

На рис. 1 приведены зависимости протяженности антенн  $l_A$  от напряжения линии электропередачи. Рассмотрены отборы мощностей  $S_{01}, S_{02}, S_{03}, S_{04}, S_{05}$ , равных соответственно 10 кВА, 25, 40, 63 и 100 кВА. Анализу были подвергнуты схемы, предусматривающие двухступенчатую трансформацию.

На рисунке иллюстрируется также зависимость удельной мощности антенного отбора для антенных установок. Из рассмотрения зависимости  $S_{уд} = F(U_{лэп})$  следует, что для схемы с двухступенчатой трансформацией удельная мощность отбора на 1 км изменяется от 1,87 до 107 кВА.

Рассматривая полученные зависимости, можно заключить, что для отбора мощности в диапазоне от 10 до 100 кВА протяженность антенн может быть равна нескольким сотням метров.

Схемы антенного отбора мощности особенно рационально использовать для электроснабжения связанных радиорелейных станций, магистральных усилительных пунктов, а также сельскохозяйственных потребителей, газопроводных и нефтепроводных технологических устройств.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Федорова И.А., Назаренко Л.П. Физическое моделирование устройства емкостного отбора мощности // Изв. вузов СССР. Энергетика, 1979. — № 4. — С. 8–13.
2. Булашевич Д.Н., Юренков В.Д. Емкостный отбор мощности от линий электропередачи. — М., 1959. — 136 с.
3. Назаренко Л.П. Отбор мощности от высоковольтных линий для электроснабжения сельскохозяйственных потребителей // Механизация и электрификация сел. хоз.-ва. — Минск. — Вып. 16. — С. 102–113.

УДК 621.181.12

Н.Б.КАРНИЦКИЙ, Г.И.ЖИХАР,  
В.Н.РОМАНЮК, канд-ты техн. наук,  
В.П.КРУПНОВ (БПИ)

### ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПАДАЮЩИХ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ В ТОПКАХ ПАРОВЫХ КОТЛОВ С РАЗЛИЧНОЙ КОМПОНОВКОЙ МАЗУТНЫХ ГОРЕЛОК

Традиционные экспериментальные методы исследования теплообмена основываются на поочередном варьировании одних независимых переменных при сохранении постоянства других. В этом случае даже значительное уменьшение числа учитываемых факторов не создает реальную возможность достаточно полно изучить исследуемый объект и получить достоверную математическую модель для описания явления. Исследования с применением математических методов планирования и анализа позволяют существенно снизить затраты, необходимые на проведение эксперимента, и повысить его качество.

В связи с тем что распределение тепловых потоков как по высоте, так и по ширине топки, нелинейно, использована модель второго порядка. При этом функция цели аппроксимируется полиномом второго порядка

$$y = B_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{i-1} b_{ij} x_i x_j .$$

Сводные данные по планированию и обработке экспериментальных данных для получения  
регрессионной модели вида  $q_{\text{пад}} = f(q_{\nu}, a''_{\text{пп}}, H)$  при сжигании мазута  
в котлах с различной компоновкой горелок

Наименование уровней изменения факторов	Тип компоновки горелок					
	настенная			подовая		
	факторы ( $n = 3$ )			факторы ( $n = 3$ )		
	$x_1 - q_{\nu}$	$x_2 - a''_{\text{пп}}$	$x_3 - H$	$x_1 - q_{\nu}$	$x_2 - a''_{\text{пп}}$	$x_3 - H$
Основной	177	1,2	0,74	112	1,14	0,73
Интервал варьирования	24	0,1	0,26	37	0,05	0,27
Верхний	201	1,3	1,00	149	1,19	1,00
Нижний	153	1,1	0,48	75	1,09	0,46

Матрица планирования квази- $D$ -оптимального плана $j = 1, 2, 3, \dots, N \quad N = 13$					Рабочая матрица					
Номер опыта	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$q_{\nu}, \text{кВт/м}^3$	$a''_{\text{пп}}$	$H$	$q_{\nu}, \text{кВт/м}^3$	$a''_{\text{пп}}$	$H$
1	+	0	-	-	180	1,09	0,48	114	1,09	0,46
2	+	0	+	-	177	1,30	0,48	112	1,19	0,46
3	+	0	-	+	180	1,09	1,00	92	1,09	1,00
4	+	0	+	+	177	1,30	1,00	90	1,19	1,00
5	+	-	0	-	153	1,20	0,48	95	1,14	0,46
6	+	+	0	-	201	1,20	0,48	149	1,13	0,46
7	+	-	0	+	153	1,20	1,00	75	1,13	1,00
8	+	+	0	+	201	1,20	1,00	130	1,14	1,00
9	+	-	-	0	153	1,10	0,74	80	1,09	0,73
10	+	+	-	0	203	1,09	0,74	155	1,10	0,73
11	+	-	+	0	150	1,30	0,74	75	1,19	0,73
12	+	+	+	0	201	1,30	0,74	149	1,19	0,73
13	+	0	0	0	177	1,20	0,74	112	1,19	0,73

После предварительно проведенного анализа значимости факторов для исследования поверхности отклика получена функция трех переменных:

$$y = q_{\text{пад}} = f(q_y, a''_{\text{шт}}, \mathbf{H}), \quad (1)$$

где  $q_{\text{пад}}$  — плотность падающих тепловых потоков, кВт/м<sup>2</sup>;  $q_y$  — удельное теплонапряжение топочного объема, кВт/м<sup>3</sup>;  $a''_{\text{шт}}$  — коэффициент избытка воздуха за пароперегревателем;  $\mathbf{H}$  — относительная высота топки.

Функция (1) использовалась для получения аналитической зависимости определения падающих тепловых потоков по высоте топки котлов среднего давления с настенной и подовой компоновкой горелок.

Диапазон изменения факторов в уравнении (1) устанавливается из следующих соображений. Так, коэффициент избытка воздуха  $a''_{\text{шт}}$  может изменяться от рабочего до максимально возможного.

Учитывая, что нагрузка котла колеблется от минимальной (ограниченной условиями циркуляции) до максимальной, и сопоставив удельные теплонапряжения топочного объема при этом, были получены пределы изменения  $q_y$ .

При выборе плана эксперимента исходили из необходимости обеспечить высокую точность оценки коэффициентов регрессии при небольшом числе опытов. В данном случае использовался квази-*D*-оптимальный план эксперимента [1]. Матрицы планирования эксперимента, выбранные уровни натуральных и кодированных переменных приведены в табл. 1. Там же представлены результаты расчетов коэффициентов регрессионного уравнения. Однородность опытных данных проверялась по критерию Кохрена, значимость коэффициентов уравнений регрессии определялась по критерию Стьюдента [2, 3], адекватность полученных математических моделей устанавливалась по критерию Фишера [3]. Обработка результатов производилась методом наименьших квадратов на ЭВМ "Найри-К".

В результате обработки матрицы получено два уравнения регрессии.

В кодированных переменных:

<b>настенная компоновка</b>	<b>подовая компоновка</b>
$Y = 472 + 82,6X_1 - 8,90X_2 - 115X_3 + 39,0X_1^2 - 21,0X_2^2 - 252X_3^2 + 3,70X_1X_3 + 1,25X_2X_3 \quad (2)$	$Y = 320 + 61,9X_1 - 8,75X_2 - 56,9X_3 + 16,9X_1^2 + 0,63X_2^2 - 18,1X_3^2 + 10,0X_1X_2 - 31,2X_1X_3 \quad (3)$

В натуральных переменных:

<b>настенная компоновка</b>	<b>подовая компоновка</b>
$q_{\text{пад}} = 0,068q_y^2 - 20,53q_y - 2100\alpha''_{\text{шт}} + 5040\alpha''_{\text{шт}} - 3727\mathbf{H}^2 + 5075\mathbf{H} - 2754, \text{ кВт/м}^2 \quad (4)$	$q_{\text{пад}} = 0,012q_y^2 + 1,170q_y - 248\mathbf{H}^2 + 499\mathbf{H} - 3,110q_y\mathbf{H} + 55, \text{ кВт/м}^2. \quad (5)$

На рис. 1 приведено распределение падающих тепловых потоков по высоте топки котлов среднего давления с настенной и подовой компоновкой горелок при сжигании мазута, из которого видно, что принятые регрессионные модели адекватны.

Анализ уравнений регрессии (2), (3) показывает, что самое сильное влияние на распределение падающих тепловых потоков оказывает  $q_v$ , причем в большей степени при настенной компоновке горелочных устройств. Влияние коэффициента избытка воздуха  $\alpha''_{\text{тп}}$  в обоих случаях практически одинаково, причем с ростом  $\alpha''_{\text{тп}}$   $q_{\text{пад}}$  снижается.

Анализ рис. 1 и зависимостей (2)–(5) показал, что как подовые, так и настенные горелки в полной мере не обеспечивают оптимальных условий тепловой работы экранных поверхностей нагрева.

Таким образом, снижение уровня  $q_{\text{пад}}$  может быть достигнуто увеличением  $\alpha''_{\text{тп}}$  и снижением  $q_v$ . Как уже отмечалось, увеличение  $\alpha''_{\text{тп}}$  сопровождается возрастанием потери  $q_2$  и в конечном итоге сказывается на экономичности котла. Снижение  $q_v$  может быть достигнуто заменой горелочных устройств на газификационные и циклонные. Первые создают предпосылки для преобразования мазутного факела в газовый, что, несомненно, позволит снизить уровень  $q_{\text{пад}}$ ; вторые же не только газифицируют факел, но и увеличивают объем топки.

Следовательно, радикальным средством снижения уровня  $q_{\text{пад}}$  являются горелочные устройства, позволяющие изменить структуру мазутного факела.

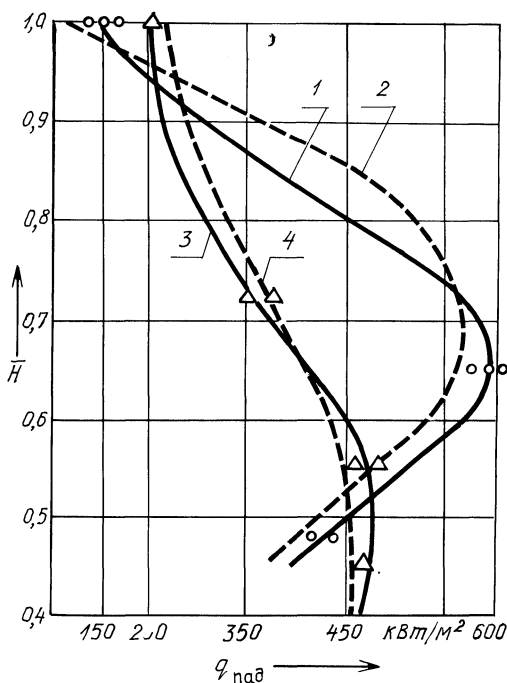


Рис. 1. Распределение плотности падающих тепловых потоков по относительной высоте топки котла среднего давления при сжигании мазута.

Настенная компоновка горелок:	Подовая компоновка горелок:
1 — по эксперименту;	3 — по эксперименту;
2 — по уравнению регрессии (4).	4 — по уравнению регрессии (5).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Голикова Т.И., Панченко Л.А., Фридман М.З. Каталог планов второго порядка. — М., 1974. — Ч. I. — 388 с.
2. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента. — М.: Легкая индустрия, 1974. — 262 с.
3. Илларионов А.Г., Сасин В.Я. Применение теории вероятностей и математической статистики в теплофизических исследованиях. — М., 1980. — 94 с.