

УДК 519.24:62.50

Н.Д. Кошевой, д-р техн. наук, профессор,**А.С. Чуйко, магистр, Е.М. Костенко, канд. техн. наук, доцент***Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ"**61070, Харьков, ул. Чкалова, 17**E-mail: kafedraopi@rambler.ru***ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ВЕТВЕЙ И ГРАНИЦ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ПРИБЛИЖЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Проведена оптимизация моделирования процесса получения пористых материалов с оптимальными механическими свойствами методами ветвей и границ и последовательного приближения. В результате были получены оптимальные планы проведения эксперимента, которые позволяют значительно сократить стоимость и время его выполнения. Показано, что при использовании метода ветвей и границ получают большие выигрыши по стоимостным и временным затратам на реализацию эксперимента по сравнению с методом последовательного приближения, однако при этом требуются большие объемы памяти ЭВМ и время решения задачи.

Ключевые слова: оптимизация, моделирование, эксперимент, планирование, метод ветвей и границ, метод последовательного приближения, стоимость, время.

Постановка проблемы. При решении задач оптимизации и управления различными объектами возникает проблема получения математических моделей объектов. Для решения этой проблемы широко используются методы планирования эксперимента. При этом оправдано стремление экспериментаторов получать эти модели при минимальных стоимостных и временных затратах. Эта задача особенно актуальна при исследовании дорогостоящих или длительных процессов.

Анализ последних исследований и публикаций. Известно применение метода ветвей и границ для оптимизации композиционных планов второго порядка, которые используются при построении квадратичных математических моделей исследуемых объектов [1]. Разработан, также алгоритм оптимизации композиционных планов второго порядка методом последовательного приближения.

Цель статьи: провести оптимизацию моделирования процесса получения пористых материалов с оптимальными механическими свойствами методами ветвей и границ, а также последовательного приближения; провести сравнительный анализ результатов полученных этими методами.

Основные результаты исследований. В работе [2] для выявления влияния характеристик термических режимов обработки на механические свойства обрабатываемого материала строилась математическая модель процесса термической обработки пористого материала. В качестве показателей процесса, характеризующих поведение материала при деформации и разрушении от действия внешних нагрузок, были взяты модуль упругости Y_1 и прочность материала Y_2 . В качестве факторов, характеризующих термический режим обработки, были взяты температура термического процесса X_1 , время термического воздействия X_2 , влажность материала X_3 и пористость материала X_4 .

Исходный план ортогонального центрального композиционного планирования (ОЦКП), в соответствии с которым проводилось исследование, приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Исходный и оптимальные планы ОЦКП

Исходный план					Оптимальный план 1					Оптимальный план 2				
Номер опыта	Обозначение факторов				Номер опыта	Обозначение факторов				Номер опыта	Обозначение факторов			
	X_1	X_2	X_3	X_4		X_1	X_2	X_3	X_4		X_1	X_2	X_3	X_4
1	+1	+1	+1	+1	18	+a	0	0	0	17	-a	0	0	0
2	-1	+1	+1	+1	7	+1	-1	-1	+1	8	-1	-1	-1	+1
3	+1	-1	+1	+1	15	+1	-1	-1	-1	6	-1	+1	-1	+1
4	-1	-1	+1	+1	13	+1	+1	-1	-1	14	-1	+1	-1	-1
5	+1	+1	-1	+1	5	+1	+1	-1	+1	16	-1	-1	-1	-1
6	-1	+1	-1	+1	1	+1	+1	+1	+1	12	-1	-1	+1	-1
7	+1	-1	-1	+1	9	+1	+1	+1	-1	10	-1	+1	+1	-1

Продолжение таблицы 1

8	-1	-1	-1	+1	11	+1	-1	+1	-1	2	-1	+1	+1	+1
9	+1	+1	+1	-1	3	+1	-1	+1	+1	4	-1	-1	+1	+1
10	-1	+1	+1	-1	19	0	-a	0	0	22	0	0	+a	0
11	+1	-1	+1	-1	20	0	+a	0	0	23	0	0	0	-a
12	-1	-1	+1	-1	25	0	0	0	0	24	0	0	0	+a
13	+1	+1	-1	-1	24	0	0	0	+a	25	0	0	0	0
14	-1	+1	-1	-1	23	0	0	0	-a	19	0	-a	0	0
15	+1	-1	-1	-1	22	0	0	+a	0	20	0	+a	0	0
16	-1	-1	-1	-1	21	0	0	-a	0	21	0	0	-a	0
17	-a	0	0	0	8	-1	-1	-1	+1	5	+1	+1	-1	+1
18	+a	0	0	0	16	-1	-1	-1	-1	7	+1	-1	-1	+1
19	0	-a	0	0	14	-1	+1	-1	-1	15	+1	-1	-1	-1
20	0	+a	0	0	6	-1	+1	-1	+1	13	+1	+1	-1	-1
21	0	0	-a	0	2	-1	+1	+1	+1	9	+1	+1	+1	-1
22	0	0	+a	0	10	-1	+1	+1	-1	11	+1	-1	+1	-1
23	0	0	0	-a	12	-1	-1	+1	-1	3	+1	-1	+1	+1
24	0	0	0	+a	4	-1	-1	+1	+1	1	+1	+1	+1	+1
25	0	0	0	0	17	-a	0	0	0	18	+a	0	0	0

Оптимизация плана проведения эксперимента осуществлялась с использованием следующих критериев.

1) Суммарная стоимость проведения эксперимента

$$S_0 = \sum_{j=2}^n \sum_{i=1}^k S_{i,j} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где n – количество опытов; k – количество факторов; $S_{i,j}$ – стоимость установки i -го фактора в j -ом опыте.

2) Суммарное время проведения эксперимента определяется как

$$t_0 = \sum_{j=2}^n \sum_{i=1}^k t_{i,j} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где $t_{i,j}$ – время установки i -го фактора в j -ом опыте.

3) Обобщенный критерий стоимости и времени проведения эксперимента

$$\frac{K_1}{N_1} \cdot \sum S_{i \rightarrow j} + \frac{K_2}{N_2} \cdot \sum t_{i \rightarrow j} \rightarrow \min, \quad (3)$$

где $S_{i \rightarrow j}$ – стоимость перехода из i -го эксперимента в j -тый; $t_{i \rightarrow j}$ – время перехода из i -го эксперимента в j -тый; K_1, K_2 – весовые коэффициенты для стоимостного и временного параметра оптимизации соответственно; N_1, N_2 – нормирующие значения для стоимостного и временного параметра оптимизации соответственно.

Нормирующие значения определяются следующим образом:

$$\begin{aligned} N_1 &= \max\{S_{1 \rightarrow 2}, S_{1 \rightarrow 3}, \dots, S_{2 \rightarrow 1}, S_{2 \rightarrow 3}, \dots, S_{i \rightarrow j}, \dots, S_{n-1 \rightarrow n}\}; \\ N_2 &= \max\{t_{1 \rightarrow 2}, t_{1 \rightarrow 3}, \dots, t_{2 \rightarrow 1}, t_{2 \rightarrow 3}, \dots, t_{i \rightarrow j}, \dots, t_{n-1 \rightarrow n}\}. \end{aligned} \quad (4)$$

Весовые коэффициенты K_1, K_2 позволяют варьировать значимостью соответствующего параметра оптимизации. Чем выше значение весового коэффициента, тем выше значимость соответствующего параметра оптимизации.

Стоимости и время изменений значений уровней факторов приведены в таблице 2. Стоимость реализации эксперимента по исходному плану составляет $S_{исх} = 3025$ усл. ед., а время – $t_{исх} = 97561$ с.

С помощью прикладной программы, реализующей метод ветвей и границ, произведем оптимизацию исходного плана проведения эксперимента по критерию минимальной стоимости реализации эксперимента (1). В результате был получен оптимальный по стоимости реализации план эксперимента, представленный в таблице 1. Стоимость реализации эксперимента по этому плану составляет $S_{онм.1} = 553,5$ усл. ед., а время – $t_{онм.1} = 13316$ сек. Таким образом, выигрыш в стоимости реализации эксперимента составляет $B_{S1} = 5,47$ по сравнению с исходным планом, а во времени – $B_{t1} = 7,33$.

Таблица 2 – Стоимости и время изменений значений уровней факторов

Стоимости изменений уровней факторов, усл. ед.	Обозначение факторов				Время изменений уровней факторов, с.	Обозначение факторов			
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
из "-а" в "-1"	40	10	2	3	из "-а" в "-1"	720	1	60	60
из "-а" в "0"	140	30	7	2,5	из "-а" в "0"	2520	3	210	60
из "-а" в "+1"	240	50	12	2	из "-а" в "+1"	4320	5	360	60
из "-а" в "+а"	280	58	14	1,8	из "-а" в "+а"	5040	5,8	420	60
из "-1" в "-а"	20	2	6	4,2	из "-1" в "-а"	1440	0,2	120	60
из "-1" в "0"	100	30	5	2,5	из "-1" в "0"	1800	3	150	60
из "-1" в "+1"	200	50	10	2	из "-1" в "+1"	3600	5	300	60
из "-1" в "+а"	240	58	12	1,8	из "-1" в "+а"	4320	5,8	360	60
из "0" в "-а"	70	2	21	4,2	из "0" в "-а"	5040	0,2	420	60
из "0" в "-1"	50	10	15	3	из "0" в "-1"	3600	1	300	60
из "0" в "+1"	100	50	5	2	из "0" в "+1"	1800	5	150	60
из "0" в "+а"	140	58	7	1,8	из "0" в "+а"	2520	5,8	210	60
из "+1" в "-а"	120	2	36	4,2	из "+1" в "-а"	8640	0,2	720	60
из "+1" в "-1"	100	10	30	3	из "+1" в "-1"	7200	1	600	60
из "+1" в "0"	50	30	15	2,5	из "+1" в "0"	3600	3	150	60
из "+1" в "+а"	40	58	2	1,8	из "+1" в "+а"	720	5,8	60	60
из "+а" в "-а"	140	2	42	4,2	из "+а" в "-а"	10080	0,2	840	60
из "+а" в "-1"	120	10	36	3	из "+а" в "-1"	8640	1	720	60
из "+а" в "0"	70	30	21	2,5	из "+а" в "0"	5040	3	420	60
из "+а" в "+1"	20	50	6	2	из "+а" в "+1"	1440	5	120	60

Аналогично проведем оптимизацию исходного плана методом ветвей и границ по критерию минимального времени реализации эксперимента (2). Полученный план проведения эксперимента представлен в таблице 1 (2). Время реализации эксперимента по этому плану составляет $t_{онм.2} = 7155$ с., а стоимость – $S_{онм.2} = 853,5$ усл. ед. Таким образом, выигрыш во времени реализации эксперимента составляет $B_{t2} = 12,58$ по сравнению с исходным планом, а в стоимости – $B_{S2} = 3,54$.

Аналогично с помощью прикладной программы, реализующей метод последовательного приближения, проведем оптимизацию исходного плана по критериям 1 и 2. В результате были получены оптимальные по стоимости (оптимальный план 3) и времени (оптимальный план 4) планы проведения эксперимента, которые приведены в таблице 3. Стоимость проведения экспериментов по оптимальному плану 3 составляет $S_{онм.3} = 553,5$ усл. ед., а время – $t_{онм.3} = 13466$ с. Таким образом, выигрыш в стоимости реализации эксперимента составляет $B_{S3} = 5,47$ по сравнению с исходным планом, а во времени – $B_{t3} = 7,24$. Время реализации эксперимента по оптимальному плану 4 составляет $t_{онм.4} = 7909$ с., а стоимость – $S_{онм.4} = 853,5$ усл. ед. Таким образом, выигрыш во времени реализации эксперимента составляет $B_{t4} = 12,34$ по сравнению с исходным планом, а в стоимости – $B_{S4} = 3,54$.

Таблица 3 – Оптимальные планы ОЦКП

Оптимальный план 3					Оптимальный план 4				
Номер опыта	Обозначение факторов				Номер опыта	Обозначение факторов			
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
18	+a	0	0	0	17	-a	0	0	0
7	+1	-1	-1	+1	4	-1	-1	+1	+1
15	+1	-1	-1	-1	2	-1	+1	+1	+1
13	+1	+1	-1	-1	10	-1	+1	+1	-1
5	+1	+1	-1	+1	12	-1	-1	+1	-1
1	+1	+1	+1	+1	16	-1	-1	-1	-1
9	+1	+1	+1	-1	14	-1	+1	-1	-1
11	+1	-1	+1	-1	6	-1	+1	-1	+1
3	+1	-1	+1	+1	8	-1	-1	-1	+1
20	0	+a	0	0	21	0	0	-a	0
19	0	-a	0	0	20	0	+a	0	0
21	0	0	-a	0	19	0	-a	0	0
25	0	0	0	0	24	0	0	0	+a
23	0	0	0	-a	23	0	0	0	-a
24	0	0	0	+a	25	0	0	0	0
22	0	0	+a	0	22	0	0	+a	0
4	-1	-1	+1	+1	1	+1	+1	+1	+1
12	-1	-1	+1	-1	3	+1	-1	+1	+1
10	-1	+1	+1	-1	11	+1	-1	+1	-1
2	-1	+1	+1	+1	9	+1	+1	+1	-1
6	-1	+1	-1	+1	13	+1	+1	-1	-1
14	-1	+1	-1	-1	15	+1	-1	-1	-1
16	-1	-1	-1	-1	7	+1	-1	-1	+1
8	-1	-1	-1	+1	5	+1	+1	-1	+1
17	-a	0	0	0	18	+a	0	0	0

Используя метод ветвей и границ, проведем двухпараметрическую оптимизацию (3) исходного композиционного плана. С помощью прикладной программы были получены оптимальные планы для весовых коэффициентов $K_1=1$, $K_2=1$; $K_1=2$, $K_2=1$ и $K_1=1$, $K_2=2$ (оптимальные планы 5, 6, 7 соответственно), которые приведены в таблице 4. Стоимость и время реализации эксперимента по этим планам, а также полученные выигрыши также приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Оптимальные планы ОЦКП

Оптимальный план 5 ($K_1=1$, $K_2=1$)					Оптимальный план 6 ($K_1=2$; $K_2=1$)					Оптимальный план 7 ($K_1=1$, $K_2=2$)				
Номер опыта	Обозначение факторов				Номер опыта	Обозначение факторов				Номер опыта	Обозначение факторов			
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
17	-a	0	0	0	18	+a	0	0	0	17	-a	0	0	0
16	-1	-1	-1	-1	15	+1	-1	-1	-1	16	-1	-1	-1	-1
8	-1	-1	-1	+1	7	+1	-1	-1	+1	8	-1	-1	-1	+1
6	-1	+1	-1	+1	5	+1	+1	-1	+1	6	-1	+1	-1	+1
14	-1	+1	-1	-1	13	+1	+1	-1	-1	14	-1	+1	-1	-1
10	-1	+1	+1	-1	9	+1	+1	+1	-1	10	-1	+1	+1	-1
2	-1	+1	+1	+1	1	+1	+1	+1	+1	2	-1	+1	+1	+1
4	-1	-1	+1	+1	3	+1	-1	+1	+1	4	-1	-1	+1	+1
12	-1	-1	+1	-1	11	+1	-1	+1	-1	12	-1	-1	+1	-1
19	0	-a	0	0	19	0	-a	0	0	22	0	0	+a	0
20	0	+a	0	0	20	0	+a	0	0	25	0	0	0	0
25	0	0	0	0	25	0	0	0	0	24	0	0	0	+a
23	0	0	0	-a	24	0	0	0	+a	23	0	0	0	-a
24	0	0	0	+a	23	0	0	0	-a	19	0	-a	0	0
22	0	0	+a	0	22	0	0	+a	0	20	0	+a	0	0

Продолжение таблицы 4

21	0	0	-a	0	21	0	0	-a	0	21	0	0	-a	0
7	+1	-1	-1	+1	8	-1	-1	-1	+1	7	+1	-1	-1	+1
15	+1	-1	-1	-1	16	-1	-1	-1	-1	15	+1	-1	-1	-1
13	+1	+1	-1	-1	14	-1	+1	-1	-1	13	+1	+1	-1	-1
5	+1	+1	-1	+1	6	-1	+1	-1	+1	5	+1	+1	-1	+1
1	+1	+1	+1	+1	2	-1	+1	+1	+1	1	+1	+1	+1	+1
9	+1	+1	+1	-1	10	-1	+1	+1	-1	9	+1	+1	+1	-1
11	+1	-1	+1	-1	12	-1	-1	+1	-1	11	+1	-1	+1	-1
3	+1	-1	+1	+1	4	-1	-1	+1	+1	3	+1	-1	+1	+1
18	+a	0	0	0	17	-a	0	0	0	18	+a	0	0	0
$S_{onm.5} = 694,5$				$B_{S5} = 4,36$	$S_{onm.6} = 554,5$				$B_{S6} = 5,46$	$S_{onm.7} = 704,5$				$B_{S7} = 4,29$
$t_{onm.5} = 8276$				$B_{t5} = 11,79$	$t_{onm.6} = 13316$				$B_{t6} = 7,33$	$t_{onm.7} = 7979$				$B_{t7} = 12,23$

Аналогично проведем оптимизацию исходного плана методом последовательного приближения для тех же значений весовых коэффициентов. В результате были получены оптимальные по стоимости и времени реализации планы проведения экспериментов, представленные в таблице 5. Стоимость и время реализации эксперимента по этим планам, а также полученные выигрыши также приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Оптимальные планы ОЦКП

Оптимальный план 8 ($K_1 = 1, K_2 = 1$)					Оптимальный план 9 ($K_1 = 2; K_2 = 1$)					Оптимальный план 10 ($K_1 = 1, K_2 = 2$)				
Номер опыта	Обозначение факторов				Номер опыта	Обозначение факторов				Номер опыта	Обозначение факторов			
	X_1	X_2	X_3	X_4		X_1	X_2	X_3	X_4		X_1	X_2	X_3	X_4
17	-a	0	0	0	18	+a	0	0	0	17	-a	0	0	0
4	-1	-1	+1	+1	11	+1	-1	+1	-1	16	-1	-1	-1	-1
12	-1	-1	+1	-1	3	+1	-1	+1	+1	8	-1	-1	-1	+1
10	-1	+1	+1	-1	1	+1	+1	+1	+1	6	-1	+1	-1	+1
2	-1	+1	+1	+1	9	+1	+1	+1	-1	14	-1	+1	-1	-1
6	-1	+1	-1	+1	13	+1	+1	-1	-1	10	-1	+1	+1	-1
14	-1	+1	-1	-1	5	+1	+1	-1	+1	2	-1	+1	+1	+1
16	-1	-1	-1	-1	7	+1	-1	-1	+1	4	-1	-1	+1	+1
8	-1	-1	-1	+1	15	+1	-1	-1	-1	12	-1	-1	+1	-1
21	0	0	-a	0	20	0	+a	0	0	22	0	0	+a	0
20	0	+a	0	0	19	0	-a	0	0	25	0	0	0	0
19	0	-a	0	0	25	0	0	0	0	24	0	0	0	+a
24	0	0	0	+a	21	0	0	-a	0	23	0	0	0	-a
23	0	0	0	-a	24	0	0	0	+a	21	0	0	-a	0
25	0	0	0	0	23	0	0	0	-a	20	0	+a	0	0
22	0	0	+a	0	22	0	0	+a	0	19	0	-a	0	0
11	+1	-1	+1	-1	4	-1	-1	+1	+1	3	+1	-1	+1	+1
3	+1	-1	+1	+1	12	-1	-1	+1	-1	11	+1	-1	+1	-1
1	+1	+1	+1	+1	10	-1	+1	+1	-1	9	+1	+1	+1	-1
9	+1	+1	+1	-1	2	-1	+1	+1	+1	1	+1	+1	+1	+1
13	+1	+1	-1	-1	6	-1	+1	-1	+1	5	+1	+1	-1	+1
5	+1	+1	-1	+1	14	-1	+1	-1	-1	13	+1	+1	-1	-1
7	+1	-1	-1	+1	16	-1	-1	-1	-1	15	+1	-1	-1	-1
15	+1	-1	-1	-1	8	-1	-1	-1	+1	7	+1	-1	-1	+1
18	+a	0	0	0	17	-a	0	0	0	18	+a	0	0	0
$S_{onm.8} = 704,5$				$B_{S8} = 4,29$	$S_{onm.9} = 554,5$				$B_{S9} = 5,46$	$S_{onm.10} = 694,5$				$B_{S10} = 4,35$
$t_{onm.8} = 8129$				$B_{t8} = 12$	$t_{onm.9} = 13616$				$B_{t9} = 7,17$	$t_{onm.10} = 8576$				$B_{t10} = 11,37$

Проведем сравнительный анализ рассмотренных методов оптимизации. Объем памяти требуемой для работы программы, реализующей метод ветвей и границ, при решении рассмотренных задач составляет 147 Мб. Время решения этим методом составило 3 с. Объем памяти ЭВМ необходимый для

работы программы, реализующей метод последовательного приближения, при решении тех же задач составляет 10 Мб. Время решения данным методом близко к 0 с. Результаты оптимизации рассмотренными методами приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Сравнительный анализ результатов оптимизации

Критерий оптимизации	Метод ветвей и границ		Метод последовательного приближения	
	B_S	B_t	B_S	B_t
Формула 1	5,47	7,33	5,47	7,24
Формула 2	3,54	12,58	3,54	12,34
Формула 3 при $K_1 = 1, K_2 = 1$	4,36	11,79	4,29	12
Формула 3 при $K_1 = 2, K_2 = 1$	5,46	7,33	5,46	7,17
Формула 3 при $K_1 = 1, K_2 = 2$	4,29	12,23	4,35	11,37

Таким образом, метод ветвей и границ требует значительно большего объема памяти ЭВМ и имеет несколько большее время решения задачи по сравнению с методом последовательного приближения. Однако, как видно из таблицы 6, он позволяет получать большие выигрыши в стоимости и времени реализации эксперимента.

Выводы. Выполнение оптимизации плана проведения эксперимента методами ветвей и границ или последовательного приближения позволяет значительно сократить затраты и время на его проведение. Метод ветвей и границ позволяет получать большие выигрыши в стоимости и времени реализации эксперимента по сравнению с методом последовательного приближения, однако требует значительно большего объема памяти ЭВМ и имеет несколько большее время решения задачи.

Задачи дальнейших исследований заключается в применение разработанных прикладных программ, реализующих рассмотренные методы, для исследования различных технологических процессов, приборов и систем.

Бібліографічний список використаної літератури

1. Кошевой Н.Д. Применение метода ветвей и границ для оптимизации композиционных планов второго порядка / Н.Д. Кошевой, Е.М. Костенко, А.С. Чуйко // 36. наук. пр. Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. — К., 2010. — Вип. 25. — С. 95–101.
2. Соколовская Е.И. Моделирование процесса получения пористых материалов с оптимальными механическими свойствами / Е.И. Соколовская // Математическое моделирование. — 2010. — №1 (22). — С. 43–45.

Поступила в редакцию 3.03.2011 г.

Кошевой М.Д., Чуйко А.С., Костенко Е.М. Вживання методів гілок і меж послідовного наближення для оптимізації моделювання процесу здобуття пористих матеріалів

Проведено оптимізацію моделювання процесу одержання пористих матеріалів з оптимальними механічними властивостями методами гілок і меж та послідовного наближення. У результаті були отримані оптимальні плани здійснення експерименту, які дозволяють значно скоротити вартість і час його виконання. Показано, що використовуючи метод гілок і меж маємо більші вигоди за вартісними і часовими витратами на реалізацію експерименту в порівнянні з методом послідовного наближення, однак для цього необхідні більші обсяги пам'яті ЕОМ і час на розв'язування задачі.

Ключові слова: оптимізація, моделювання, експеримент, планування, метод гілок і меж, метод послідовного наближення, вартість, час.

Koshevoy N.D., Chuyko A.S., Kostenko E.M. Applying branch-and-bounds methods of progressive approximation for optimization of developing the process of obtaining porous materials

Optimization of modeling the process of porous materials obtaining with optimum mechanical properties by the methods of branches and borders as well as progressive approximation is carried out. As a result, optimum plans of carrying out the experiment that allowed to reduce its costs and time are developed. It is shown that using the method of branches and borders allows for obtaining greater advantages in cost and time spent on realizing the experiment in the comparison with a method of consecutive approach when greater amounts of computer memory and time for problem solving are required.

Keywords: optimization, modeling, experiment, planning, a method of branches and borders, a method of consecutive approach, cost, time.