

По величине истираемости материала покрытия оценивают его износостойкость. Износостойкость заключается в том, что толщина слоя износа покрытия должна соизмеряться со сроком службы помещения.

В результате потеря массы образцов после 560 оборотов диска составила $0,1-0,12 \text{ г/см}^2$, что соответствует требованиям СНиП 2.03.13-88.

1. Соломатов В.И. Раасн. Теоретические аспекты синтеза полимерных композиционных материалов для защиты от радиации // Строительство. – 2001. – №6. – С. 22-27.

2. Ерофеев В.Т., Меркулов И.И., Бурнайкин Н.Ф. и др. Структурообразование лакокрасочных материалов на эпоксидных связующих // Международная Интернет-конференция «Архитектурно-строительное материаловедение на рубеже веков». – Белгород: БелГТАСМ, 2002. – С. 61-65.

3. Золотов М.С., Болквядзе З.Р., Гапонова Л.В. Применение акриловых полимеррастворов для восстановления и ремонта полов зданий. – К.: НДБК, 2001. – С. 271-275.

4. Гапонова Л.В., Болквядзе З.Р. Влияние пустотности наполнителя на прочность акрилового полимерраствора // Материалы к 41-му международному семинару по моделированию и оптимизации композигов в материаловедении: Тез. докладов международной конференции МОК'41. – Одесса: ОГАСА, 2002. – С. 63.

5. Золотов М.С., Гапонова Л.В. Математическая модель продолжительности старения покрытия полов из акриловых полимеров // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып. 39. – К.: Техника, 2002. – С. 352 - 356.

6. Золотов М.С., Гапонова Л.В., Болквядзе З.Р. Покрытия полов на основе акриловых полимеров // Международная Интернет-конференция «Архитектурно-строительное материаловедение на рубеже веков». – Белгород: БелГТАСМ, 2002. – С. 77-80.

7. СНиП 2.03.13-88. Полы. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 16 с.

Получено 04.09.2002

УДК 624.011.2 : 668.3

В.И.ТОРКАТЮК, д-р техн. наук, Н.М.ЗОЛОТОВА
Харьковская государственная академия городского хозяйства
А.В.МАРЮХИН
Строительная компания "Макси-Буд", г.Киев

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СКЛЕИВАНИЯ СТАРОГО БЕТОНА С НОВЫМ

В современных условиях протекания жизненного цикла объектов продукции капитального строительства одним из основных процессов его продления является реконструкция, где многие технические решения осуществляются с помощью клеевых соединений старого и нового бетонов. Совершенствование этой технологии возможно на основании оптимизации параметров клеевых соединений, чему и посвящена настоящая работа.

При возведении и реконструкции зданий и сооружений часто приходится осуществлять соединения бетонных и железобетонных

В качестве количественной меры надежности клеевых соединений старого и нового бетонов предусматривается ее безопасность [11], которая характеризуется вероятностью выполнения требований к выходным параметрам за время t при заданных режимах работы.

Так как закон распределения $U(x, t)$ полностью определяется совместной плотностью распределения параметров элементов соединения старого и нового бетонов $f(x_1, x_2, \dots, x_n, t)$ и функциональной зависимостью (1), то надежность работы соединения как вероятность ее безотказной работы можно представить в виде

$$P[U_{i\text{мин}} \leq U_i(x, t) \leq U_{i\text{макс}}] = F[U_{i\text{макс}} | \Phi(x_1, \dots, x_n), f(x_1, \dots, x_n, t)] - F[U_{i\text{мин}} | \Phi(x_1, \dots, x_n), f(x_1, \dots, x_n, t)], \quad (3)$$

где $P[]$ – вероятность соблюдения работоспособности соединения старого и нового бетонов при данных организационно-технологических условиях; $F[]$ – условная функция распределения $U_i(x, t)$.

Подобно соотношению (3) вероятность безотказной работы соединения можно записать для всей совокупности условий ее работоспособности (2). Однако для выявления физической природы оптимального по надежности проектирования без потерь общности рассуждений достаточно рассмотрения соотношения (3) [12].

Исходя из общих физических соображений, клеевое стыковое соединение старого и нового бетонов можно считать оптимальным по надежности тогда, когда параметры его элементов с учетом режимов функционирования выбраны такими, что при плотности распределения $f_{\text{опт}}(x_1, x_2, \dots, x_n, t)$ вероятность (3) будет максимальной.

Таким образом, задача оптимизации клеевого соединения старого и нового бетонов по надежности сводится к формированию оптимальной совместной плотности распределения параметров ее элементов с учетом режимов работы и функциональной связи параметров элементов с выходными параметрами соединения.

Пусть параметры элементов изменяются по нормальному закону распределения, тогда совместную плотность распределения параметров элементов клеевого соединения старого и нового бетонов можно представить в виде

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n, t) = f[x_1, x_2, \dots, x_n, \bar{x}_j(t), \dots, \bar{x}_n(t), \sigma_{x_j}(t), \dots, \sigma_{x_n}(t)], \quad (4)$$

где $\bar{x}_j(t), \sigma_{x_j}(t)$ – математическое ожидание и среднее квадратиче-

ское отклонение соответственно.

Пусть функция $\Phi_i(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n, t)$ также имеет нормальное распределение выходного параметра $U_i(x, t)$, т.е.

$$F[U_i(x, t)] = F[U_i(t), \sigma_{U_i}(t)], \quad (5)$$

тогда клеевое соединение старого и нового бетонов будет оптимальным по надежности, если при заданных условиях работы и функциональных зависимостях между параметрами ее элементов $\Phi_i(x_1, \dots, x_n, t)$ номинальные значения и допуски на эти параметры образуют оптимальную совместную плотность распределения, т.е.

$$P[U_{i\text{мин}} \leq U_i(x, t) \leq U_{i\text{макс}}] = \max \{ F[U_{i\text{макс}} | \Phi_i\{x_0\}, \sigma_{U_{0i}}, f_{\text{опт}}\{\bar{x}_{0j}(t), \sigma_{x_j}(t), x_j\}] - F[U_{i\text{мин}} | \Phi_i\{x_0\}, \sigma_{U_{0i}}, f_{\text{опт}}\{\bar{x}_{0j}(t), \sigma_{x_j}(t), x_j\}] \}. \quad (6)$$

Таким образом, для оптимизации схемы клевого соединения старого и нового бетонов по надежности необходимо решить следующие задачи:

1) обосновать и выбрать исходя из (6) приемлемые для организационно-технологической и технической практики критерии оптимизации клевого соединения старого и нового бетонов;

2) разработать инженерные методы, позволяющие с учетом выбранных критериев определять оптимальные значения параметров элементов соединения и режимы их применения.

Используя основные положения, изложенные в работах [13, 14], оптимизацию процесса клевого соединения старого и нового бетонов будем осуществлять путем расчета всех функций откликов (себестоимость, трудоемкость, продолжительность выполнения соединения, прочность соединения на сдвиг, отрыв, изгиб и технологическая жизнеспособность клея) во всей исследуемой области факторного пространства с определенным шагом изменения факторов и выбором оптимального значения точек факторного пространства с учетом экстремального значения целевой функции при ограничениях на остальные параметры.

В качестве технологических и прочностных параметров клевого соединения старого и нового бетонов примем обозначения: Y_1 – себестоимость выполнения соединения, грн.; Y_2 – трудоемкость выполнения соединения, чел.-ч; Y_3 – продолжительность выполнения соединения, ч; Y_4 – прочность соединения на отрыв, МПа; Y_5 – прочность

соединения на сдвиг, МПа; Y_6 – технологическая жизнеспособность клея, мин.

Основными факторами, влияющими на отклики, будут: x_1 – количество отвердителя в клее на 100 масс.-частей смолы, масс.-частей; x_2 – количество пластификатора в клее на 100 масс.-частей смолы, масс.-частей; x_3 – количество наполнителя в клее на 100 масс.-частей смолы, масс.-частей; x_4 – температура твердения клея в соединении, °С; x_5 – расход раствора кислоты на 1 м² обрабатываемой поверхности, кг; x_6 – глубина шероховатостей старого бетона, которая может осуществляться искусственно с помощью насечки, мм; x_7 – возможная негоризонтальность смачиваемых массивов, град.

Область изменения факторов при исследовании их влияния на параметры клеевых соединений приведена в табл. 1.

Таблица 1 – Область применения факторов, оказывающих влияние на клеевое соединение

Значение \ Факторы	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8
Минимальное значение фактора	8	8	90	8	0,5	0	0	0
Максимальное значение фактора	20	20	450	25	1,5	20	10	35

Брать в качестве верхнего и нижнего уровней значений факторов нет смысла для планирования экспериментов, так как основная масса будет реализована на границе области изменения в факторном пространстве [15]. Поэтому для планирования были выбраны следующие значения экспериментов: $12 \leq x_1 \leq 20$; $12 \leq x_2 \leq 20$; $210 \leq x_3 \leq 360$; $12 \leq x_4 \leq 21$; $0,7 \leq x_5 \leq 1,1$; $7 \leq x_6 \leq 12$; $2 \leq x_7 \leq 8$; $14 \leq x_8 \leq 26$.

Для оценки линейной модели применяли $(1/2)^3$ реплики полного факторного эксперимента 2^8 . Наибольшей разрешающей способностью 1/8 реплики обладает при наибольшей степени определяющих контрастов. Из этого условия наиболее рациональными генерирующими соотношениями будут

$$x_6 = x_1 x_2 x_3 x_4 x_5; x_7 = x_1 x_2 x_4; x_8 = x_1 x_3 x_4. \quad (7)$$

Матрица планирования и результаты экспериментов приведены в табл.2. На каждом сочетании уровней факторов опыт проводили трижды для оценки воспроизводимости опытов. Рандомизацию опытов про-

Таблица 2 – Матрица планирования и результаты эксперимента

№ п/п	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	Y ₁			Y ₂			Y ₃			Y ₄			Y ₅			Y ₆		
									S ² _{Y₁}	Y _{1cp}	S ² _{Y₁}	S ² _{Y₂}	Y _{2cp}	S ² _{Y₂}	S ² _{Y₃}	Y _{3cp}	S ² _{Y₃}	S ² _{Y₄}	Y _{4cp}	S ² _{Y₄}	S ² _{Y₅}	Y _{5cp}	S ² _{Y₅}	S ² _{Y₆}	Y _{6cp}	S ² _{Y₆}
1	20	8	360	21	1,1	7	6	26	96,10	1059,62	89,36	212,81	10,82	79,80	1,02	56,36	0,78	16,42	17,06	63,82						
2	8	20	360	21	1,1	13	2	14	98,92	1087,12	92,14	250,42	9,42	80,48	0,84	56,22	0,92	17,68	17,04	91,98						
3	20	8	360	21	1,1	13	2	14	112,36	1090,16	94,42	178,34	8,14	62,15	0,96	54,16	0,86	18,02	17,68	64,26						
4	8	8	360	21	1,1	7	6	26	100,98	1042,62	90,46	282,36	8,96	96,82	1,79	52,84	1,48	13,02	18,96	92,46						
5	8	20	220	21	1,1	13	6	14	98,01	1218,63	98,16	131,29	10,98	49,98	1,08	46,94	1,16	20,84	21,18	103,96						
6	8	20	220	21	1,1	7	2	26	107,00	1174,16	93,26	234,46	11,46	84,92	1,58	55,32	0,96	16,82	18,02	131,98						
7	20	8	220	21	1,1	7	2	26	106,52	1172,12	97,69	162,16	9,04	62,34	0,92	52,02	0,85	17,03	18,96	104,48						
8	8	8	220	21	1,1	13	6	14	101,02	1204,18	97,11	202,11	7,46	68,36	1,18	55,80	0,92	18,96	19,23	131,09						
9	20	20	360	12	1,1	13	2	26	114,36	1064,16	100,86	206,94	9,48	66,44	1,16	53,96	1,08	17,60	18,90	99,02						
10	8	20	360	12	1,1	7	6	14	103,70	1158,12	91,98	336,84	11,21	112,36	1,24	53,92	1,12	13,86	17,98	121,36						
11	20	8	360	12	1,1	7	6	14	106,60	1107,32	98,02	264,22	8,46	95,29	1,17	52,64	1,14	14,96	16,98	99,36						
12	8	8	360	12	1,1	13	2	26	96,02	1052,16	94,94	278,02	9,22	84,46	0,96	53,02	1,06	14,02	19,87	127,33						
13	20	20	220	12	1,1	7	2	14	98,01	1288,24	101,63	216,14	7,84	82,94	0,92	52,84	1,01	17,94	20,86	139,02						
14	8	20	220	12	1,1	13	6	26	103,9	1176,32	95,98	230,21	10,12	70,29	1,58	65,62	1,16	18,02	21,02	166,92						
15	20	8	220	12	1,1	13	6	26	107,2	1182,19	89,45	138,39	11,82	54,26	1,22	53,16	1,18	18,99	26,02	139,44						
16	8	8	220	12	1,1	7	2	14	113,96	1274,16	92,22	286,12	10,44	101,16	0,96	52,81	1,12	15,03	26,94	167,02						
17	20	20	360	21	0,7	7	6	14	103,80	1063,12	99,02	168,32	10,96	57,42	1,05	55,42	0,76	18,02	28,04	64,59						
18	8	20	360	21	0,7	13	2	26	100,02	1069,32	94,01	293,46	7,07	101,36	1,17	54,93	0,77	14,98	27,96	92,02						
19	20	8	360	21	0,7	13	2	26	97,70	1082,16	90,07	221,36	9,03	84,02	0,93	51,91	0,84	15,92	27,84	64,59						
20	8	8	360	21	0,7	7	6	14	96,20	1058,01	97,94	241,16	10,11	75,43	1,02	55,03	0,89	15,02	27,46	92,82						
21	20	20	220	21	0,7	13	2	26	109,84	1207,36	100,93	175,32	8,03	72,02	1,16	54,93	0,92	19,07	25,95	104,29						
22	8	20	220	21	0,7	7	6	14	103,33	1181,36	99,03	192,96	7,71	63,03	0,96	57,96	0,95	18,63	25,01	131,86						
23	20	8	220	21	0,7	13	6	14	108,01	1187,02	90,02	121,03	8,01	45,32	0,97	54,95	0,81	19,01	25,36	104,28						
24	8	20	220	21	0,7	13	2	14	109,32	1192,33	89,99	246,94	9,03	89,02	1,16	54,09	0,84	16,02	27,39	132,82						
25	20	20	360	12	0,7	7	2	26	111,96	1196,92	95,03	275,02	11,07	99,89	1,11	52,14	0,86	16,04	24,93	99,02						
26	8	20	360	12	0,7	13	6	14	95,90	1029,18	97,95	268,93	11,03	78,46	1,19	53,76	0,97	14,02	24,01	127,98						
27	20	8	360	12	0,7	7	6	26	98,16	1032,58	100,98	197,84	10,11	61,38	0,94	51,96	1,58	14,96	19,81	99,46						
28	8	8	360	12	0,7	13	2	14	111,02	1183,76	97,07	346,92	9,41	117,92	0,93	51,92	1,11	12,96	20,03	126,94						
29	20	20	220	12	0,7	13	6	26	100,01	1158,36	93,62	148,98	9,93	48,96	1,01	55,46	1,68	18,34	19,02	138,96						
30	14	20	220	12	0,7	7	2	14	114,76	1398,22	95,97	298,96	9,15	106,21	1,21	54,92	1,01	17,03	19,45	167,36						
31	20	8	220	12	0,7	7	2	14	109,12	1310,22	95,01	227,02	7,01	87,96	1,19	51,70	0,92	17,96	18,04	138,46						
32	8	8	220	12	0,7	13	6	26	99,81	1149,21	97,02	221,03	7,43	66,93	1,63	59,74	0,93	15,96	16,92	167,33						

эдили по таблице случайных чисел [16, 17].

Проверку воспроизводимости процесса выполняли по критерию Сохнера [18]. Для всех откликов

$$G_{эксн} = \frac{S_{i\max}^2}{\sum S_i}$$

оказались меньше требуемого значения

$$G(0,05;16;2)=0,3246,$$

где S_i – дисперсия в i -й строке.

Дисперсия воспроизводимости по каждому отклику составила

$$S_{Y_1}^2 = 104,11; S_{Y_2}^2 = 97,12; S_{Y_3}^2 = 9,14;$$

$$S_{Y_4}^2 = 1,17; S_{Y_5}^2 = 0,97; S_{Y_6}^2 = 25,13.$$

Вывод о воспроизводимости процесса по всем откликам позволяет сделать заключение о полноте набора факторов, что подтверждает предположение о том, что вышеуказанные факторы полностью определяют отклики и позволяют перейти к расчету нелинейных регрессионных уравнений.

В силу того, что некоторые коэффициенты парной корреляции значительно отклоняются по абсолютному значению от параметров оптимизации и отдельных факторов, выдвинута гипотеза о том, что ряд факторов нелинейно влияют на параметры оптимизации. Модель выбирали по программе "Полином" (блок-схема приведена на рис.1), позволяющей автоматически выбирать форму зависимости по минимуму остаточной дисперсии для каждого параметра оптимизации. При обработке статистических данных, приведенных в табл.2, получены следующие зависимости:

$$Y_1 = 1519,168 + 0,796x_1 + 1,403x_2 + 0,816x_3 - 0,649x_5 + 14,027x_6 - 15,039x_7 - 4,102x_8; \quad (8)$$

$$Y_2 = 379,102 - 11,898x_1 + 0,338x_3 - 4,816x_4 - 0,0001x_5 + 13,848x_6 - 0,485x_7 - 0,715x_8; \quad (9)$$

$$Y_3 = 106,94 - 2,918x_1 + 0,079x_3 - 1,214x_4 + 6,927x_6 - 0,248x_7 - 0,372x_8; \quad (10)$$

$$Y_4 = 54,962 - 0,179x_1 + 0,279x_2 - 0,008x_3 - 0,424x_4 + 0,183x_5; \quad (11)$$

$$Y_5 = 15,106 + 0,307x_1 + 0,171x_2 - 0,014x_3 + 0,131x_4 + 0,606x_5 -$$

$$-0,362x_6 - 0,480x_7 - 0,047x_8; \quad (12)$$

$$Y_6 = 358,216 - 4,503x_1 - 0,283x_3 - 4,296x_4. \quad (13)$$

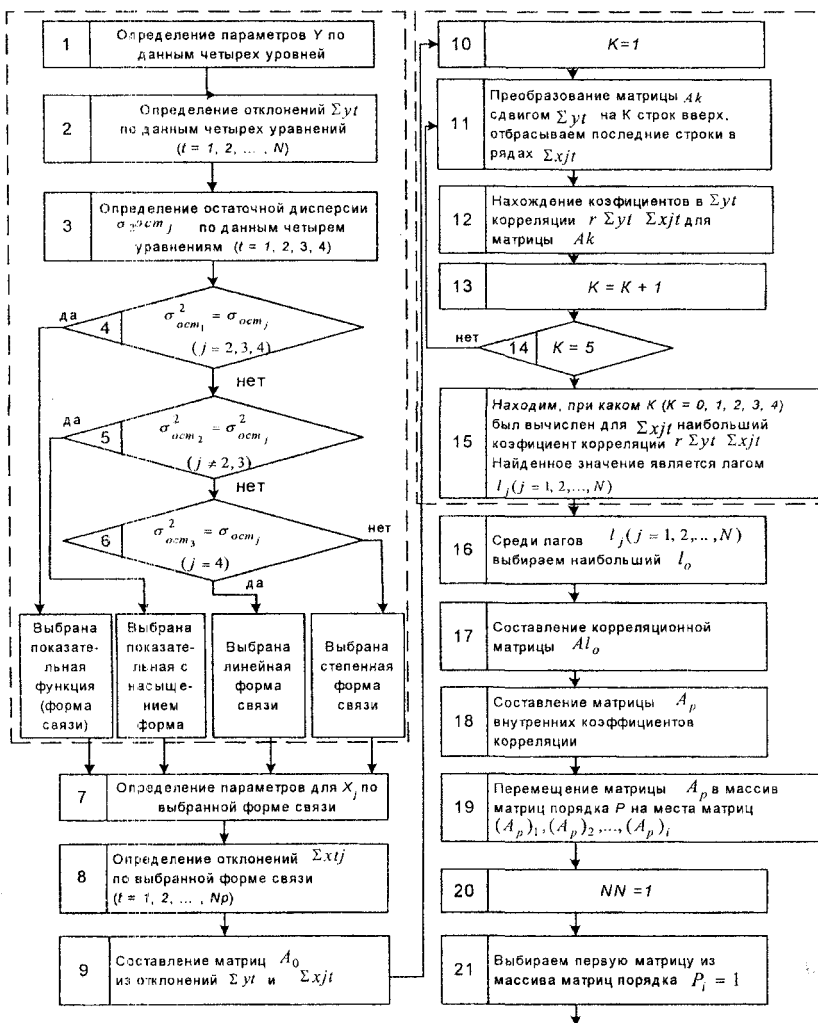
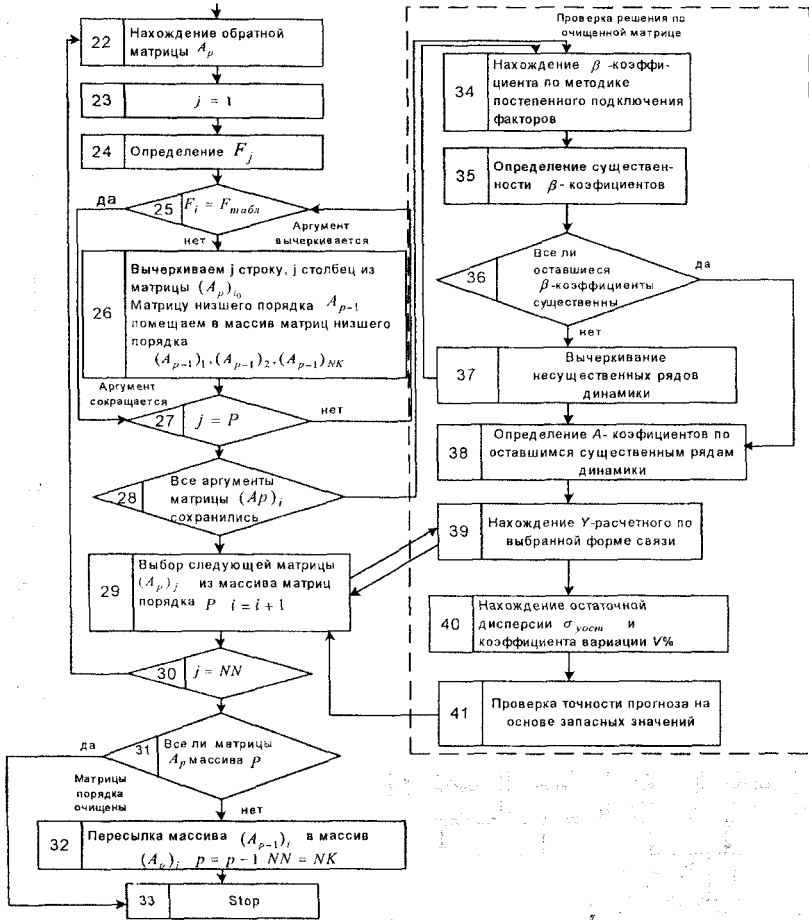


Рис. 1 -- Алгоритм многофакторной прогнозируемой модели на основе регрессии между рядами динамики для определения интегральных показателей эффективности технологического процесса склеивания старого бетона с новым



Продолжение рис. 1

Проверку адекватности уравнений проводили по критерию Фишера:

$$F_1 = \frac{S_{Y_{ад}}^2}{S_{Y_1}^2} = \frac{428,72}{104,11} = 4,17 > F(0,05;7;32) = 3,3688;$$

$$F_2 = \frac{S_{y_2^{ad}}^2}{S_{y_2}^2} = \frac{377,99}{97,12} = 3,90 > 3,3688;$$

$$F_3 = \frac{S_{y_3^{ad}}^2}{S_{y_3}^2} = \frac{33,92}{9,14} = 3,71 > 3,3688;$$

$$F_4 = \frac{S_{y_4^{ad}}^2}{S_{y_4}^2} = \frac{4,16}{1,10} = 3,69 > 3,3688;$$

$$F_5 = \frac{S_{y_5^{ad}}^2}{S_{y_5}^2} = \frac{4,06}{0,97} = 4,18 > 3,3688;$$

$$F_6 = \frac{S_{y_6^{ad}}^2}{S_{y_6}^2} = \frac{102,96}{25,13} = 4,11 > 3,3688.$$

Согласно критерию Фишера, с 95%-й достоверностью можно утверждать, что уравнения $Y_1 - Y_6$ являются неадекватными, т.е. отклики линейными моделями описать невозможно. Поэтому необходимо реализовать план второго порядка. Матрица центрального композиционного ортогонального плана и результаты опытов приведены в табл.3.

Обработку результатов информации вели по программе "Полином" с автоматическим отсеиванием незначительных коэффициентов уравнений.

На основе обработки статистических данных, приведенных в табл.3, получены следующие модели:

$$Y_1 = 312,967 + 20,763x_1 + 21,003x_2 - 1,0992x_3 - 4,129x_4 - 65,3045x_5 + 22,1116x_6 - 11,3964x_7 - 4,0721x_8 - 0,5916x_1^2 - 0,6157x_2^2 + 0,0079x_2x_3 + 3,3276x_4x_5 - 1,0379x_6^2 - 0,1179x_7x_8 + 0,0189x_8^2; \quad (14)$$

$$Y_2 = 953,1132 - 38,9071x_1 - 0,0055x_2 + 0,2493x_3 - 40,2971x_4 -$$

$$-127,6001x_5 + 11,6303x_6 - 31,6093x_7 - 3,00241x_8 + 0,8349x_1^2 + 0,9833x_4^2 + 63,2103x_5^2 + 4,3301x_7^2 + 0,0613x_8^2; \quad (15)$$

$$Y_3 = 247,2161 - 9,3472x_1 - 0,0091x_2 - 0,0633x_3 - 9,8746x_4 - 25,0003x_5 - 5,7936x_6 - 11,0329x_7 - 1,0063x_8 + 0,1998x_1^2 + 0,0001x_3^2 + 0,2411x_4^2 + 12,2731x_5^2 + 1,3891x_7^2 + 0,0169x_8^2; \quad (16)$$

$$Y_4 = -74,392 + 5,268x_1 + 4,003x_2 + 0,029x_3 + 0,876x_4 - 0,183x_1^2 - 0,111x_2^2 - 0,0001x_3^2 - 0,023x_4^2; \quad (17)$$

$$Y_5 = -131,2841 + 4,3923x_1 - 5,3168x_2 + 0,0639x_3 + 2,3903x_4 + 49,0001x_5 + 2,1309x_6 + 5,3281x_7 + 0,498x_8 - 0,13x_1^2 - 0,14x_2^2 - 0,0001x_3^2 - 0,07x_4^2 - 21,9x_5^2 - 0,046x_5x_6 - 0,24x_6^2 - 0,97x_7^2 - 0,002x_7x_8; \quad (18)$$

$$Y_6 = 803,9107 - 10,1163x_1 + 1,3987x_2 - 0,3916x_3 - 53,0072x_4 + 0,1798x_1^2 - 0,0419x_2^2 + 0,0001x_3^2 + 1,247x_4^2. \quad (19)$$

Таблица 3 – Матрица центрального композиционного ортогонального плана и результатов опытов клеевого соединения старого и нового бетонов

№ эксперимента	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆
1	20	20	360	21	1,1	13	6	26	1061,19	212	79	53,6	16,04	64,2
2	8	20	360	21	1,1	7	2	14	1089,47	251	80	56,8	17,61	91,9
3	20	8	360	21	1,1	7	2	14	1091,32	179	62	53,9	18,01	64,2
4	8	8	360	21	1,1	13	6	26	1047,73	283	92	53,3	13,31	92,8
5	20	20	220	21	1,1	7	2	14	1219,01	131	50	56,9	20,7	104,6
6	8	20	220	21	1,1	13	6	26	1173,49	236	85	56,1	17,3	132,7
7	20	8	220	21	1,1	13	6	26	1176,22	165	67	53,1	17,7	104,8
8	8	8	220	21	1,1	7	2	14	1205,93	203	68	56,1	18,9	131,9
9	20	20	360	12	1,1	7	2	26	1067,24	207	67	54,3	17,8	98,9
10	8	20	360	12	1,1	13	6	26	1160,89	335	113	53,9	14,01	127,8
11	20	8	360	12	1,1	13	6	14	1108,76	264	95	50,9	14,89	99,8
12	8	8	360	12	1,1	7	2	26	1053,99	279	84	53,8	14,47	127,6
13	20	20	220	12	1,1	13	6	14	1289,92	217	87	54,1	18,11	139,2
14	8	20	220	12	1,1	7	2	26	1178,21	231	72	56,8	18,03	167,1
15	20	8	220	12	1,1	7	2	26	1182,23	158	53	54,1	19,01	139,3
16	8	8	220	12	1,1	13	6	14	1275,31	287	101	53,5	15,02	167,9
17	20	20	360	21	0,7	7	6	14	1071,22	168	57	55,3	18,21	64,3
18	8	20	360	21	0,7	13	2	26	1079,11	295	102	55,1	15,20	92,8
19	20	8	360	21	0,7	13	2	26	1083,12	223	84	55,0	16,10	64,3
20	8	8	360	21	0,7	7	6	14	1066,01	241	75	55,1	15,3	91,2
21	20	20	220	21	0,7	13	2	26	1208,92	175	72	55,5	19,7	104,7
22	8	20	220	21	0,7	7	6	14	1181,73	193	63	58,1	18,9	132,6

Продолжение табл.3

23	20	8	220	21	0,7	7	6	14	1187,01	121	45	56,1	19,7	104,8
24	8	8	220	21	0,7	13	2	26	1194,23	247	89	54,7	16,3	132,9
25	20	20	360	12	0,7	13	2	14	1196,33	274	101	51,9	16,5	107,2
26	8	20	360	12	0,7	7	6	26	1029,73	269	81	55,6	14,6	127,6
27	20	8	360	12	0,7	7	6	26	1033,28	192	61	52,8	15,01	99,5
28	8	8	360	12	0,7	13	2	14	1182,71	347	117	51,1	13,92	122,8
29	20	20	220	12	0,7	7	6	26	1157,93	149	49	55,4	18,92	139,4
30	8	20	220	12	0,7	13	2	14	1307,21	297	107	55,1	17,11	166,9
31	20	8	220	12	0,7	13	2	14	1311,98	227	87	51,5	17,96	139,2
32	8	8	220	12	0,7	7	6	26	1144,22	221	68	55,1	15,92	167,4
33	16	20	290	16	0,9	9	3	19	1118,96	162	59	55,5	21,11	81,6
34	16	8	290	16	0,9	9	3	19	1092,18	252	87	53,2	18,11	131,8
35	16	8	290	16	0,9	9	3	19	1111,01	185	65	54,9	18,13	96,8
36	16	17	290	16	0,9	9	3	19	1096,33	167	66	56,2	17,31	96,8
37	16	17	460	16	0,9	9	3	19	969,82	167	77	53,9	19,11	45,6
38	16	23	290	16	0,9	9	3	19	1399,21	161	59	59,7	23,9	166,9
39	16	11	290	16	0,9	9	3	19	1253,12	193	67	58,1	21,7	70,0
40	16	16	290	16	0,9	9	3	19	1103,61	363	105	55,5	18,7	346,5
41	16	16	290	16	1,3	9	3	19	1104,27	185	63	58,3	21,5	97,0
42	16	16	290	16	1,3	9	3	19	1102,62	185	67	58,1	20,3	97,1
43	16	16	290	16	0,9	9	3	19	1142,22	221	83	57,8	19,1	96,8
44	16	16	290	16	0,9	9	3	19	1062,26	165	57	55,3	21,6	96,9
45	16	16	290	16	0,9	9	7	19	1124,33	187	65	53,5	19,5	97,0
46	16	16	290	16	0,9	9	0	19	1173,98	209	78	58,3	20,9	96,9
47	16	16	290	16	0,9	9	3	39	1089,21	177	62	58,5	20,4	97,0
48	16	16	290	16	0,9	9	3	0	1201,36	211	77	58,7	22,1	97,0
49	16	16	290	16	0,9	9	3	19	1103,63	185	65	58,3	22,2	97,2
50	16	16	290	16	0,9	9	3	19	1104,21	183	67	58,4	29,5	96,9

Проверка по критерию Фишера показала адекватность моделей. На рис.2-4 показано влияние отдельных факторов на параметры клеевых соединений старого и нового бетонов.

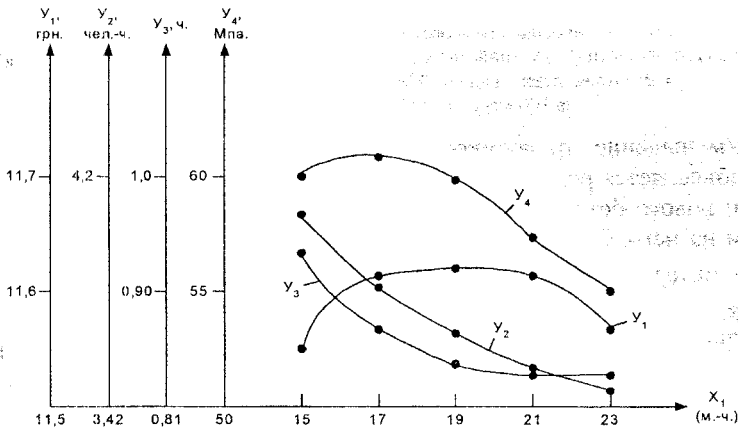


Рис.2 – Графическая зависимость себестоимости (Y_1), трудоемкости (Y_2), продолжительности (Y_3) устройства клевого соединения старого и нового бетонов и его прочности на сдвиг (Y_4) от количества отвердителя (X_1) на 100 масс.-частей смолы в составе клея

Как видно из рис.2, зависимость себестоимости устройства клеевого соединения старого и нового бетонов от количества отвердителя в составе клеевой композиции носит экстремальный характер. В интервале от 15 до 18-19 масс.-частей отвердителя на 100 масс.-частей эпоксидной смолы ЭД-16 происходит увеличение себестоимости, а при дальнейшем росте количества отвердителя – уменьшение. Трудоемкость (Y_2) и продолжительность (Y_3) устройства соединения монотонно убывают во всем интервале изменения количества отвердителя на 100 масс.-частей смолы в составе клея.

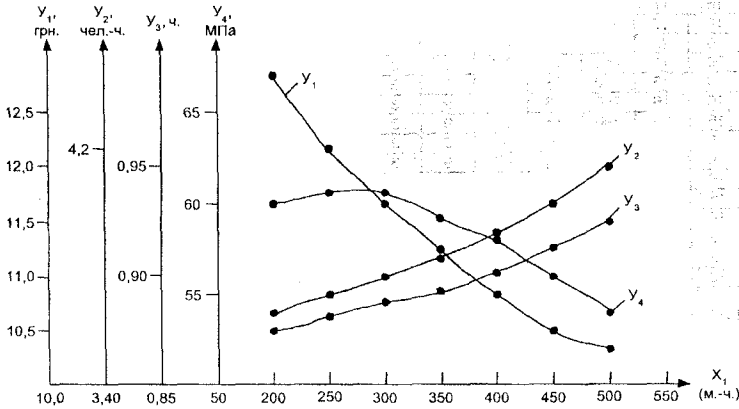


Рис.3 – Зависимости себестоимости (Y_1), трудоемкости (Y_2), продолжительности (Y_3) устройства клеевого соединения старого и нового бетонов и его прочности на сдвиг (Y_4) от количества наполнителя (X_1) на 100 масс.-частей смолы в составе клея

Уменьшение трудоемкости и продолжительности выполнения узла объясняется ростом набора прочности клеевым соединением старого и нового бетонов и сокращением срока передачи проектной нагрузки на него. Этим можно объяснить и уменьшение себестоимости (Y_1) в интервале изменения количества отвердителя от 19 до 23 масс.-частей.

Прочность клеевого соединения старого и нового бетонов на сдвиг (Y_4) растет до 15-17 масс.-частей отвердителя, а далее падает.

На рис.3 видно, что с изменением количества наполнителя (песка) в составе клея от 200 до 500 масс.-частей на 100 масс.-частей смолы происходит рост продолжительности и трудоемкости устройства клеевого соединения старого и нового бетонов, что объясняется увеличе-

нием вязкости клея, трудоемкостью его укладки в отдельные элементы соединения, сокращением технологической жизнеспособности. Однако себестоимость (Y_1) выполнения клеевого соединения старого и нового бетонов уменьшается, что связано прежде всего со стоимостью эпоксидного клея, так как введение дешевого наполнителя, естественно, способствует снижению его стоимости.

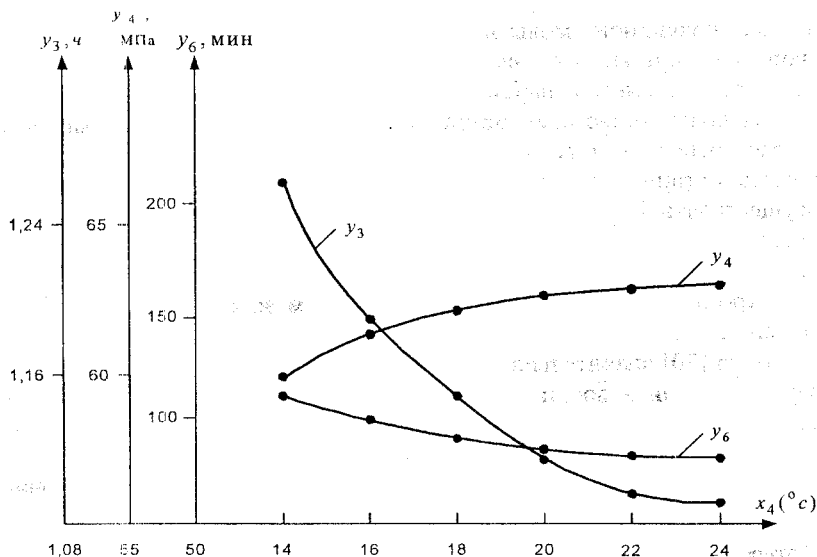


Рис.4 – Зависимости продолжительности (Y_3) устройства клеевого соединения старого и нового бетонов и его прочности на сдвиг (Y_4) и технологической жизнеспособности клея (Y_6) от температуры окружающей среды (x_4)

На формирование организационно-технологических решений при устройстве клеевого стыкового соединения важное значение оказывают метеорологические условия [19].

Выполненные нами исследования определили количественно зависимости продолжительности, прочностных параметров и технологической жизнеспособности от одного из метеорологических факторов – температуры окружающей среды (x_4) (рис.4). С увеличением температуры продолжительность устройства (Y_3) и технологическая жизнеспособность клея (Y_6) уменьшаются, а прочностные параметры (в нашем случае прочность на сдвиг (Y_4)) увеличиваются.

Таким образом, в результате выполненных исследований установлено, что доминирующее влияние на параметры клеевых соединений старого и нового бетонов (себестоимость, трудоемкость, продолжительность выполнения соединения, позволяющая воспринимать проектные нагрузки, прочностные характеристики и технологическая жизнеспособность клея) оказывают следующие основные факторы: количество отвердителя, пластификатора и наполнителя на 100 масс.-частей эпоксидной смолы в составе клея, метеоусловия, расход раствора соляной кислоты на обработку склеиваемых поверхностей, а также геометрические параметры склеиваемых поверхностей.

Использование предложенной методики, аналитических моделей и графоаналитических зависимостей позволит более качественно принимать организационно-технологические и технические решения и осуществлять оптимизацию по формированию клеевых соединений старого и нового бетонов, а также управлять этим процессом на всех пространственно-временных уровнях выполнения работ.

Кроме того, представляется возможным за счет внедрения этих решений в системе формирования жизненного цикла городского жилого фонда [20] значительно продлить его продолжительность на этапе реконструкции и восстановления элементов жилых зданий и инфраструктуры городского жилого фонда.

1.Торкатюк В.И., Золотова Н.М. Склеивание старого бетона с новым // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.42. – К.: Техніка, 2002. – С.92-98.

2.Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Смолянинов Ю.М. Применение акриловых пластраторов для соединения строительных конструкций метрополитена // Метрополитен ти планировка крупнейшего города: Материалы науч.-практ. конф. – Харьков, 1980. – С.146-148.

3.Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Смолянинов Ю.М. Исследование возможности применения акриловых пластраторов для ремонта зданий // Наука и техника в городском хозяйстве. – К.: НИКТИ ГХ МЖКХ УССР, 1982. – С.52-54.

4.Шутенко Л.Н., Золотов С.М., Гарбуз А.О., Зудов О.В. Акриловые клеи для соединения бетонных и железобетонных изделий // Архитектурно-строительное материаловедение на рубеже веков: Материалы междунар. интернет-конф. – Белгород: БелГТАСМ, 2002. – С.201-204.

5.Торкатюк В.И., Марюхин А.В. Контроль изотермии и теплофизических характеристик бетона при устройстве бетонных полов // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. тр. Вып.19. Проблемы организации и управления жилищно-коммунальным строительством. – Днепропетровск: ПГАСА, 2002. – С.70-76.

6.Торкатюк В.И., Панченко В.А. Исследование эффективности применения клеевых соединений на основе полимерных материалов в многоэтажном каркасном строительстве / Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве. – Харьков: ХИИКС, 1982. – С.382-385.

7.Торкатюк В.И., Панченко В.А., Шумаков И.В. Эффективность бесшовных соединений в строительстве / Деп. во ВНИИС Госстроя СССР. Рег. №5970. Вып.6. – 1985.

8. Душин В.В., Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Псурцева Н.А. Соединение бетонных и железобетонных элементов. – Харьков: НТО Стройиндустрии, 189. – 66 с.

9. Торкатюк В.И., Соколовский С.Н., Покрасенко Л.Н. Строительство многоэтажных каркасных зданий. – М.: Стройиздат, 1989. – 368 с.

10. Шутенко Л.Н. Повышение продолжительности жизненного цикла городского жилого фонда на основе его реконструкции // Ресурсоэкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Вип.7. – Рівне: РДТУ, 2001. – С.244-252.

11. Гусаков А.А. Организационно-технологическая надежность строительного производства. – М.: СИ, 1974. – 254 с.

12. Торкатюк В.И. Особенности формирования экономического критерия оптимальности новых технологических процессов возведения многоэтажных каркасных зданий с учетом уровня неопределенности/ Деп. во ВНИИС Госстроя СССР. Рег. №2896. Вып.18. – 1981. – 9 с.

13. Нефедов Л.И., Стопченко Е.Г., Стопченко Г.И., Золотова Н.М. Модели принятия решений в управлении развитием городских систем // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.36. – К.: Техніка, 2002. – С.461-466.

14. Панченко В.А. Совершенствование технологии монтажа сборных железобетонных конструкций промышленных каркасных зданий с клеевыми соединениями: Дис... канд. техн. наук: 05.23.08. – Днепропетровск, 1986. – 176 с.

15. Хартман К. и др. Планирование экспериментов в исследовании технологических процессов. – М.: Мир, 1970. – 550 с.

16. Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы теории обработки наблюдений. – М.: Физматгиз, 1962. – 352 с.

17. Федоров В.В. Теория оптимального эксперимента. – М.: Наука, 1971. – 312 с.

18. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров: Пер. с фр. – М.: Наука, 1970. – 720 с.

19. Благов В.П. Исследование и количественная оценка влияния метеорологических условий района строительства на продолжительность строительных работ: Автореф. дисс... канд. техн. наук: 05.23.08. – Харьков, 1973. – 30 с.

20. Шутенко Л.Н. Миський житловий фонд: життєвий цикл і радіаційна безпека. – К.: Техніка, 2002. – 251 с.

Получено 29.08.2002

УДК 69.059.4 : 728.1

Л.Н. ШУТЕНКО, профессор

Харьковская государственная академия городского хозяйства

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ НАДЕЖНЫХ ЛОГИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ГОРОДСКОГО ЖИЛОГО ФОНДА И ЕГО ОПТИМИЗАЦИИ

В процессе формирования жизненного цикла городского жилого фонда в современных условиях остро стоит проблема создания научной концепции управления этой системой. Для решения данной проблемы необходимо осуществить ее формализацию и создать логико-математическую модель для осуществления надежного управления с использованием вычислительной техники.

Происходящие в настоящее время экономические преобразования в строительной отрасли Украины, которая в основном обеспечивает