

МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫЕ ЦЕМЕНТЫ С ДОБАВКОЙ ДОМЕННОГО ШЛАКА И БЕТОНЫ НА ИХ ОСНОВЕ

Матковский В.Д., Барабаш И.В., Щербина С.Н. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Исследовано влияние механоактивации, количества и дисперсности молотого доменного шлака на кинетику твердения цементных бетонов. Определены оптимальные составы бетонов, обеспечивающие марки по прочности при сжатии от М 200 до М 700.

Возможность управления структурообразованием КСМ и получения материалов заданного качества при минимальных расходах ресурсов в большой степени основывается на оптимизации технологических процессов их изготовления [1, 3]. Это, в свою очередь, подразумевает установление зависимостей, определяющих влияние на параметры материала рецептурных и технологических факторов на всех стадиях изготовления изделий [2, 4]. В качестве основного объекта исследований были выбраны тяжелые бетоны, для приготовления которых в качестве вяжущего использовались наполненные молотым доменным шлаком цементные суспензии, прошедшие механохимическую обработку в скоростном трибоактиваторе.

Эксперименты поставлены по D-оптимальному плану типа МТQ — треугольники (v_i) на кубе (x_i). В качестве смесевых варьируемых факторов (v_i) заданы удельные поверхности молотого доменного шлака ($S_{уд}=300\pm 200 \text{ м}^2/\text{кг}$) при условии ($v_1 + v_2 + v_3 = 1$).

Независимыми рецептурно-технологическими факторами были приняты:

- а) температура изотермической выдержки ($x_4=65\pm 25 \text{ }^\circ\text{C}$);
- б) расход вяжущего на 1 м^3 бетона ($x_5=350\pm 100 \text{ кг}$);
- в) содержание молотого доменного шлака в вяжущем ($x_4=35\pm 30\%$)

В качестве добавки пластификатора использовался порошок торговой марки С-3 (ТУ 64-16-265-80) Новомосковского завода «Оргсинтез»

В качестве заполнителей использовался кварцевый песок с $M_{кр}=2,2$ и гранитный щебень фракции 5...20 мм. Приготовление бетонной смеси осуществлялось как по отдельной (с применением механоактивации вяжущего в трибоактиваторе), так и по традиционной технологии.

Подвижность бетонной смеси по осадке конуса в каждой строчке плана эксперимента, как по отдельной так и по традиционной технологии, принималась равной 2-3 см. заданная подвижность смеси достигалась корректировкой количества воды затворения. Твердение образцов происходило как в условиях тепловлажностной обработки в пропарочной камере ($\tau_{из}=8$ час), так и в нормальных условиях.

Графическая интерпретация модели, описывающей влияние рецептурно-технологических и смесевых факторов на $R_{сж}$ бетонов на механоактивированном вяжущем непосредственно после ТВО в виде «треугольников на квадрате» представлена на рис. 1.

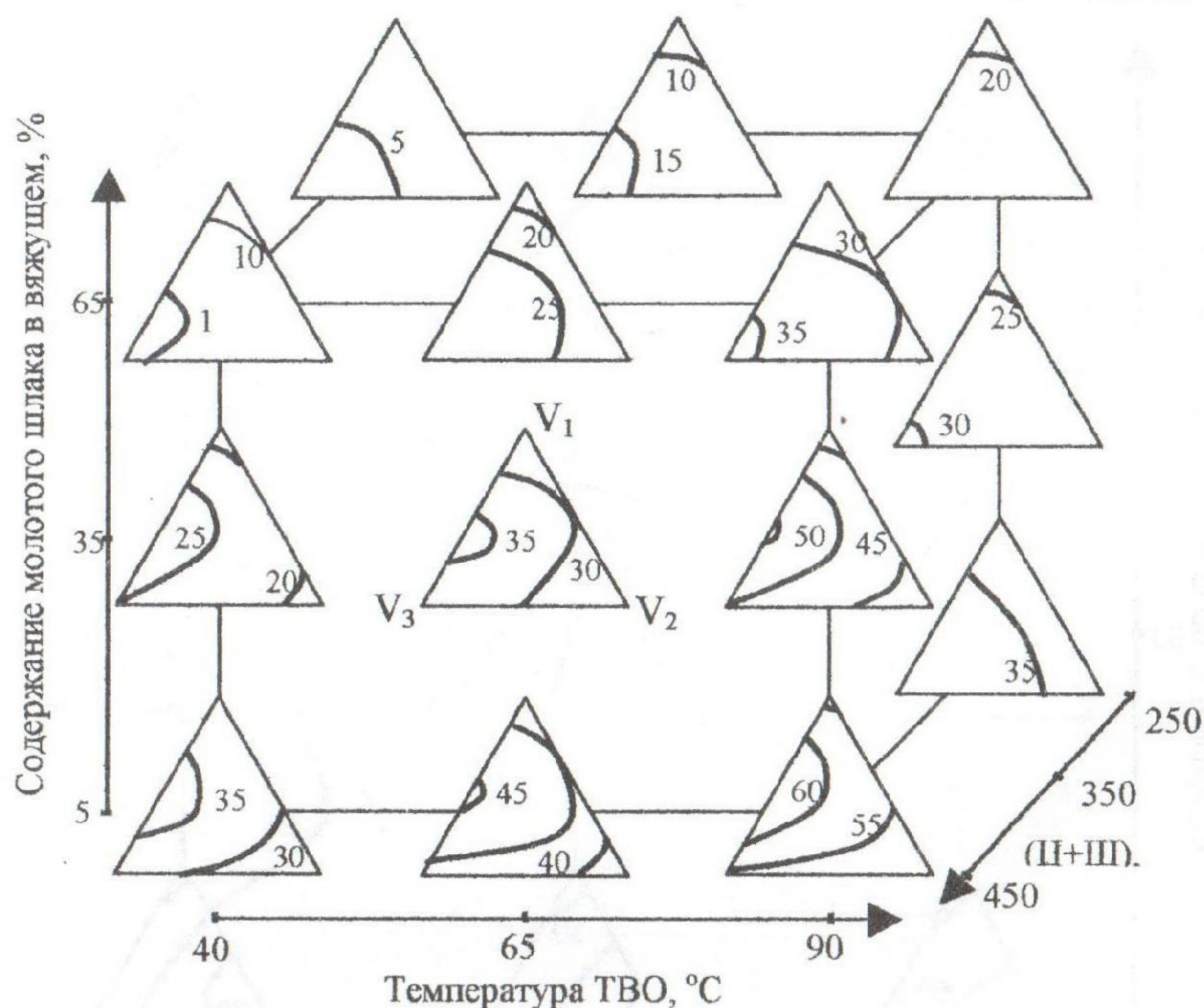


Рис.1. Влияние рецептурно-технологических и смесевых факторов на $R_{сж}$ бетонов (МПа) на механоактивированном вяжущем после ТВО

Анализ модели свидетельствует о значительном влиянии гранулометрического состава молотого доменного шлака на $R_{сж}$ бетона. Установлено, что максимальная прочность бетона достигается наполнением портландцемента молотым шлаком двух удельных поверхностей v_1 и v_3 в соотношении близком к 1:1. Смещение порошков таких фракций

обеспечивает удельную поверхность смеси $300 \text{ м}^2/\text{кг}$, что соответствует удельной поверхности средней фракции (v_2) молотого шлака. Однако, прочность при сжатии бетонов, содержащих полифракционный доменный шлак (v_1+v_3) превышает прочность бетонов на вяжущем, наполненном шлаком с удельной поверхностью v_2 в 2,4...4 раза. С течением времени максимальная прочность образцов сдвигается в область составов, содержащих большее количество шлака с $S_{y0}=500 \text{ м}^2/\text{кг}$. Так у образцов на механоактивированном вяжущем испытанных через 28 суток после ТВО, максимальная прочность при сжатии наблюдается у составов, содержащих молотый доменный шлак фракций v_1 и v_3 в соотношении от 1:2 до 1:3 (рис.2).

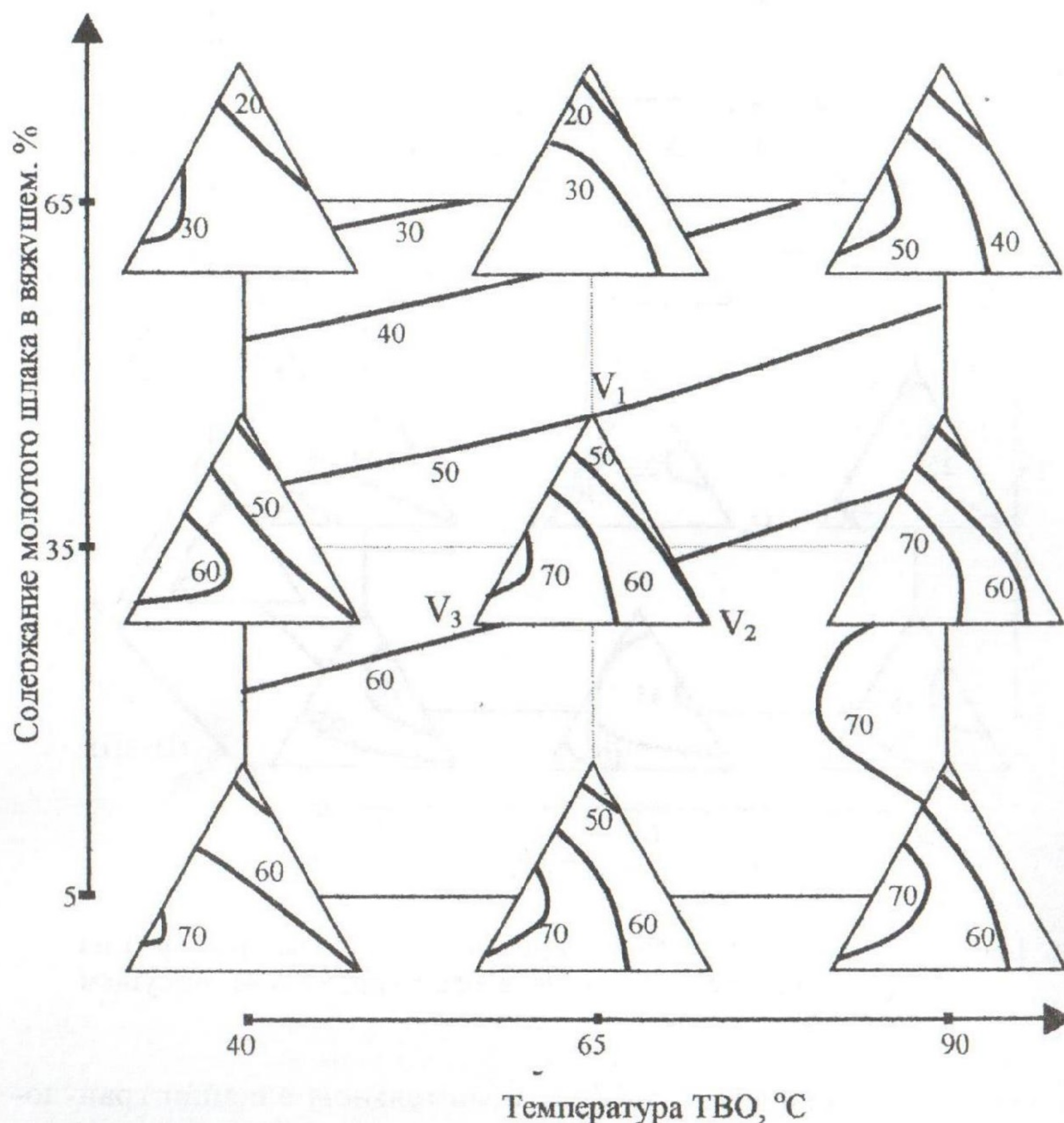


Рис. 2. Влияние степени наполнения и температуры изотермического прогрева на прочность при сжатии бетонов на механоактивированном вяжущем через 28 суток после ТВО, МПа

Следует отметить, что для бетонов, полученных по традиционной технологии, также наблюдается влияние удельной поверхности молотого шлака на прочность при сжатии. Максимальная прочность бетона сразу после ТВО достигается введением в вяжущее доменного шлака с удельной поверхностью $500 \text{ м}^2/\text{кг}$. В частности, для бетона содержащего $350 \text{ кг}/\text{м}^3$ (содержание шлака – 35%) и твердевшего при температуре $T=65^\circ\text{C}$ прочность при сжатии увеличивается с 4 МПа ($S_{уд}=100 \text{ м}^2/\text{кг}$) до 16 МПа ($S_{уд}=500 \text{ м}^2/\text{кг}$), рис.3.

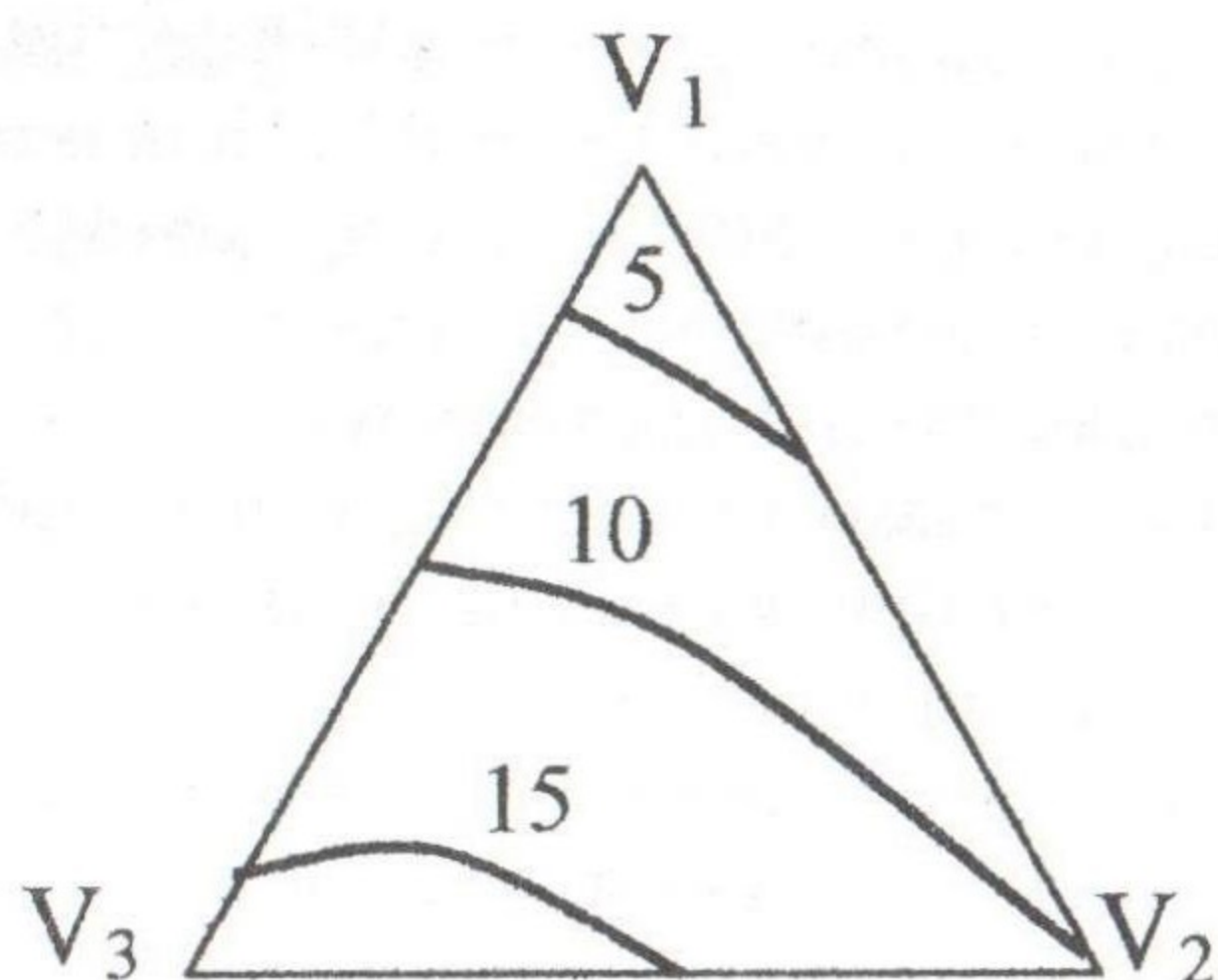


Рис.3. Влияние удельной поверхности молотого шлака на $R_{сж}$ бетонов (МПа), изготовленных по традиционной технологии после ТВО

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что механохимическая активация наполненной шлаком цементной суспензии приводит к резкому ускорению набора прочности бетона. Из множества причин, приводящих к повышению прочности бетона на механоактивированном вяжущем можно выделить три наиболее значимых:

1. Снижение эффективной вязкости суспензии в процессе ее механохимической активации, что дает возможность снизить количество воды затворения при сохранении необходимой подвижности бетонной смеси;

2. Более однородное расположение тонкодисперсных частиц доменного шлака в объеме цементной суспензии;

3. Поверхностная активация частиц цемента и шлака.

Рассматривая степень влияния каждого из этих факторов на повышение прочности бетона следует отметить, что расход воды затворения на 1 м^3 бетонной смеси, готовившейся по традиционной технологии, в каждой точке плана эксперимента увеличивался по сравнению со смесью на механоактивированном вяжущем не более чем на 20 литров. Таким образом, отличие между показателями водоцементного отношения не превышало $0,1 \dots 0,15$. В соответствии с общепринятыми представлениями [5] такое увеличение В/Ц может привести к повышению прочности бетона не более чем на 20-30%. Однако проведенные исследования показали, что прочность при сжатии бетонов на механоакти-

вированном вяжущем превышает этот показатель для бетонов, смеси которых готовились по традиционной технологии, в 2-3 раза.

Степень гомогенности также не является решающим фактором в повышении прочности бетона. Об этом свидетельствует тот факт, что при использовании в качестве наполнителя к цементу молотого шлака с максимальной удельной поверхностью ($S_{уд}=500 \text{ м}^2/\text{кг}$) и, поэтому, обладающего наибольшей склонностью к агрегации, степень гомогенности была бы минимальной при использовании традиционной технологии приготовления бетонной смеси. Однако результаты испытаний доказывают обратное, а именно: увеличение удельной поверхности молотого шлака приводит к повышению прочности бетона. Следовательно определяющее значение на повышение прочности бетона оказывает механохимическая активация тонкодисперсных частиц цемента и доменного шлака.

Относительный прирост прочности цементного камня, вяжущее которого активировалось в скоростном смесителе, по отношению к контролю (вяжущее готовилось традиционным способом) неоднозначен в исследуемом факторном пространстве. В частности, относительный прирост прочности $K=R_{ма}/R_{тт}$ резко возрастает со снижением температуры изотермического прогрева изделий при любой степени наполнения (рис.4).

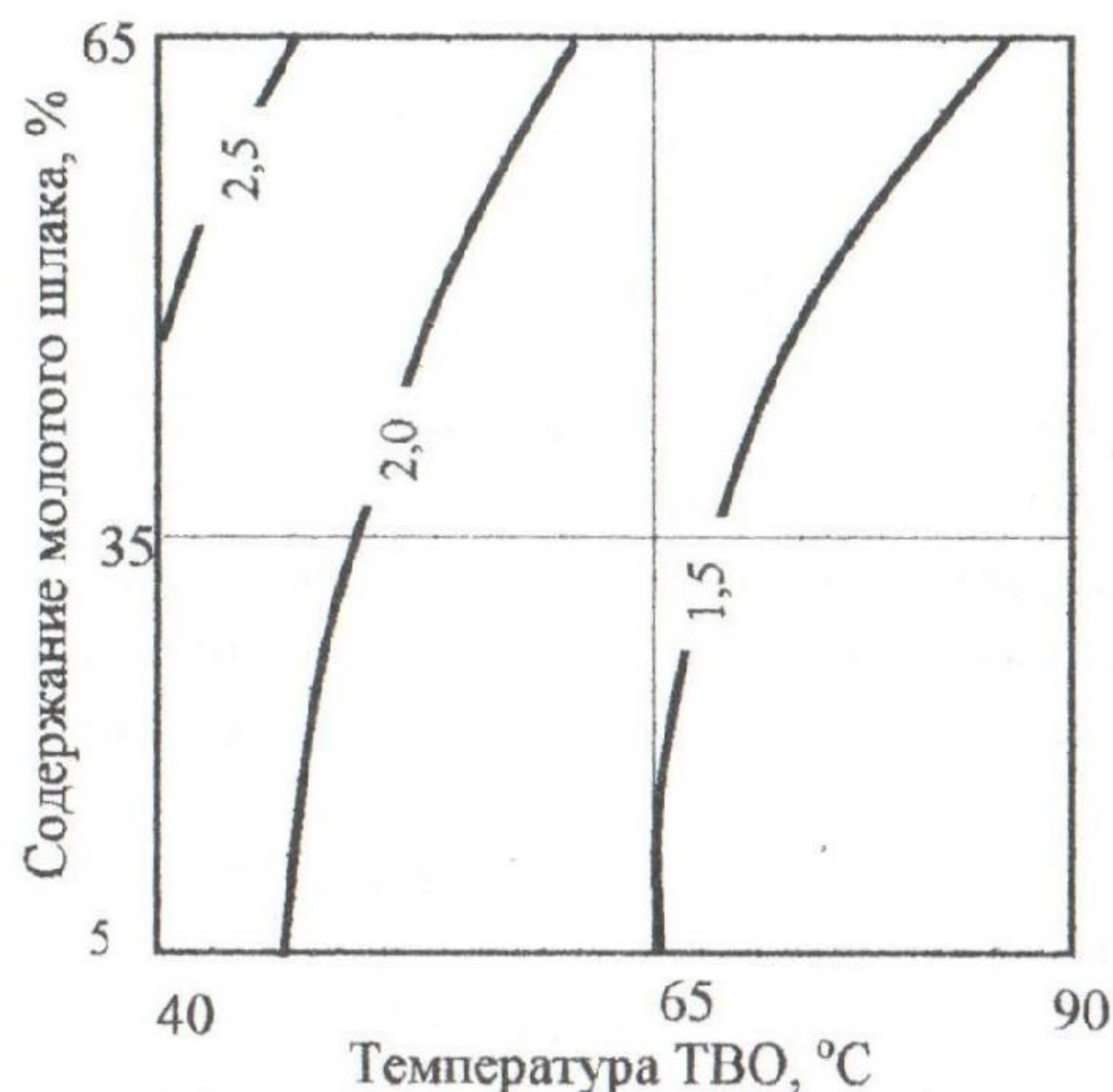


Рис.4. Относительный прирост прочности $K=R_{ма}/R_{тт}$ бетонов на механоактивированном вяжущем по отношению к прочности контрольных образцов ($v_1:v_3=1:1$).

Так при снижении температуры ТВО с 90 до 40 °C значение K повышается с 1,1 до 2,2 (содержание молотого шлака 5%) и с 1,36 до 2,7 (содержание наполнителя 65%), рис.4.

Так при снижении температуры ТВО с 90 до 40 °C значение K повышается с 1,1 до 2,2 (содержание молотого шлака 5%) и с 1,36 до 2,7 (содержание наполнителя 65%), рис.4.

В еще большей степени проявляется влияние предварительной обработки вяжущего в скоростном смесителе на прочность бетона, твердеющего в нормальных условиях. Так если предел прочности при сжатии бетонов, приготовленных по традиционной

технологии, на первые сутки нормального твердения составляет $R_{ТТ}=2,5$ МПа, то предварительная обработка вяжущего в скоростном смесителе повышает этот показатель более чем в 8 раз ($R_{ма}=20,4$ МПа). В дальнейшем прирост прочности замедляется и через 7 суток нормального твердения он составляет 80-90%, а в возрасте 28 суток не более 50-55% (рис.5).

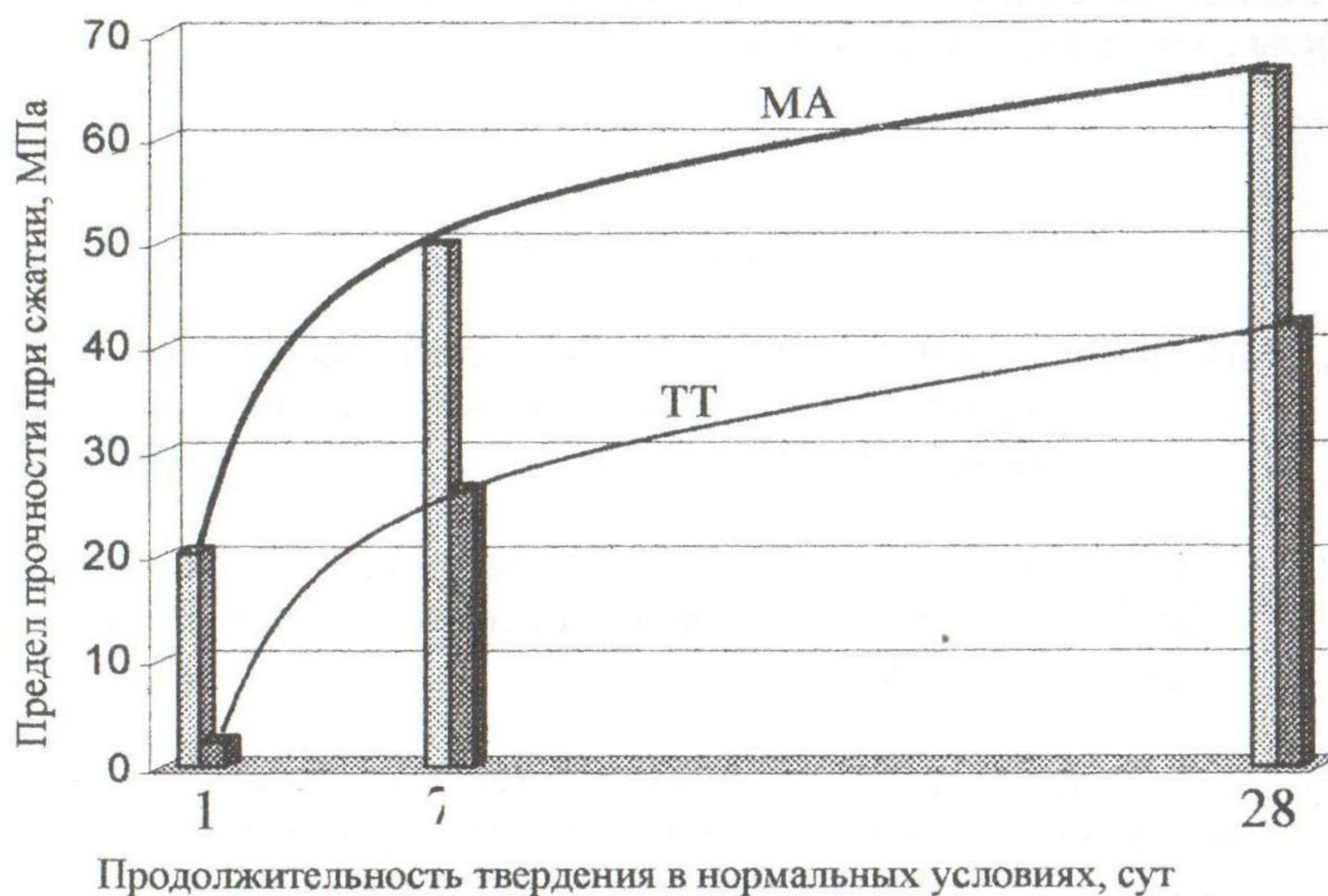


Рис.5. Влияние механоактивации на кинетику набора прочности бетона, твердеющего в нормальных условиях. (содержание шлака – 35%, $v_1:v_2:v_3=1/3:1/3:1/3$)

Выводы

Таким образом, определяющее влияние на повышение прочности бетонов оказывает механохимическая активация портландцемента и доменного шлака. При этом, эффективность механохимической активации в большей степени проявляется при относительно низких температурах твердения бетона и повышенных расходах молотого доменного шлака (35...65%). Увеличение температуры изотермического прогрева приводит к снижению эффективности механохимической активации.

Для бетонов на механоактивированном вяжущем максимальная прочность при сжатии наблюдается при введении в портландцемент молотого шлака двух удельных поверхностей v_1 и v_3 в соотношении близком 1:1. Удельная поверхность такой смеси $v_1:v_3=1:1$ составляет $300 \text{ м}^2/\text{кг}$ и аналогична удельной поверхности (v_2) молотого доменного шлака. Однако прочность при сжатии бетона с вяжущим такого гранулометрического состава увеличивается в 2,5...4 раза по сравнению с прочностью бетона, вяжущее которого наполнено молотым доменным шлаком с удельной поверхностью v_2 .

Литература

1. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 263 с.
2. Дворкин Л.И., Соломатов В.И., Выровой В.Н., Чудновский С.М. Цементные бетоны с минеральными наполнителями. – Киев: Будивельник, 1991. – 137 с.
3. Соломатов В.И., Выровой В.Н. Физические особенности формирования структуры композиционных строительных материалов. – Изв. вузов. Строит. и арх., № 8, 1984. – С. 59-64.
4. Ребиндер П.А. Физико-химическая механика. – М.: Знание, серия IV, № 39, 40, 1958. – 64 с.
5. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Высшая школа, 1978. – 454 с.