



It is shown that the main task of experimental investigations of the chemically modified compounds was determination of influence of their components on exploitation characteristics of binding agent.

Д. М. КУКУЙ, И. Б. ОДАРЧЕНКО, Ю. И. ЛЕДНЕВ, БНТУ

УДК 621.74

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВОВ БЕНТОНИТОВЫХ КОМПАУНДОВ ДЛЯ ЕДИНЫХ ФОРМОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ

В рамках оптимизации составов полимер-модифицированных компаундов проводилась проверка предложенной в работах [1,2] гипотетической модели компаунда, согласно которой определяющими критериями модифицирующей способности синтетических водорастворимых высокомолекулярных соединений (СВВС) являются вид и химическая активность функциональных групп, которые должны связывать в единую систему все компоненты будущего компаунда – бентонит, противопригарный материал и стабилизатор влажности. Поэтому основной задачей экспериментальных исследований свойств химически модифицированных компаундов было установление влияния их компонентов на эксплуатационные свойства связующего.

Качество компаундов и смесей на их основе в исследованиях оценивали по структурно-механическим свойствам водных суспензий компаундов. При этом в работе исследовали суспензии компаундов с концентрацией минеральной фазы до 70%. Исследования проводили с использованием наиболее эффективных, по данным предварительных испытаний, модификаторов компаунда ГиПАН, Na-КМЦ. Их содержание в исследуемых суспензиях варьировали в диапазоне 0,2–2,0% сухого полимера от массы твердой фазы суспензии (бентонит и противопригарная добавка). В качестве эталона для сравнения использовали суспензию такой же плотности, модифицированные Na_2CO_3 , и контрольную – немодифицированную. Приготовление суспензий, смесей и измерение контролируемых параметров осуществляли в соответствии со стандартными и оригинальными методиками.

Для сокращения количества экспериментов использовали метод математического планирования экспериментов, где в качестве переменных факторов для оптимизации составов компаундных суспензий были приняты: содержание бентонитового порошка (X_1), которое варьировали от

60% ($X_1=-1$) до 70% ($X_1=+1$); содержание противопригарного материала (X_2), в качестве которого использовали два различных компонента – гранулированный уголь (X_2), имеющий выход блестящего углерода не более 7,5% и «Кероген-70», обогащенный сланцевый порошок (X'_2) с выходом блестящего углерода до 27%. При этом X_2 выбирали в количестве от 30% ($X_2=-1$) до 40% ($X_2=+1$), а X'_2 – соответственно от 12% ($X'_2=-1$) до 18% ($X'_2=+1$). В случае работы с «Кероген-70» X'_1 менялось от 82% ($X'_1=-1$) до 88% ($X'_1=+1$). Третьим компонентом суспензии являлся стабилизатор влажности песчано-глинистой смеси – крахмалит (X_3), содержание которого варьировалось от 0,5% ($X_3=-1$) до 1,5% ($X_3=+1$). В качестве СВВС, как уже отмечалось, исследовали влияние двух компонентов – ГИПАН (X_4) и Na-КМЦ (X'_4). Их количество в компаунде колебалось от 0,2% ($X_4=X'_4=-1$) до 1,2% ($X_4=X'_4=+1$). И, наконец, пятым компонентом суспензии являлась вода, с помощью которой суспензия доводилась до постоянной плотности – 1200 кг/м³.

В результате реализации каждого эксперимента четырех матриц планирования фиксировали следующие свойства суспензии: структурную прочность $y_1=\sigma_{\text{ср}}$ (Па); условную вязкость $y_2=\eta$ (с); коллоидальность $y_3=K(\%)$.

Обработка результатов экспериментов позволила получить следующие математические модели указанных свойств суспензий:

$$y_1=118,5+12,7X_1-3,8X_2+1,1X_3+5,2X_4, \quad (1)$$

$$y_2=52,8+6,7X_1+1,1X_2-3,7X_3+3,3X_4, \quad (2)$$

$$y_3=71,8+7,3X_1-3,0X_2+2,6X_4, \quad (3)$$

$$y_1=123,3+14,3X'_1-1,1X'_2+0,7X_3+6,1X_4, \quad (4)$$

$$y_2=60,3+7,4X'_1+0,9X'_2-4,2X_3+3,7X_4, \quad (5)$$

$$y_3=79,7+8,9X'_1-2,1X'_2+2,4X_4, \quad (6)$$

$$y_1=126,7+13,3X_1-3,6X_2+1,2X_3+5,7X'_4, \quad (7)$$

$$y_2=52,3+6,1X_1+1,2X_2-3,3X_3+4,1X'_4, \quad (8)$$

$$y_3=79,6+8,1X_1-2,8X_2+7,6X'_4, \quad (9)$$

$$y_1 = 128,1 + 13,9X'_1 - 1,3X'_2 + 0,9X_3 + 9,1X'_4, \quad (10)$$

$$y_2 = 59,7 + 6,9X'_1 + 1,0X'_2 - 3,7X_3 + 5,1X'_4, \quad (11)$$

$$y_3 = 79,6 + 8,3X'_1 - 1,7X'_2 + 8,1X'_4. \quad (12)$$

Анализируя полученные уравнения, можно сделать выводы (исходя из величин коэффициентов при независимых переменных факторах), что на все анализируемые параметры наибольшее влияние наряду с количеством бентонита оказывают вид и количество СВВС. Особенно это проявляется при изменении коллоидальности — основного показателя вяжущих свойств бентонитового компаунда.

Так, например, если в уравнении (3) переменная X_4 (количество в суспензии ГИПАН) имеет коэффициент 2,6, то в аналогичном уравнении (7), когда используется Na-КМЦ, этот коэффициент равен 7,6, что свидетельствует о более высокой способности Na-КМЦ к структурирующей способности суспензии. Это связано с различием в этих модификаторах вида и количества функциональных групп.

Аналогичные результаты наблюдаются при анализе уравнений (6) и (12). Следует отметить, что полимерные модификаторы вне зависимости от вида и количества (X_1) оказывают влияние на увеличение не только коллоидальности связующего

(y_3), но и на все другие исследованные свойства суспензии. И если некоторое увеличение структурной прочности (y_1) это положительный фактор с точки зрения проявления суспензией вяжущих свойств, то повышение ее вязкости (y_2) по мере роста количества модификатора ухудшает способность суспензии к транспортировке его по трубам от места приготовления к смесеприготовительному оборудованию.

Обращает на себя внимание тот факт, что минимальное влияние на исследуемые свойства суспензии оказывают крахмалистые вещества, которые вводятся в состав практически в таком же количестве, как и СВВС, учитывая то, что крахмалит является углеводородным материалом, содержащим минимальное количество только гидроксильных функциональных групп. Это еще раз подтверждает преобладающую роль вида и количества функциональных групп в формировании структуры и свойств бентонитовой суспензии.

Математическая обработка результатов исследований позволила построить ряд номограмм (рис. 1, 2), с помощью которых, задавшись технологически требуемыми свойствами суспензий, можно достаточно легко оптимизировать их составы, включающие основные компоненты суспензий.

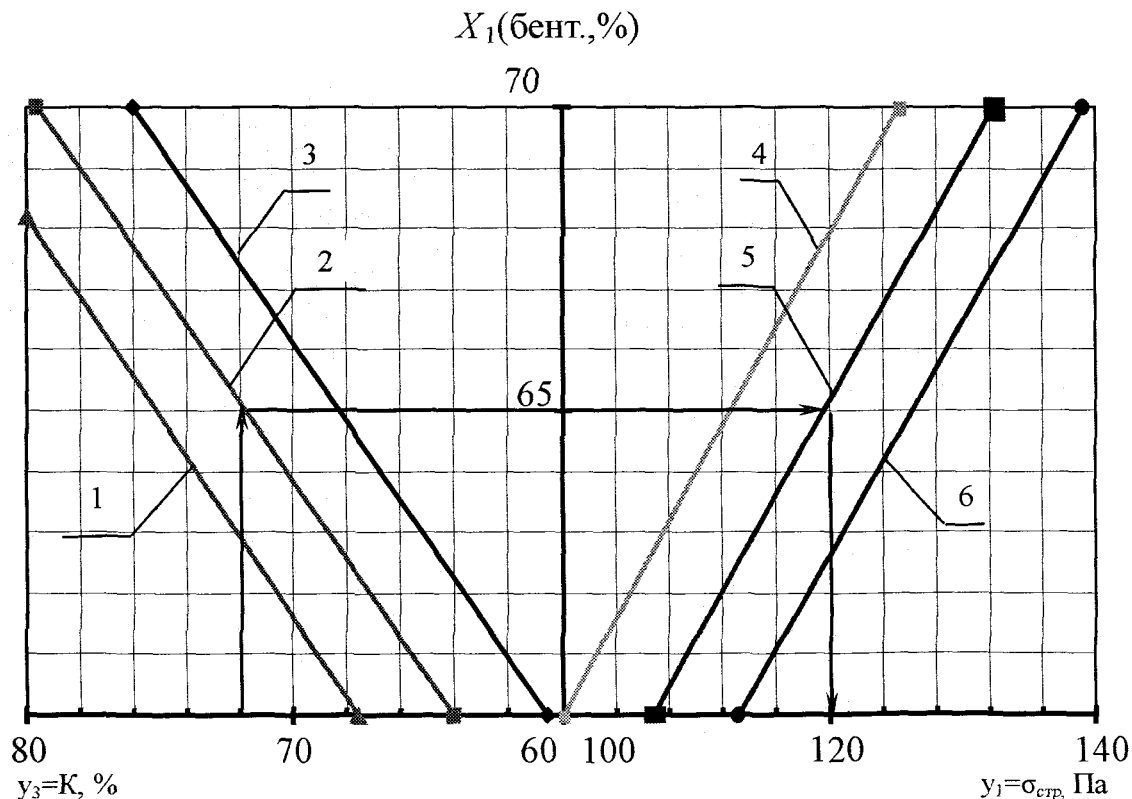


Рис. 1. Влияние количества бентонита и ГИПАН на структурную прочность ($\sigma_{стр}$) и коллоидальность (K) компаунда (противопригарный материал $X'_2=35\%$ — каменноугольный порошок): 1 — $X_4=+1$ (1,2%); 2 — $X_4=0$ (0,7%); 3 — $X_4=-1$ (0,2%); 4 — $X_4=-1$ (0,2%); 5 — $X_4=0$ (0,7%); 6 — $X_4=+1$ (1,2%)

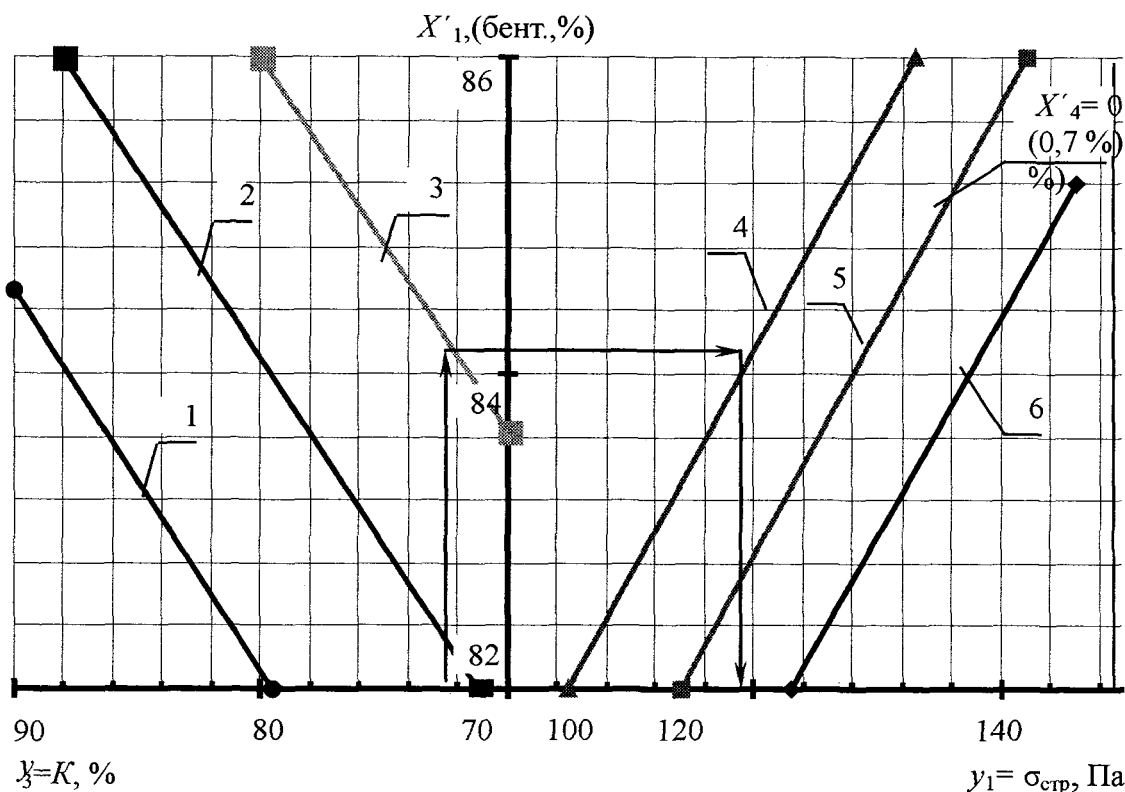


Рис. 2. Влияние количества бентонита (X_1) и ГиПАН (X_4) на структурную прочность ($\sigma_{стр}$) и коллоидальность (K) компаунда (противопригарный материал $X_4=15\%$ – «Кероген-70»): 1 – $X_4=+1$ (1,2%); 2 – $X_4=0$ (0,7%); 3 – $X_4=-1$ (0,2%); 4 – $X_4=-1$ (0,2%); 5 – $X_4=0$ (0,7%); 6 – $X_4=+1$ (1,2%)

Опыт показывает, что бентонито-угольные суспензии должны обладать в первую очередь коллоидальностью не менее 70%. Только в этом случае применение такой суспензии позволит обеспечить технологически требуемый уровень прочностных свойств будущей песчано-глинистой смеси. В то же время необходимо стремиться к тому, чтобы структурная прочность суспензии была на уровне 115–125 Па, что наряду с коллоидальностью должно вносить свой вклад в формирование технологических свойств ПГС.

Анализ результатов математической обработки полученных уравнений (1)–(12) показал, что основное влияние на изменение свойств компаундов оказывают вид и количество СВВС. При этом отмечается, что на эффективность работы СВВС существенное влияние оказывают не только бентонитовая составляющая, но также вид и количество противопригарного материала в составе компаунда.

Так, например, использование «Кероген-70» позволяет получать компаундную смесь с содержанием противопригарного материала в пределах 15%, а бентонита – соответственно 85% (рис. 3, 2). Это позволяет достигать требуемых величин коллоидальности ($\geq 70\%$) при минимальном расходе СВВС (на уровне 0,2–0,3%). В то же время применение в составе компаунда каменноугольного порошка (рис. 1, 4) в количестве около 35% для достижения необходимой коллоидальности и структурной прочности требует использования не

менее 0,7% СВВС. Пониженное количество «Кероген-70» по сравнению с каменноугольным порошком в составе компаунда предопределяется тем, что выход блестящего углерода (основной фактор противопригарного действия материала) в «Кероген-70» находится на уровне 25–27%, в то время как этот показатель для каменноугольного порошка не превышает 7–9%, т.е. в 2–3 раза меньше.

Используя номограммы (рис. 1–4), можно достаточно легко установить оптимальные количества всех основных компонентов будущего компаунда. Так, например (рис. 4), задавшись необходимой коллоидальностью, проводим вертикально прямую, характеризующую наличие (X_4) СВВС (ГиПАН), и затем по стрелке определяем количество бентонита (X_1) в компаунде. Оставшееся до 100% количество бентонита будет приходиться на противопригарный порошок (в данном случае каменноугольный). При этом содержание стабилизатора влажности песчано-глинистой смеси должно находиться на уровне 0,8–1,0%. Суспензия такого компаунда при плотности 1200 кг/м³ будет иметь вязкость на уровне 65–70 с и структурную прочность около 120 Па.

Исходя из анализа результатов, полученных при реализации матрицы математического планирования экспериментов, можно сделать вывод, что оптимальными составами компаундов в зависимости от вида СВВС и противопригарного материала являются составы, приведенные в таблице.

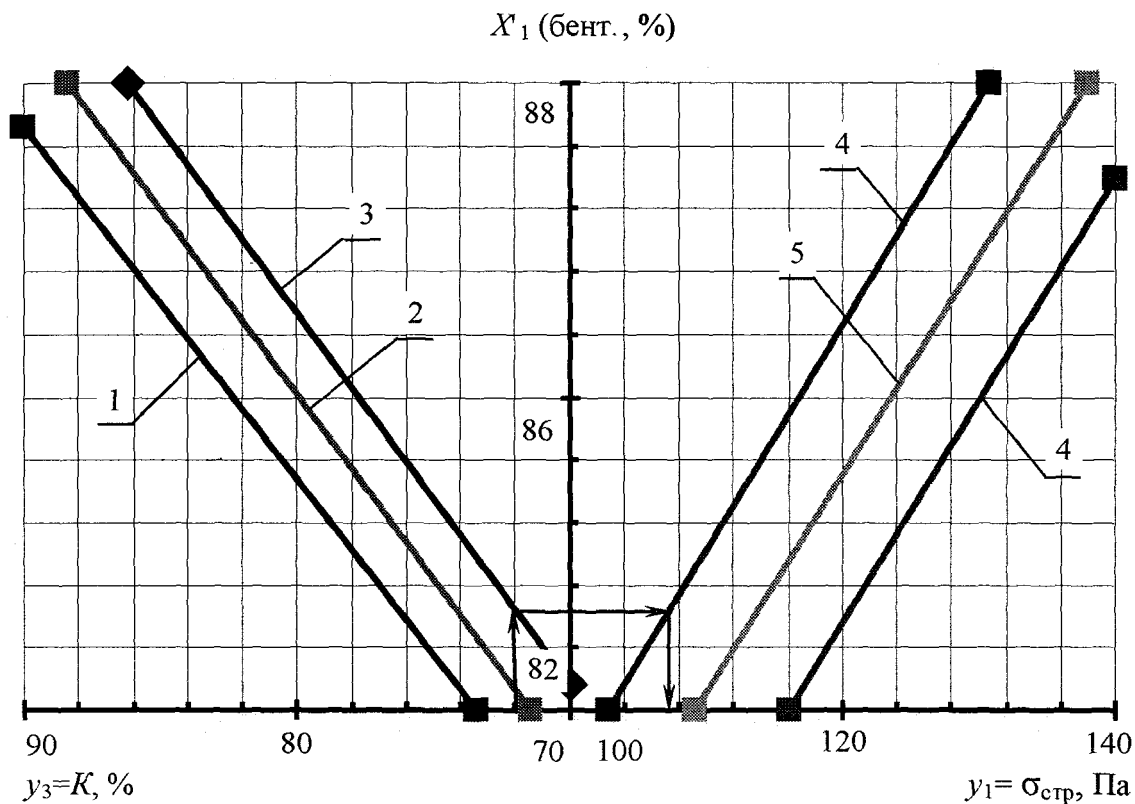


Рис. 3. Влияние количества бентонита (X_1) и ГиПАН (X_4) на структурную прочность ($\sigma_{стр}$) и коллоидальность (K) компаунда (противопригарный материал $X_2=15\%$ - «Кероген-70»): 1 - $X_4=+1$ (1,2%); 2 - $X_4=0$ (0,7%); 3 - $X_4=-1$ (0,2%); 4 - $X_4=-1$ (0,2%); 5 - $X_4=0$ (0,7%); 6 - $X_4=+1$ (1,2%)

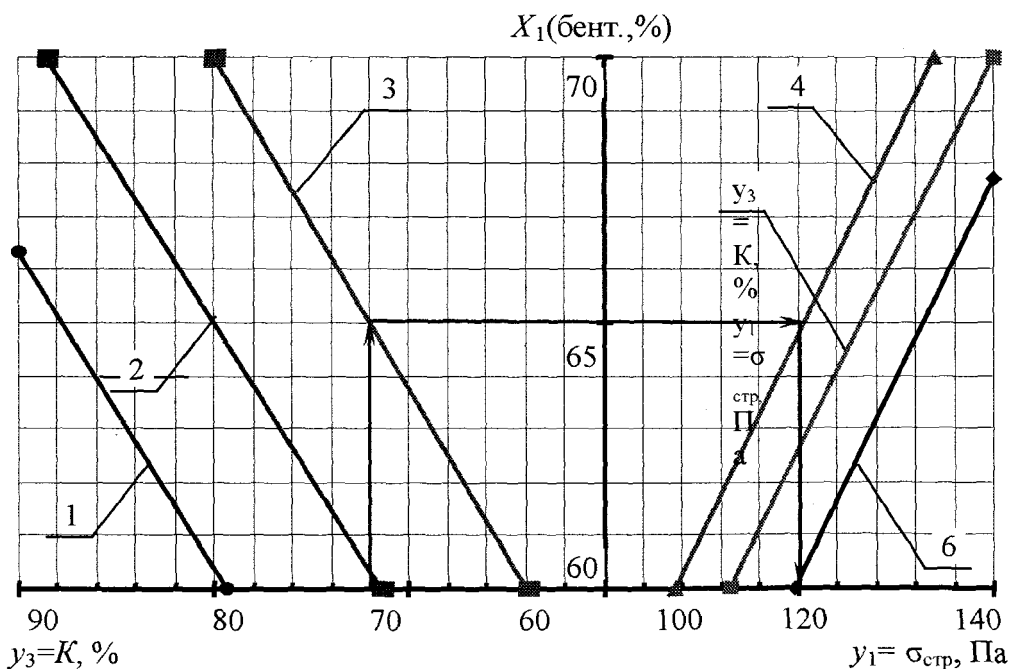


Рис. 4. Влияние количества бентонита (X_1) и Na-KMЦ (X_4) на структурную прочность ($\sigma_{стр}$) и коллоидальность (K) компаунда ($X_2=35\%$): 1 - $X_4=+1$ (1,2%); 2 - $X_4=0$ (0,7%); 3 - $X_4=-1$ (0,2%); 4 - $X_4=-1$ (0,2%); 5 - $X_4=0$ (0,7%); 6 - $X_4=+1$ (1,2%)

Оптимальные составы компаундов, мас.%

Наименование материала	Компаундные порошки			
	63-68	84-86	63-68	84-86
Бентонитовый порошок	63-68	84-86	63-68	84-86
Каменноугольный порошок	32-37	-	32-37	-
Порошок «Кероген-70»	-	14-16	-	14-16
Крахмалит	0,8-1,0	0,8-1,0	0,8-1,0	0,8-1,0
ГИПАН	0,8-1,2	0,4-0,7	-	-
Na-КМЦ	-	-	0,4-0,9	0,2-0,7

При приготовлении суспензии компаунд разбавляется водой до плотности 1180–1210 кг/м³. Как следует из таблицы, содержание Na-КМЦ в компаунде в зависимости от вида противопригарной добавки находится на уровне 0,2–0,9%, в то время, как количество ГИПАН существенно выше – 0,4–1,2%. Это находится в полном соответствии с гипотетической моделью компаунда, т.е., чем больше в макромолекуле СВВС функциональных групп и чем выше их суммарная энергия связи

с гидроксильными группами монтмориллонита, тем более активно они формируют устойчивую структуру компаунда при относительно меньшем расходе.

Литература

1. Леднев Ю.И. Физическая модель компаунда для единых формовочных смесей // Литье и металлургия. 2004. №1. С. 77–78.
2. Кукуй Д.М. Реагенты, модификаторы комплексных связующих для единых формовочных смесей // Литье и металлургия. 2004. №1. С. 74–77.