

СРАВНЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Пономаренко В.А., Коваль С.В. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г.Одесса)

Болс Г., Гоньшиоровски П., Циак М. (Варминско-Мазурский университет, г.Ольштын, Польша)

С использованием современных методик проведено сравнение технологических свойств бетонных смесей на двух польских цементах при введении суперпластификаторов RBV и BV-10.

Для строительства в Польше характерна высокая технологическая готовность к применению добавок в связи реализацией ряда крупных проектов в рамках Европейского союза. В этих условиях возможно интенсивное внедрение современных добавок и технологий. Новая норма PN-EN934-2 на добавки "Классификация и общие технические требования" "Методы определения эффективности" [1] гармонизирована с аналогичными евростандартами EN 934 и EN480. В ней регламентировано применение только тех только добавок, которые соответствуют требованиям стандартов к бетонам заданного качества, при обязательной проверке эффективности действия на реальных цементах и заполнителях. В то же время рынок наполняется новыми добавками разной эффективности, часто не совместимыми с традиционными цементами и методами проектирования составов бетона, приготовления, транспорта бетонных смесей и формования изделий и конструкций. Это требует проведения значительного объема экспериментальных работ по выявлению их эффективности и адаптации к конкретным условиям производства, что актуализирует использование эффективных приборов и методик исследования.

В проведенных исследованиях¹ смесей и бетонов цементы *CEM I 42,5HSR* (завод «*Rejowiec S.A.*») и *CEM I 42,5R* («*Chelm S.A.*») одинаковой марочной прочности отличались химико-

¹ Экспериментальные работы проведены в 2007 году при выполнении этапа 3.2. Договора о научно-техническом сотрудничестве между ОГАСА и Варминско-Мазурским Университетом (УВМ) в Ольштыне на кафедре инженерии строительных процессов УВМ магистром ОГАСА В.А.Пономаренко и студентами 4 курса УВМ Г Болсом и П Гоньшиоровски

минералогическим составом и дисперсностью. Первый цемент — транспортного назначения, отличающийся содержанием главных минералов ($C_3A = 1,74\%$, $C_3S = 56,57\%$) и замедленным темпом набора прочности в ранние сроки, при достижении прочности не менее 45 МПа в 28-ми суточном возрасте. Второй цемент — общестроительного назначения. Он отличается резким набором прочности в возрасте 3-7 сут (30-40 МПа).

В качестве добавок (*domieszki*) приняты меламинформальдегидный суперпластификатор *RBV* (D_1) и полъкарбоксилатный суперпластификатор *BV-10* (D_2), выпускаемых фирмой *Isola-Polska*. Предварительная оценка на базе реологических методов и калориметрических данных показала, что добавки обладают различной эффективностью в зависимости от вида цемента.

Оценка технологических свойств смеси велась по критериям стандарта PN-EN934-2, EN-206-1: осадке и расплыву конуса смеси, в том числе после встряхивания на специальном столе размером 1 x 1 м, а также по времени истечения смеси из U-образной воронки (рис.1).

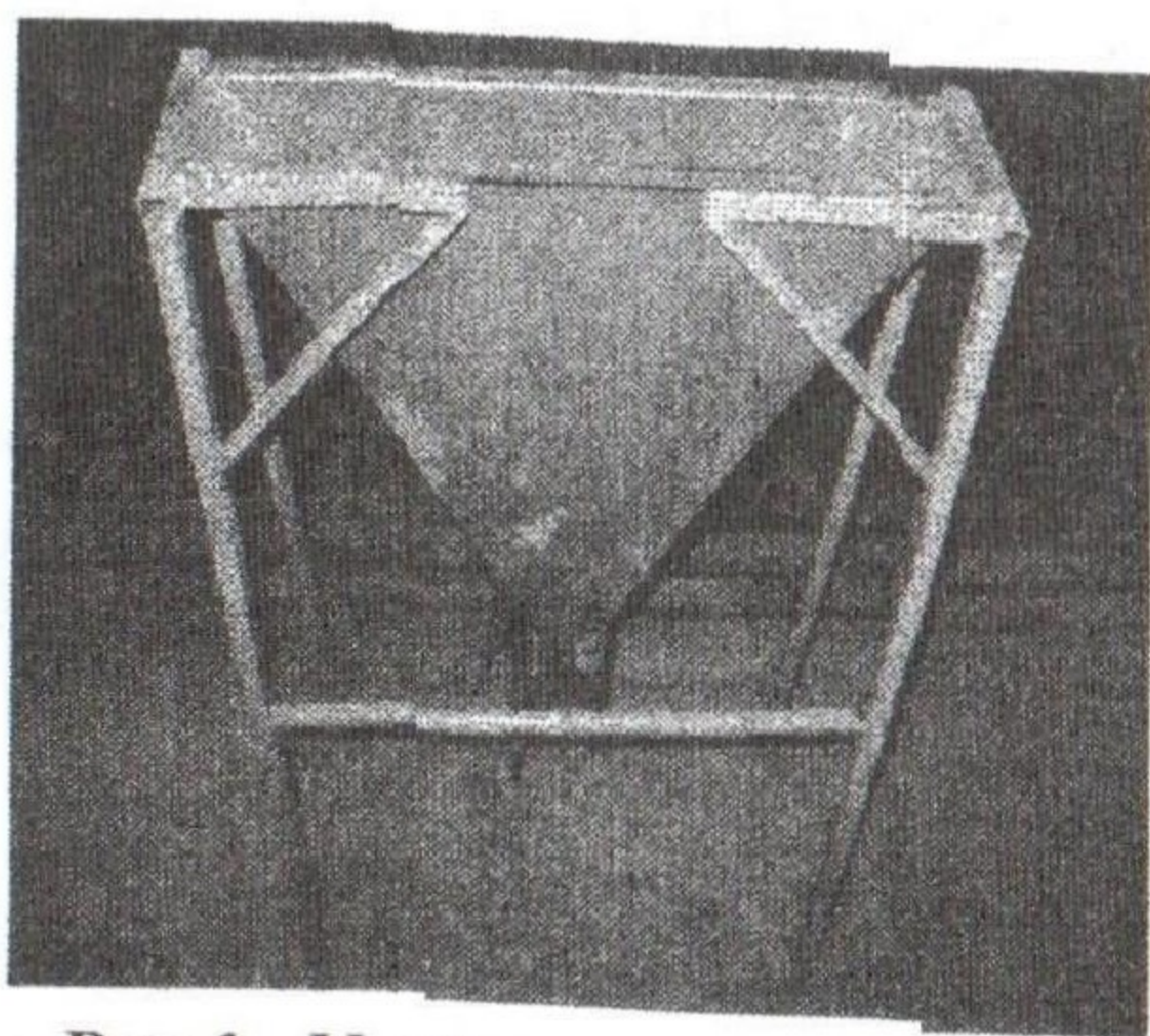


Рис.1. U-образная воронка для оценки истечения смеси

Для каждой добавки эксперименты выполнены по 12-ти точечному плану при изменении фактора X концентрации добавки ($SP_1 = 1 \pm 1\%$, $SP_2 = 0,3 \pm 0,3\%$) расхода цемента в бетоне $C = X_2 = 420 \pm 60 \text{ kg/m}^3$ и содержания золы-уноса ($P = X_3 = 10 \pm 10\%$ от массы цемента).

Составы экспериментально полученных смесей на цементе CEM I 42,5R (*Chetm*) с добавкой *RBV* при $W/C = \text{const}$ приведены в табл.1.

В качестве заполнителя (*kruszywo*) использовалась смесь мелкого (фр.2/8) и крупного (фр.8/16) гравия в пропорции, обеспечивающей минимальную пустотность. В качестве минерального компонента (*dodatki*), повышающего связность и снижающего водоотделение смеси, использована зола-унос (*popiół lotny*). Рациональная организация эксперимента позволила при сокращении опытов построить зависимости в виде экспериментально-статистических моделей (ЭС-модели), рассчитанных в системе COMPEX (ПАТСМ ОГАСА) и

№ №	Kod			CZYNNIKI			Skład betonu, kg/m ³						
	X ₁	X ₂	X ₃	D	CEM	%P	CEM	W	Po piol	Pia sek	Kr M	Kr gr	D
1	-1	-1	-1	0	360	0	360	185	0	672	538	672	0
2	-1	-1	1	0	360	20	360	185	72	591	474	591	0
3	-1	1	-1	0	480	0	480	185	0	636	509	636	0
4	-1	1	1	0	480	20	480	185	96	547	438	547	0
5	-1	0	0	0	420	10	420	185	42	615	493	615	0
6	0	-1	-1	1	360	0	360	185	0	672	538	672	3,6
7	0	0	1	1	420	20	420	185	84	576	461	576	4,2
8	0	1	0	1	480	10	480	185	48	591	474	591	4,8
9	1	-1	-1	2	360	0	360	185	0	658	527	658	7,2
10	1	-1	1	2	360	20	360	185	72	605	485	605	7,2
11	1	1	-1	2	480	0	480	185	0	636	509	636	9,6
12	1	1	1	2	480	20	480	185	96	547	438	547	9,6

представить их в графическом виде для технологической интерпретации (рис 2.а).

Таблица 1. Составы бетона на CEM I 42,5R (*Chelm*) с добавкой *RBV*

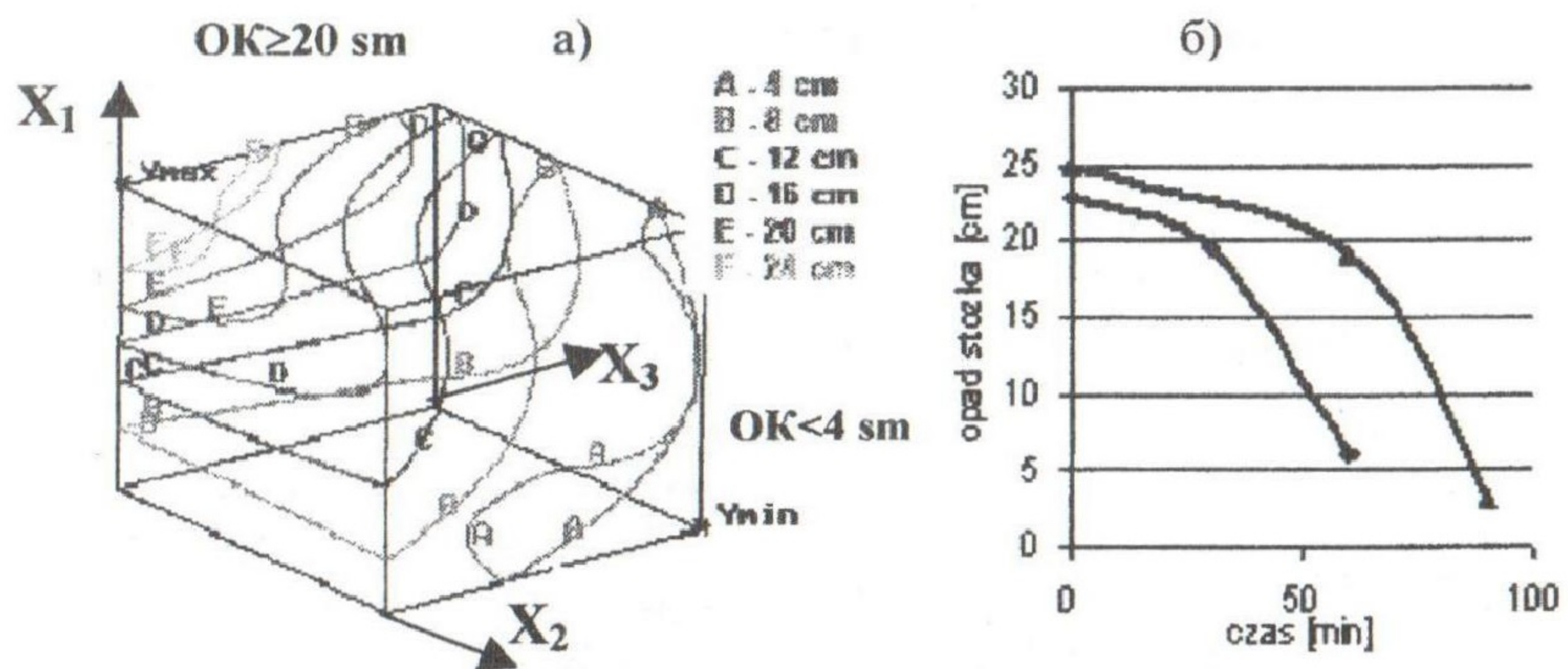


Рис.1. Графический вид ЭСМ подвижности смеси с добавкой *RBV* на цементе *CEM I 42,5R* (а), а также изменение (б) во времени ОК смеси одинакового состава с этой добавкой при смене цемента (1- *CEM I 42,5R*; 2- *CEM I 42,5HSR*)

Исходные смеси без химических добавок имели подвижность ОК=2...4 см. Введение добавки *BV-10* в концентрации свыше

0,4...0,55 %, а *RBV* в концентрации свыше 1,5...2% в смеси для смесей на обоих цементах позволяет увеличить подвижность с 2...4 см до 20 см и более в большей области факторного пространства. Однако из рис.2.а также следует, что существуют составы, при котором введение добавки *RBV* не улучшает удобоукладываемость смесей (т.е. в этом случае добавка несовместима с составом цемента и бетона).

В последние годы значительно возрос интерес к проблеме совместимости цемента и добавок. Основное внимание уделяется проблеме совместимости в системе «цемент/добавка» с позиций обеспечения высоких реологических показателей бетонной смеси при использовании СП, первую очередь с позиций ее «жизнеспособности» - сохранности подвижности во времени, что важно при транспортировке и укладке смеси, перерывах в бетонировании, в условиях сухого жаркого климата и др. [2-3]. Полученные экспериментальные данные подтвердили тот факт, что сохраняемость бетонных смесей существенно зависит от состава цемента (рис.2.б).

В качестве критериев оценки «жизнеспособности» смеси и технологической оценки совместимости использованы соотношения параметров ее технологичности после затворения и после хранения в течение заданного времени. В частности, это:

OK_{τ}/OK_0 – показатель изменения осадки конуса;

$K_{\tau} = D\{\tau\}/D_{встр.}\{\tau\}$ - отношение расплыва (диаметра) конуса смеси до и после приложения динамических воздействий, в частности, через 30 мин. хранения смеси (которое сравнивается с K_0);

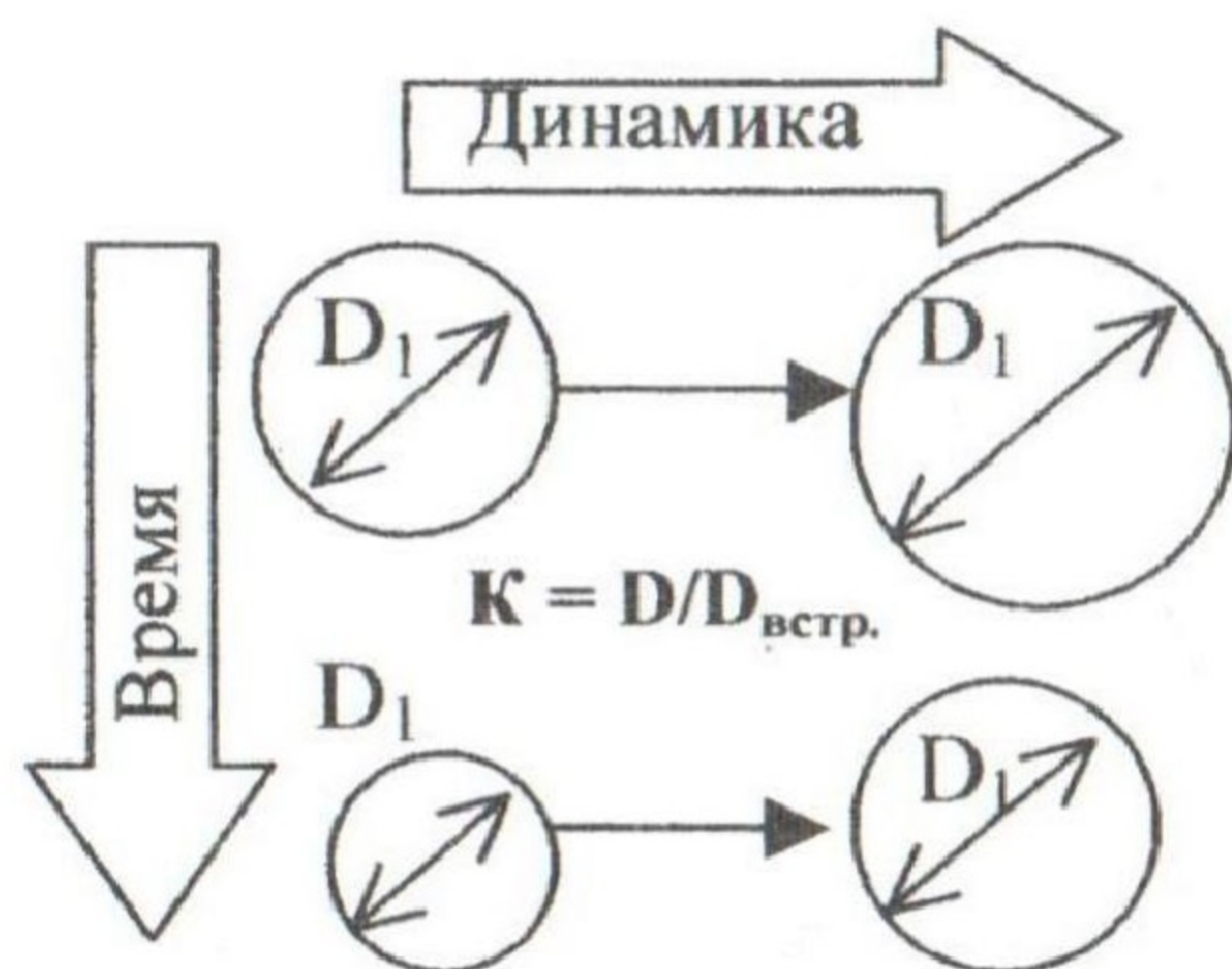


Рис.3. Схема определения параметров для расчета K_0/K_{τ}

K_0/K_{τ} – критерий, оценивающий эффективность влияния факторов во времени, в том числе добавок, в условиях динамических воздействий по сравнению со «стационарным» состоянием. При $K_0/K_{\tau} < 1$ тиксотропные свойства смеси сохраняются.

Судя по графическим зависимостям K_0/K_{τ} влияние типа цемента на изменение тиксотропных свойств смеси

во времени различно, причем это изменение связано с рецептурой бетонных смесей. Для смесей на цементе *CEM I 42,5R* тиксотропные

свойства смеси сохраняются в большей степени, причем наибольшие их изменения связаны с увеличением содержания цемента (рис.4.а).

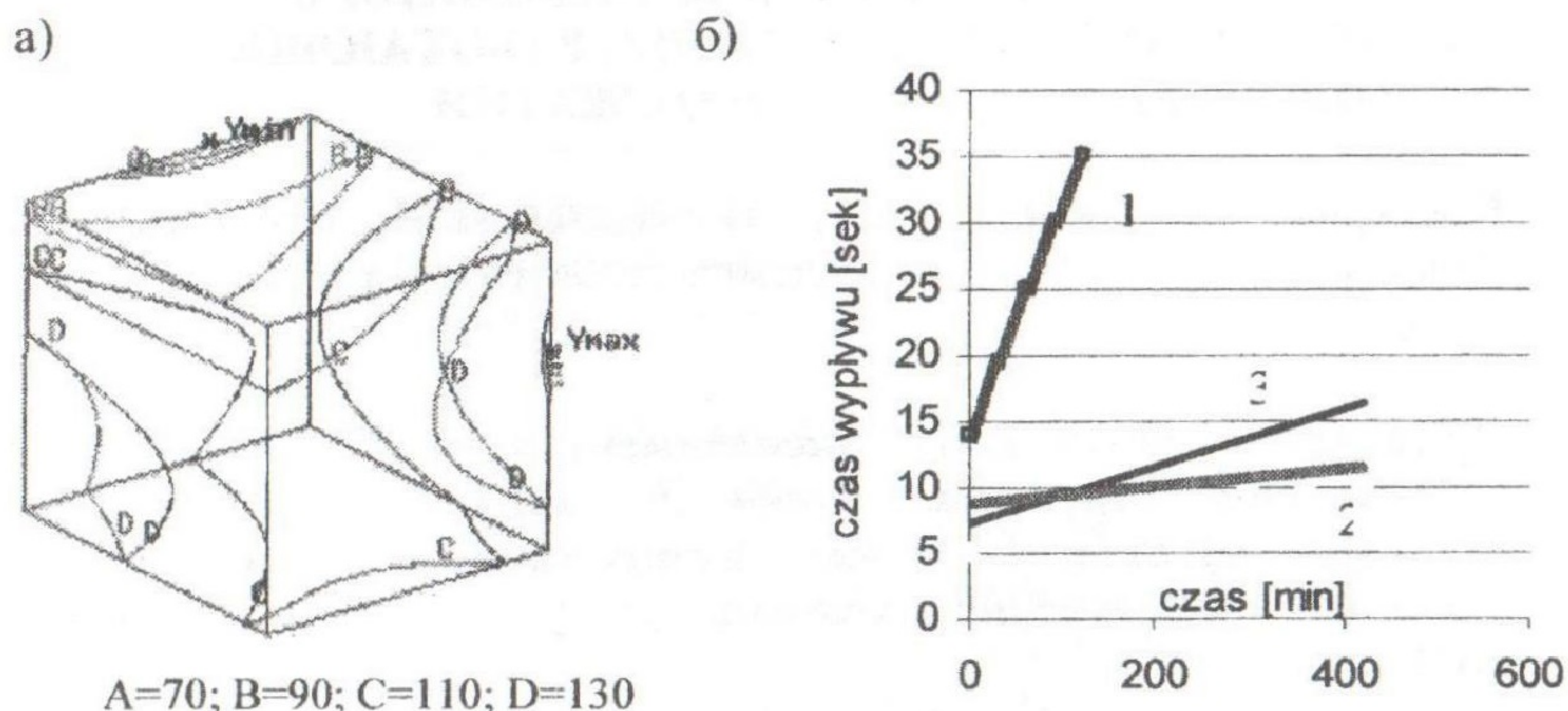


Рис.4. Изоповерхности модели критерия K_0/K_τ для бетонной смеси на цементе *CEM I 42,5R* с добавкой *RBV* (а), а также изменение времени истечения трех смесей с *BV-10* (1 – Ц=360 кг/м³, Р =0%; 2- Ц=360 кг/м³, Р =20%; 2- Ц=480 кг/м³, Р =20%) в зависимости от периода выдерживания на воздухе (б)

С использованием U-образной воронки определено время истечения смесей (в сек) для составов с осадкой конуса не менее 20 см. В этом случае также отмечена не только зависимость влияния вида цемента на время истечения, но и существенное влияние золы-уноса на эффективность действия SP, в том числе по удлинению времени быстрого истечения (рис.4.б).

Использование современных методов и приборов позволяет всесторонне оценить качество бетонных смесей, используемых в монолитной технологии бетона, в том числе при проектировании самоуплотняющихся смесей (Self-compacting concrete). Применение суперпластификаторов *RBV* и *BV-10* позволяет существенно улучшить технологические свойства бетонных смесей. Влияние добавок на исследуемые параметры имеет одинаковую тенденцию, однако зависит от вида цемента (его химико-минералогического состава).

Литература.

1. PN-EN 934-2 – „Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu. Domieszki do betonu. Definicje i wymagania”
2. Winters R. Cement/admixture incompatibility: fact or fallacy? troubleshooting problems often misdiagnosed as cement/admixture incompatibility, The Aberdeen Group, 1996.-4 p.
3. Aitcin P.-C. High Performance Concrete, E & FN, London, 1998.