой конуса 1,5 и 10 см наилучший эффект дает вакуумирование, повышающее прочность бетона 28-дневного возраста по сравнению с виброуплотненным на 40—50% при сжатии и на 35—50% при растяжении в обычных бетонах и на 30—70% при сжатии и 27—38% при растяжении в легких бетонах; при дальнейшем повышении жесткости бетонных смесей вакуумирование не эффективно.

Виброуплотнение с одновременным обезвоздушиванием приводит к повышению прочности бетона при всех консистенциях бетонной смеси, причем превышение прочности бетона 28-дневного возраста по сравнению с виброуплотненным бетоном в среднем составляет для обычных бетонов 20% при сжатии и растяжении и для легких бетонов 24% при сжатии и 17% при растяжении; повышение прочности пропаренных образцов для обычных бетонов составляет 35% при сжатии и 75% при растяжении, а для легких бетонов 25% при сжатии и растяжении.

В обычных бетонах процесс обезвоздушивания выявил наилучшие результаты для подвижных смесей.

Выводы

Обезвоздушивание бетонной смеси в рыхлом состоянии улучшает ее уплотняемость при последующем виброуплотнении и приводит к существенному повышению прочности бетона независимо от консистенции бетонной смеси и вида заполнителей. Обезвоздушивание уже уплотненной бетонной смеси, наоборот, приводит к вспучиванию ее, наглядно пока-

ывая наличие газовой фазы. Для получения плотных бетонов целесообразно при подвижных бетонных смесях применять обычный метод вакуумирования, а для жестких — метод обезвоздушивания. Конкретные области целесообразного использования метода обезвоздушивания бетонных смесей и способы формирования тех или иных изделий с улучшением этого метода, требует дальнейшего изучения.

Армянский НИИ
строительных материалов и сооружений

Поступило 22 X 1961

Ա. Մ. ԱՍՐԻԱՆ

ԲԵՏՈՆԻ ՏՆԵՆԱՎՈՐՈՒԱՅԻ ՄԵՋ ՎԱԿՈՒՈՒՄԻ ՍԿԱՎՈՐՄԱՆ ԵՐԱՆԻ
ՆԱԲԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՆՏԱՉՍՏՈՒԹՅՈՒՆԸ*

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հոլովածում նկարագրված են սովորական և ծակոտկեն լցանյութերից վակուումի և օդազրկման մեթոդներով պատրաստված բետոնների վերաբերյալ կատարած հետազոտությունների արդյունքները՝ նրանց կիրառման ուղիունալ ընազավաուր սրոշելու նպատակով: Նշված մեթոդների համադրման նպատակով ուսումնասիրված են բետոնային խառնուրդների խառնայիություն և բետոնի ամրության ընթացիկը կրեք տեսակի խառնածան ղեպքում՝ 1) քրթուղման, 2) վակուումի և 3) օդազրկմամբ քրթուղման հետ միասին:

Բետոնային խառնուրդի օդազրկումը փխրուն վիճակում հետագա քրթուղման հետ միասին բարելավում է նրա խառնայիությունը և նշանակելիորեն բարձրացնում բետոնի ամրությունը՝ անկախ բետոնային խառնուրդի քանակությունից և լցանյութերի տեսակից:

Խիտ բետոններ ստանալու համար առաջարկվում է բետոնային շարժուն խառնուրդներում կիրառել վակուումի սովորական մեթոդը, իսկ կոշտ բետոնների համար՝ օդազրկման մեթոդը:

Նշվում են այդ մեթոդների նպատակահարմար օդադորմման կոնկրետ ընազավաուների բետոնային շինվածքների տեխնոլոգիայում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Симонов М. Э. О тактовой фазе в бетонной смеси и бетоне. Тр. конференции по технологии бетона. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1957.
2. Симонов М. Э. Факторы плотности бетона на литальной смеси и других пористых заливочных материалах. Сб. Гидротехнический бетон на литальной смеси. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1958.
3. Симонов М. Э. Новый прибор и метод изучения свойств бетонной смеси. Известия АН АрмССР, (серия ТН) т. XVII, № 3, 1954.
4. Симонов М. Э. и Мелконян Т. Г. Метод определения прочности на сжатие и растяжение на бетоне на примере. Известия АН АрмССР, (серия ТН) т. XI, № 3, 1958.
5. Симонов М. Э. Вопросы расчета прочности бетонов. Известия АН АрмССР, т. VI, № 5—6, 1953.
6. Akroyd T. N. W. Concrete. Properties and manufacture. London, Pergamon Press, 1962.

* Արտատպերը խառնուրդի և պրոբի Ա 2 հիմանով ղեկավարվածք: