

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАТНЫХ ПОТОКОВ В ТРЕНАЖЕРНОЙ МОДЕЛИ

Krivov M.V.

### SIMULATION OF REVERSE FLOWS IN THE TRAINING MODEL

**Аннотация.** Рассмотрены подходы к математическому моделированию реверсивных технологических потоков в тренажерных моделях компьютерных тренажерных комплексов.

**Ключевые слова:** компьютерный тренажерный комплекс, тренажерная модель, модель потоков.

**Abstract.** Approaches to mathematical modeling of reversible technological flows in training models of computer training complexes are considered.

**Keywords:** computer training complex, training model, flow mode.

Ориентирование потоков в математическом описании химико-технологических систем (ХТС) является важным условием их корректного расчета. Расходы потоков определяют накопление и расход субстанций (веществ и энергии) в материальных и тепловых балансах моделируемого объекта.

В общем случае расход определяется выражением:

$$F = Kv\xi\sqrt{(P_1 - P_0)}, \quad (1)$$

где  $Kv$  – коэффициент пропускной способности потока;  $\xi$  – коэффициент проходного сечения запорной арматуры и клапанов на потоке;  $P_0$  – давление приёмника потока;  $P_1$  – давление источника потока.

Из (1) вытекает условие, что поток в модели не может быть реверсивным из-за отрицательного значения под знаком радикала.

В связи с этим остановимся на одном важном обстоятельстве, характерном для тренажерных моделей – обратном потоке. В технологических процессах он возникает, как правило, в режимах пуска или останова процесса, когда обратным ходом подают технологический поток из приемника в источник, например, для заполнения или опорожнения аппаратов.

Обратный поток, с одной стороны, изменяет структуру материального и теплового балансов, а, следовательно, и структуру математического описания ХТС, но, с другой стороны, обратный поток присущ не каждому технологическому потоку (например, в силу физической невозможности его реализации или наличия обратного клапана).

Игнорирование обратных потоков повлечёт к нарушению принципа полноты математического описания и ограничению в моделировании технологических режимов ХТС тренажерной моделью.

Возможно два пути решения данной проблемы. Первый – создание с каждой моделью прямого потока, модели обратного потока (рисунок 1). Тогда, с учетом (1), получаем:

$$F \in FW_0 = \begin{cases} Kv\xi\sqrt{(P_1 - P_0)}, P_1 \geq P_0, \\ 0, P_1 < P_0 \end{cases},$$

$$F \in FW_0^R = \begin{cases} Kv\xi\sqrt{(P_0 - P_1)}, P_0 \geq P_1, \\ 0, P_0 < P_1 \end{cases}, \quad (2)$$

где  $F$  – расходы технологического потока, включённые в кортежи информационных потоков  $FW_0$  и  $FW_0^R$ .

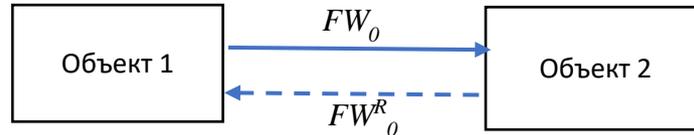


Рисунок 1. Создание дополнительного обратного потока

Критическим замечанием первого подхода является увеличение числа информационных моделей потоков и усложнение алгоритмов их обработки.

Второй подход состоит в разработке реверсивного информационного потока (рисунок 2), описываемого кортежем:

$$FW_i = \langle T_i, P_i, C_i^j, \dots, F_i^f, F_i^b \dots \rangle \quad (3)$$

где  $T$  – температура технологического потока;  $P$  – давление источника потока;  $C_j$  – концентрации  $j$ -го компонента в потоке;  $F_i^f, F_i^b$  – соответственно, численное значение расходов прямого и обратного технологического потока, включённых в кортеж данных  $i$ -го информационного потока  $FW$ .

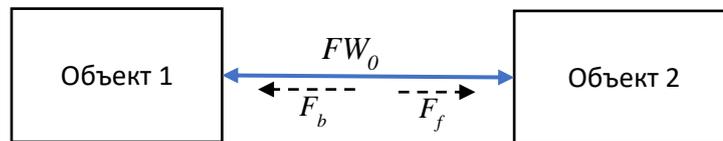


Рисунок 2. Создание реверсивного потока

Тогда для  $i$ -го информационного потока:

$$F_f \in FW_i = \begin{cases} Kv\xi\sqrt{(P_1 - P_0)}, P_1 \geq P_0 \\ 0, P_1 < P_0 \end{cases} \quad (4a)$$

$$F_b \in FW_i = \begin{cases} Kv\xi\sqrt{(P_0 - P_1)}, P_0 \geq P_1 \\ 0, P_0 < P_1 \end{cases} \quad (4б)$$

Теперь, когда прямой и обратный расход являются элементами одного кортежа, материальный баланс будет иметь вид:

$$\frac{dFW_{1 \rightarrow C_j}}{dt} = \frac{FW_{0 \rightarrow F_f} \cdot FW_{0 \rightarrow C_j} - FW_{1 \rightarrow F_f} \cdot FW_{1 \rightarrow C_j} + FW_{1 \rightarrow F_b} \cdot FW_{1 \rightarrow C_j}}{V} + G(\dots), \quad (5)$$

где  $G()$  – функция генерации субстанции;  $t$  – время.

Достоинство данного подхода – число и содержание информационных потоков соответствует технологическим потокам, что облегчает процесс декомпозиции и понимание расчетной схемы тренажерной модели.