

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СТАБИЛИЗАТОРА РАСХОДА ВОДЫ С КОНИЧЕСКИМ КОЗЫРЬКОМ

О.В.Атаманова, В.В.Круглова
E.mail. ksucta@elcat.kg

Моделдик изилдөөнүн жыйынтычы боюнча конус түрүндөгү калкалагычы бар суу чыгымын турукташтыргычынын рационалдык түзүлүштүк жана гидравликалык параметрлери аныкталды.

По результатам модельных исследований определяются наиболее рациональные конструктивные и гидравлические параметры стабилизатора расхода воды с коническим козырьком.

By results of modeling researches the most rational constructive and hydraulic parameters of the stabilizer of the expense of water with a conic peak are defined.

С целью оптимизации конструктивных и технологических параметров усовершенствованной конструкции стабилизатора расхода воды – гидравлического стабилизатора расхода воды с коническим козырьком (СРВКК) – были проведены исследования процесса стабилизации расходов воды данной конструкцией.

За параметр оптимизации был выбран процент стабилизации как показатель качества работы СРВКК, относящийся к группе технико-экономических параметров оптимизации и представляющий собой выраженное в процентах отношение:

$$p = \frac{Q_{\text{факт}} - Q_{\text{расч}}}{Q_{\text{расч}}} \cdot 100\%,$$

(1)

где $Q_{\text{факт}}$ – фактический расход стабилизатора; $Q_{\text{расч}}$ – расчетный расход стабилизатора.

Процент стабилизации характеризует надежность процесса стабилизации (качества стабилизации) расхода воды данной конструкцией.

Общепринято [1], что система обладает допустимым качеством, если имеет $p=(0...5)\%$. При увеличении $p \rightarrow 5 \Rightarrow \Delta H_{\text{max}}$, т.е. диапазон возможных колебаний напоров перед стабилизатором достигает своего максимального значения.

Следовательно,

$$\begin{cases} p = (0...5)\% \\ p \rightarrow 5. \end{cases}$$

(2)

Факторы, воздействующие на выбранный отклик и намеченные к оптимизации, включали напор перед стабилизатором H , открытие затвора a , относительное сжатие потока в плане b/B и толщину секции коробчатого щита t .

Решение задачи оптимального планирования экспериментов осуществлялось методом Бокса-Уилсона (крутое восхождение) путем сочетания движения по градиенту с методом факторного планирования. При этом движение оптимума совершается по

кратчайшему пути. Таким образом, области, далекие от оптимума, описывались линейным уравнением, которое позволяет только определить направление движения, не описывая подробно поверхность. Адекватность модели подтверждает возможность движения по градиенту.

Исследование с целью оптимизации проводилось «наиболее коротким и эффективным путем – восхождением по градиенту функции отклика» /2/.

Градиент непрерывной однозначной функции φ есть вектор:

$$\nabla \varphi = \frac{\partial \varphi}{\partial x_1} i + \frac{\partial \varphi}{\partial x_2} j + \dots + \frac{\partial \varphi}{\partial x_k} k,$$

(3)

где $\nabla \varphi$ – обозначение градиента; $\frac{\partial \varphi}{\partial x_i}$ – частная производная по i -му фактору; i, j, k – единичные векторы в направлении координатных осей.

Следовательно, составляющие градиента есть частные производные функции отклика, оценками которых являются коэффициенты регрессии.

На основании априорных данных выбраны основные уровни факторов, интервалы варьирования (табл. 1) и реализован план эксперимента 2⁴.

Таблица 1

Уровни варьируемых факторов

Уровень варьируемых факторов	Кодовое обозначение	Открытие, a , мм	Напор, H , мм	b/B	Толщина, t , см
		x_1	x_2	x_3	x_4
Основной уровень	0	20	140	0.8	24
Интервал варьирования	ΔX_i	10	25	0.1	4
Нижний уровень	-1	10	115	0.9	20
Верхний уровень	+1	30	165	0.7	28

Оценка влияния перечисленных факторов и математическое описание гидравлических процессов производится моделью регрессии первого порядка:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4 + b_5 x_1 x_2 + b_6 x_1 x_3 + b_7 x_1 x_4 + b_8 x_2 x_3 + b_9 x_2 x_4 + b_{10} x_3 x_4 + b_{11} x_1 x_2 x_3 + b_{12} x_1 x_3 x_4 + b_{13} x_2 x_3 x_4 + b_{14} x_1 x_2 x_3 x_4,$$

(3)

где y – оптимизируемый параметр (отклик), кодированное обозначение процента стабилизации p ; b_i – коэффициент уравнения регрессии; i – номер фактора; x_i – кодированное обозначение фактора, оказывающего влияние на величину изменения отклика.

Матрица планирования эксперимента, отклики опытов и расчетные столбцы взаимодействия факторов при исследовании модели стабилизатора СРВКК вынесены в табл. 2.

Возможность проведения регрессионного анализа проверялась однородность дисперсий по критерию Кохрена /3/.

Полученное уравнение регрессии, включающее только значимые коэффициенты:

$$\begin{aligned} \hat{y} = & -0,719 + 5,018 \cdot x_1 + 0,760 \cdot x_2 - 0,123 \cdot x_3 + 0,213 \cdot x_4 - \\ & - 0,748 \cdot x_1 x_4 + 0,078 \cdot x_2 x_3 + 0,281 \cdot x_2 x_4 + 0,088 \cdot x_1 x_2 x_3 - \\ & - 0,214 \cdot x_1 x_3 x_4 - 0,151 \cdot x_2 x_3 x_4 - 0,237 \cdot x_1 x_2 x_3 x_4. \end{aligned}$$

(6)

Проверка гипотезы об адекватности математической модели проводилась по критерию Фишера /2, 4/, на основе чего был сделан вывод об адекватности линейной математической модели.

Пользуясь уравнением (6), реализовывалось движение по градиенту (крутое восхождение) в поисках оптимума. Все необходимые расчеты сведены в табл. 3.