

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА И СТАБИЛИЗАЦИЯ СВОЙСТВ БЕТОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ ИЗ ПРОДУКТОВ СЖИГАНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Дорофеев В.С., Майстренко О.Ф. *(Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)*

Получены оптимальные составы бетонов с использованием в качестве заполнителей сепарированных продуктов сжигания твердых бытовых отходов (ТБО). Приведены свойства полученных бетонов, определены прочностные характеристики и марки по морозостойкости.

Основным материалом, получившим наибольшее распространение в строительстве, продолжает оставаться бетон. Назначение составов бетонов различных видов связано с учетом влияния заполнителей на их свойства. Формирование макроструктуры строительных композитов происходит под влиянием заполнителей в результате взаимодействия растворной части и заполнителей. Следовательно, физико-механические свойства бетонов определяются как индивидуальными свойствами микро- и макроструктур, так и их взаимодействием в периоды структурообразования и эксплуатации [1].

В ОГАСА были исследованы продукты сжигания бытовых отходов заводов Днепропетровска, Киева, Севастополя, Харькова с целью выяснения возможности их использования в качестве заполнителей в цементных бетонах и гипсобетонах.

При подборе состава бетона использовались заполнители в воздушно-сухом состоянии. Особое внимание уделяли выбору рационального зернового состава заполнителей и оптимального содержания воды в смеси.

Расчет моделей и их графическое отражение проводились в системе СОМРЕХ разработанной профессором В.А. Вознесенским [2]. В качестве вяжущего применялся цемент Одесского завода марки 400, в качестве заполнителей – продукты сжигания твердых бытовых отходов. Состав бетона для каждой строчки плана подбирался таким образом, чтоб расход воды обеспечивал заданную подвижность бетонной смеси 2...3 см. Для каждого опыта готовились образцы-кубы размером 100×100×100 мм, затем испытывались на 28-е сутки твердения в нормальных условиях. Получены зависимости прочности и плотности бе-

тона от его состава. В качестве независимых переменных были приняты – расход цемента и количество заполнителя.

Бетон на гранитном щебне с использованием золошлаковой смеси как мелкого заполнителя. Независимыми переменными приняты: расход цемента ($C = 300 \pm 75 \text{ кг/м}^3$), соотношение расхода гранитного щебня к золошлаковой смеси по массе ($Щ/г : 3/с = 2,5 \pm 0,5 : 1$).

В результате обработки экспериментальных данных получены адекватные математические модели. Зависимость прочности бетона при сжатии от его состава, полученные из эксперимента (табл. 1), представлены на рис.1.

Таблица 1.

План эксперимента в кодированных и натуральных значениях факторов

№ опыта	Матрица		Расход на 1 м ³ бетона				Плотность бетона, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа
	X ₁	X ₂	цемент, кг	щебень гранитный, кг	Золошлаковая смесь, кг	вода, л		
1	+1	+1	375	1200	400	255	2185	31,6
2	+1	-1	375	1140	570	280	2120	23,5
3	-1	+1	225	1200	400	200	1890	12,9
4	-1	-1	225	1140	570	230	1850	9,5
5	+1	0	375	1160	460	270	2170	26,0
6	-1	0	225	1160	460	220	2030	13,8
7	0	+1	300	1200	400	250	2170	22,4
8	0	-1	300	1140	570	270	2150	20,8
9	0	0	300	1160	460	260	2180	22,0
10	0	0	300	1160	460	260	2130	20,5
11	0	0	300	1160	460	260	2140	20,0

Анализ модели (рис.1) показывает, что исследуемый фактор оказывает нелинейное влияние на выходной параметр. При оптимальном соотношении гранитного щебня к золошлаковой смеси 3:1 и расходе цемента 375 кг/м³ можно получить бетон класса В25, со средней плотностью 2100 кг/м³. Эксплуатационные качества бетона зависят от термических характеристик заполнителя: температурного расширения, удельной теплоемкости и теплопроводности. Коэффициент температурного расширения заполнителя влияет на величину коэффициента расширения бетона и зависит от содержания заполнителя в бетонной смеси и ее состава в целом.

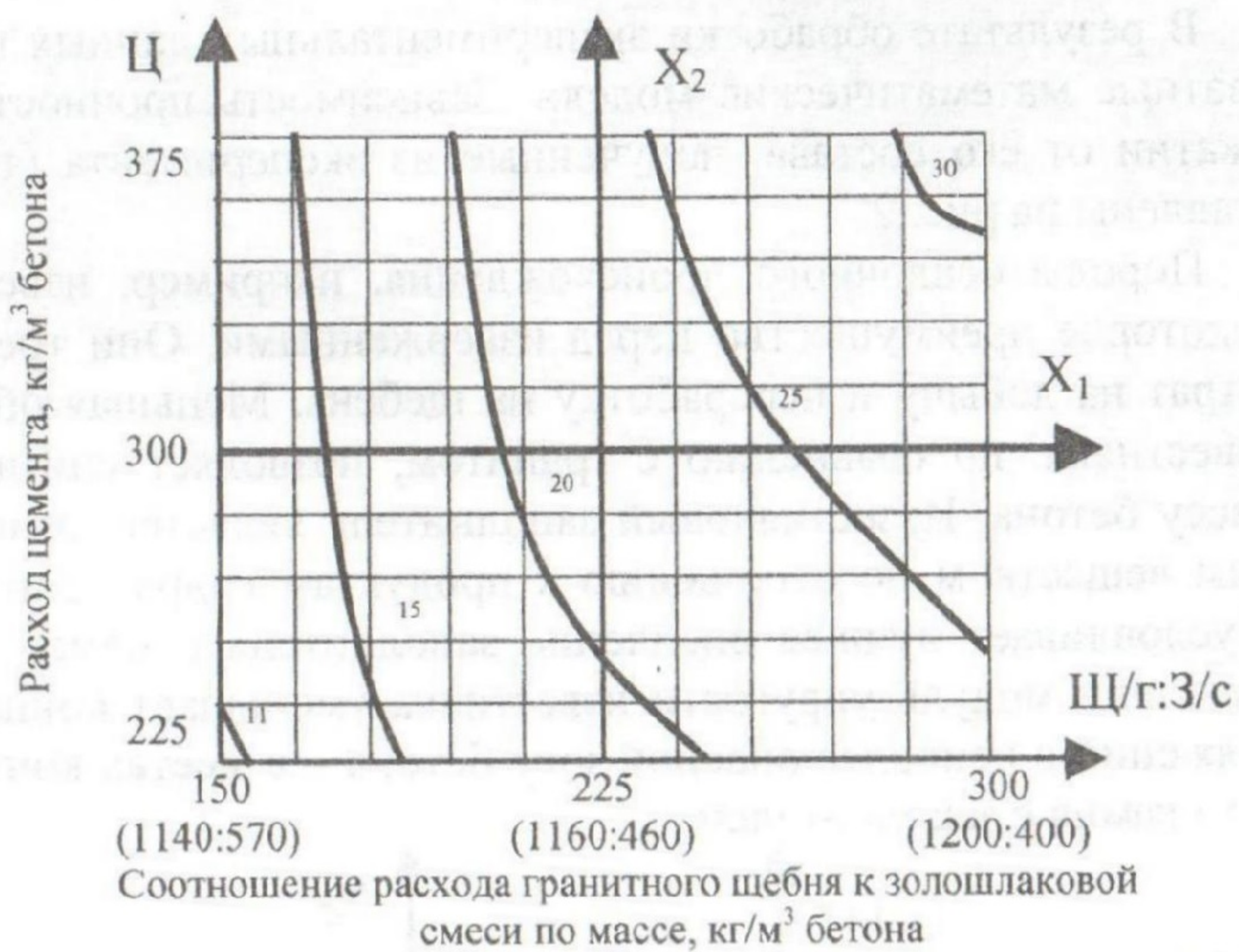


Рис. 1 Зависимость прочности бетона при сжатии от состава, МПа

Бетон на известняковом щебне и золошлаковой смеси.

В качестве независимых переменных приняты: расход цемента ($\text{Ц} = 275 \pm 75 \text{ кг/м}^3$), соотношение расхода известнякового щебня к золошлаковой смеси по массе ($\text{Щ/и} : \text{З/с} = 3 \pm 2 : 1$).

Таблица 2.

План эксперимента в кодированных и натуральных значениях факторов

№ опыта	Матрица		Расход на 1 м ³ бетона				Плотность бетона, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа
	X ₁	X ₂	цемент, кг	щебень известняковый, кг	золошлаковая смесь, кг	вода, л		
1	+1	+1	220	1100	350	325	1785	10,6
2	+1	-1	220	1100	200	280	1720	4,6
3	-1	+1	650	650	350	360	1740	8,9
4	-1	-1	650	650	200	320	1640	3,6
5	+1	0	220	1100	275	300	1740	7,4
6	-1	0	650	650	275	335	1650	6,7
7	0	+1	350	1050	350	325	1780	9,5
8	0	-1	350	1050	200	290	1650	4,3
9	0	0	350	1050	275	310	1720	7,2
10	0	0	350	1050	275	310	1740	6,8
11	0	0	350	1050	275	310	1730	7,0

В результате обработки экспериментальных данных получены адекватные математические модели. Зависимость прочности бетона при сжатии от его состава, полученные из эксперимента (табл. 2), представлены на рис. 2.

Породы осадочного происхождения, например, известняк, имеют некоторое преимущество перед изверженными. Они требуют меньше затрат на добычу и переработку на щебень. Меньшая объемная масса известняка, по сравнению с гранитом, позволяет снизить объемную массу бетона. Известняковый заполнитель является химически активным веществом по отношению к продуктам гидратации цемента, что обуславливает лучшее сцепление заполнителя с цементным камнем. Меньший модуль упругости известняка уменьшает концентрацию напряжений в наиболее опасной зоне бетона – в местах контакта цементного камня с заполнителем.

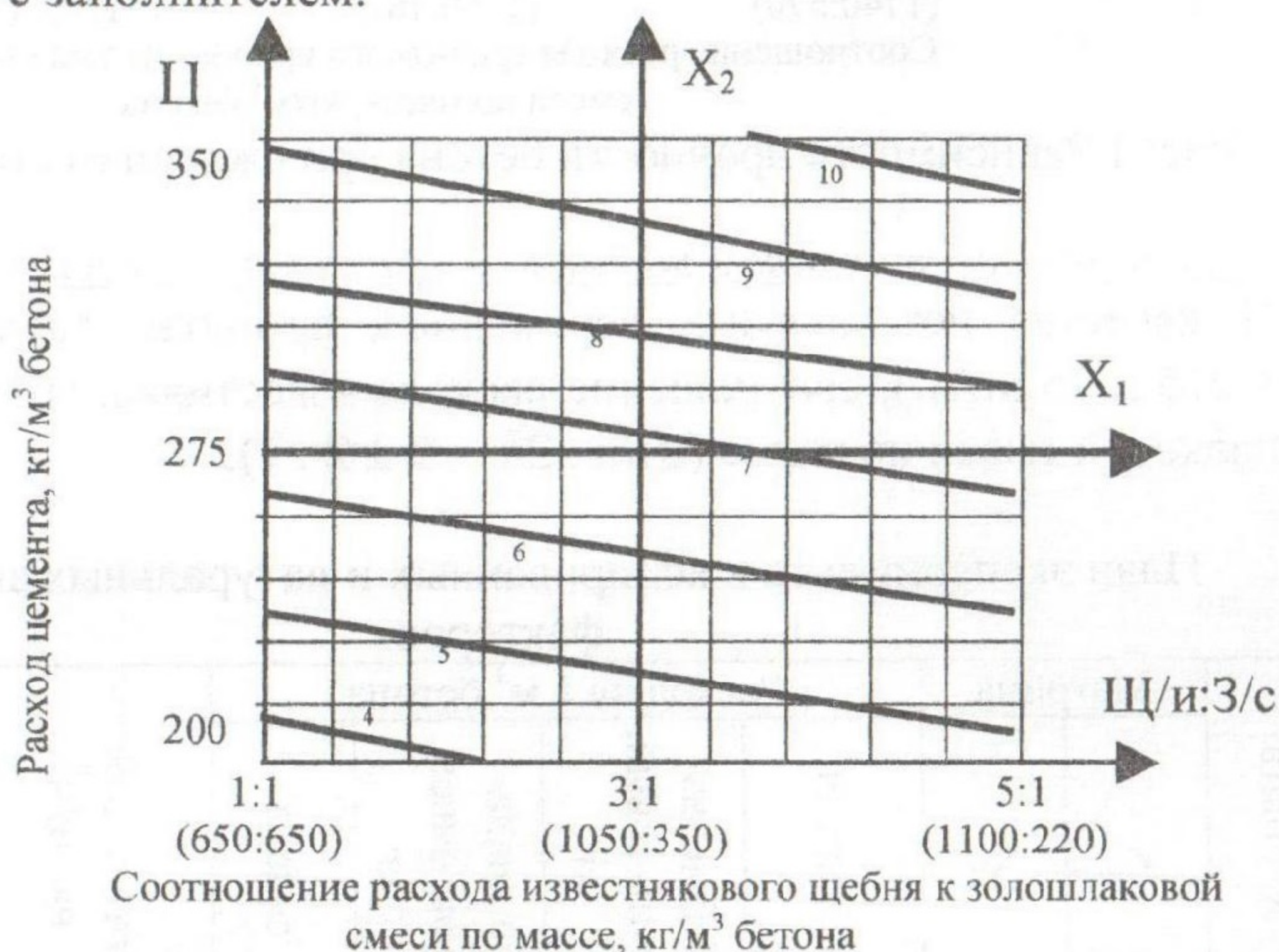


Рис. 2. Зависимость прочности бетона при сжатии от состава, МПа

Анализ модели (рис. 2) показывает, что при расходе цемента 200 кг/м^3 и соотношении расхода известнякового щебня к золошлаковой смеси 1:1 прочность бетона составляет 4 МПа. При увеличении соотношения расхода щебня к золошлаковой смеси от 1:1 до 5:1 и расходе цемента 350 кг/м^3 – прочность 10 МПа. Средняя плотность бетона – 1740 кг/м^3 .

Бетон на щебне из продуктов сжигания и кварцевом песке.

В качестве независимых переменных приняты: расход цемента ($\text{Ц} = 250 \pm 50 \text{ кг/м}^3$), соотношение расхода щебня из продуктов сжигания к песку по массе ($\text{Щ:П} = 1 \pm 0,25:1$).

Таблица 3.

План эксперимента в кодированных и натуральных значениях факторов

№ опыта	Матрица		Расход на 1 м ³ бетона				Плотность бетона, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа
	X ₁	X ₂	песок, кг	щебень, кг	цемент, кг	вода, л		
1	+1	+1	780	980	300	225	2090	13,2
2	+1	-1	820	1030	200	200	2070	10,4
3	-1	+1	1040	780	300	300	2100	11,7
4	-1	-1	1060	800	200	200	2070	9,3
5	+1	0	815	1020	250	250	2080	12,0
6	-1	0	1050	790	250	250	2090	11,1
7	0	+1	870	870	300	300	2050	12,8
8	0	-1	910	910	200	200	2030	10,0
9	0	0	890	890	250	210	2040	11,5
10	0	0	890	890	250	210	2050	11,3
11	0	0	890	890	250	210	2040	11,0

После обработки эксперимента (табл. 3) получена адекватная математическая модель зависимости прочности бетона при сжатии от его состава (рис. 3).

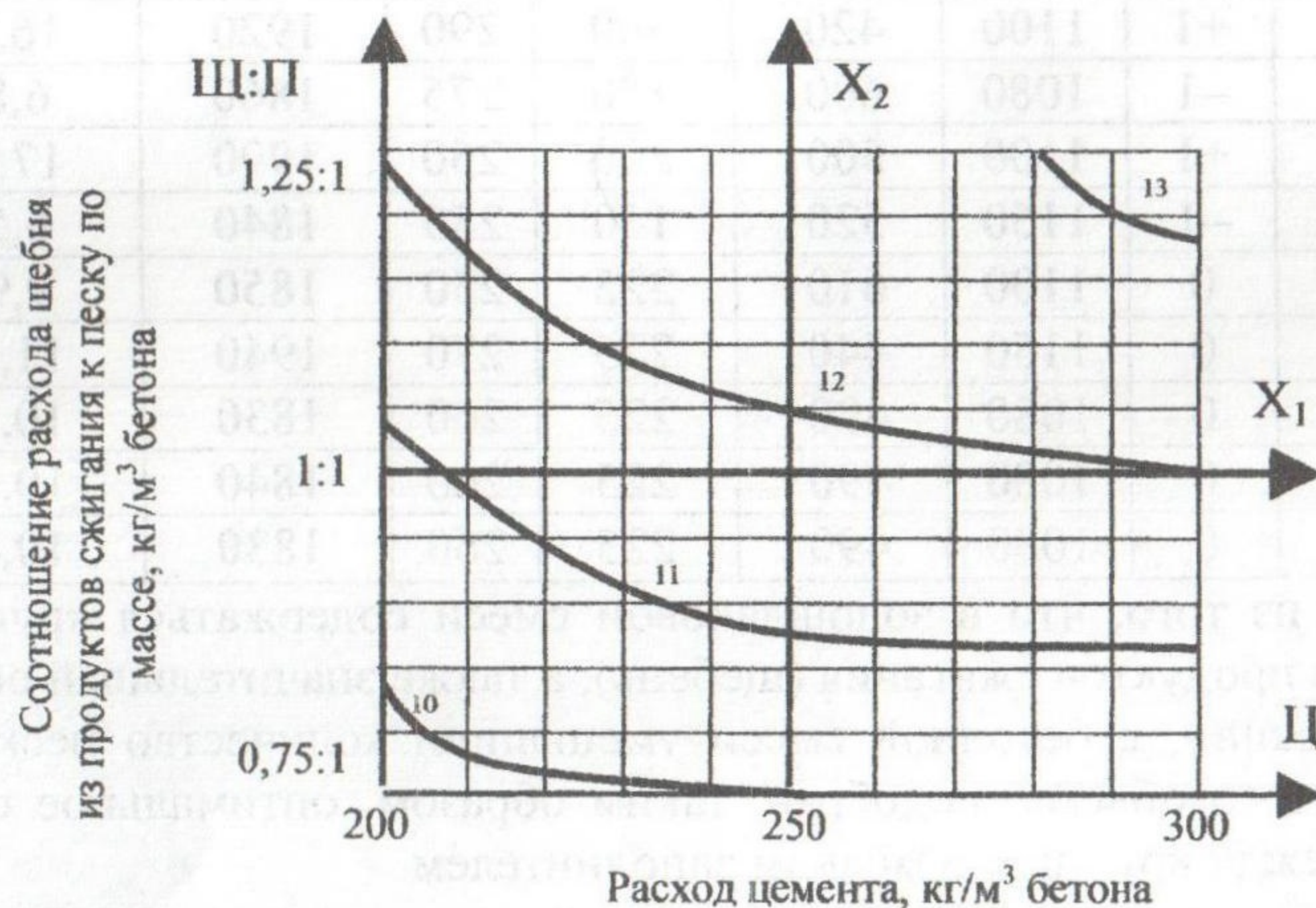


Рис. 3. Зависимость прочности бетона при сжатии от состава, МПа

Исходя из того, что в заполнителе содержится значительное количество малопрочных, хрупких включений шлака и гладких кусков стекла, керамики в бетоне ослабляется зона контакта крупный заполнитель – цементно-песчаный раствор.

Прочность бетона изменяется в пределах 10...13 МПа, оба фактора оказывают на прочность не линейное влияние. Соотношение расхода цемента к расходу щебня из продуктов сжигания практически не влияют на среднюю плотность бетона и оказывают незначительное влияние на прочность бетона.

Бетон на золошлаковой смеси и кварцевом песке.

В качестве независимых переменных приняты: расход цемента ($C = 225 \pm 75 \text{ кг/м}^3$), соотношение расхода золошлаковой смеси (фракция 0...10 мм) к песку по массе ($Z/c:П = 2,2 \pm 0,4:1$). Образцы-кубы подвергались термовлажностной обработке.

Таблица 4.

План эксперимента в кодированных и натуральных значениях факторов

№ опыта	Матрица		Расход на 1 м ³ бетона				Плотность бетона, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа
	X ₁	X ₂	золошла- ковая смесь, кг	песок, кг	цемент, кг	вода, л		
1	+1	+1	1000	550	300	260	1900	13,9
2	-1	-1	1150	440	150	280	1740	5,1
3	-1	+1	1100	420	300	290	1920	16,2
4	+1	-1	1080	600	150	275	1860	6,8
5	0	+1	1100	500	300	250	1990	17,0
6	0	-1	1150	520	150	255	1840	6,5
7	+1	0	1100	610	225	250	1850	9,9
8	-1	0	1150	440	225	270	1940	11,0
9	0	0	1080	490	225	260	1830	10,7
10	0	0	1080	490	225	260	1840	10,5
11	0	0	1080	490	225	260	1830	10,4

Исходя из того, что в золошлаковой смеси содержатся крупные фракции из продуктов сжигания (щебень), а также значительный объем мелких фракций, в бетонной смеси уменьшили количество песка на величину этого объема, подобрав, таким образом, оптимальное соотношение между крупным и мелким заполнителем.

После обработки эксперимента (табл. 4) получена адекватная математическая модель зависимости прочности бетона от его состава

(рис. 4). Прочность бетона изменяется в пределах 7...14 МПа, оба фактора оказывают на прочность не линейное влияние.

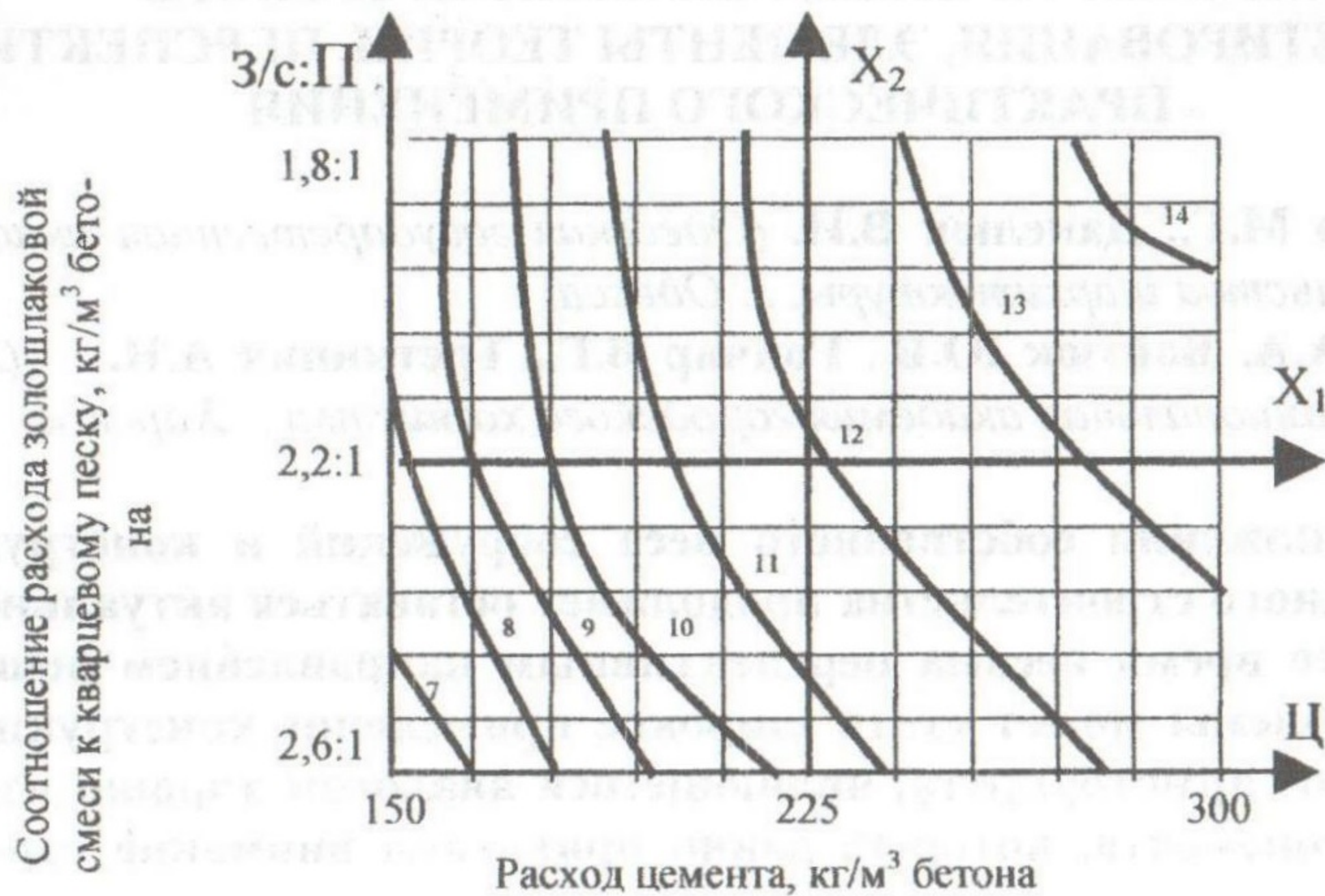


Рис. 4. Зависимость прочности бетона при сжатии от состава, МПа

Увеличение соотношения расхода золы к песку приводит к снижению прочности бетона. Основным фактором, определяющим зерновой состав смеси является: удельная поверхность заполнителя, которая определяет количество воды, расходуемое на увлажнение поверхности зерен. Необходимо контролировать состав каждого вида заполнителей в отдельности.

По морозостойкости бетон на известняковом щебне и золошлаковой смеси соответствует марки F 50, на щебне из продуктов сжигания и песке – F 75, на золошлаковой смеси и песке – F 75.

Вывод

По своим физико-механическим характеристикам бетоны, полученные с применением продуктов сжигания ТБО могут найти свое применение в ограждающих конструкциях малоэтажных зданий и сооружениях производственного назначения в качестве низкопрочных.

1. Дорофеев В.С., Выровой В.Н. Технологическая поврежденность строительных материалов и конструкций. – Одесса: Город мастеров, 1998. – 168 с.
2. Методические указания по моделированию систем «смесь – технология – свойства» с использованием ЭВМ в курсовом и дипломном проектировании по кафедре ПАТСМ / Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В., Абокумов В.В. и др. – Одесса: ОИСИ, 1985. – 64 с.