

ВЛИЯНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СОПРОТИВЛЕНИЙ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ СТРУЙНОГО АППАРАТА НА ЕГО РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Арсирый В.А., Олексова Е.А. (*Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса*)

Рассмотрен метод предельных параметров для расчета струйных аппаратов. В характерном сечении эжектирования определяются предельные параметры, на основе которых пересчитываются реальные параметры и характеристики, используя величины гидравлических сопротивлений. Наличие реальных и предельных параметров позволяет проводить анализ влияния гидравлических сопротивлений отдельных элементов конструкции на его характеристики в целом.

Применение струйных аппаратов весьма разнообразно. Они используются в технологических процессах пищевой промышленности, на станциях биологической очистки воды, в системах отопления, в холодильной технике, в строительстве и т.д. Особый интерес представляют установки, в которых струйные аппараты используются совместно с другими нагнетателями. На основе совместного применения лопастных насосов, эрлифтов и струйных аппаратов можно увеличить в несколько раз напор или подачу, допустимую вакуумметрическую высоту всасывания лопастных насосов, перекачивать этими насосами гидросмеси и газы, создавать вакуум или получать сжатый воздух, осуществлять смешение жидких, твердых и газообразных сред, расширить технологические возможности и диапазон регулирования производительности эрлифта.

Струйные аппараты относят к динамическим нагнетателям трения, в которых перекачиваемая среда перемещается внешним потоком рабочей жидкости. При подборе струйных нагнетателей чаще всего используют эмпирические номограммы, которые получены при испытании реальных струйных аппаратов [1, 2, 3]. Подбор струйных аппара-

тов на основе номограмм требует полного подобия геометрии аппаратов и соответствия величин гидравлических сопротивлений. Однако конструктивные размеры элементов струйных аппаратов (рис. 1), таких как: расстояние от сопла до входа в камеру смешения, длина камеры смешения, угол раскрытия диффузора на практике могут изменяться в достаточно широких пределах. По этой причине результаты подбора струйных аппаратов и расчета их характеристик часто не соответствуют требуемым параметрам.

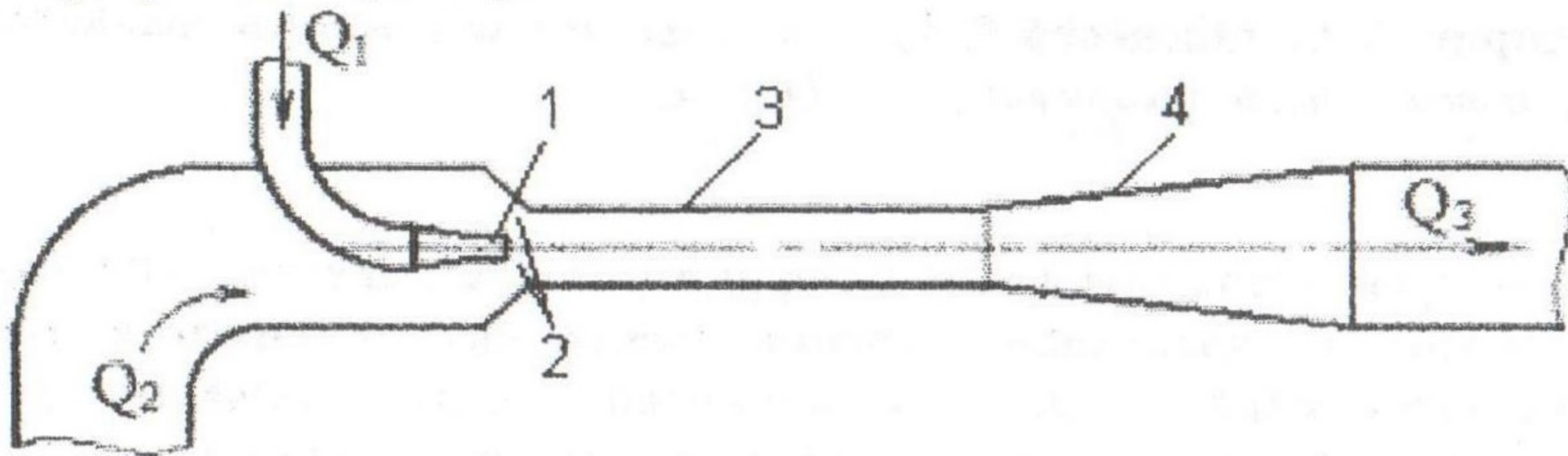


Рис. 1. Схема струйного аппарата традиционной формы:

1 — сопло; 2 — кольцо; 3 — камера смешения; 4 — диффузор

Для расчета струйного аппарата был предложен метод предельных параметров [4]. Метод предельных параметров представляет собой модель сходимости основных уравнений: уравнения неразрывности, закона сохранения энергии и уравнения количества движения в характерном сечении зоны смешения. То есть для заданных геометрических

параметров для различных модулей $k_i = \frac{S_3 - S_1}{S_1} = \frac{S_2}{S_1} = const$ опреде-

ляют предельные величины расходов Q_1 ; Q_2 ; Q_3 и напоров H_1' ; H_2' ; H_3' , при которых обеспечивается сходимость основных уравнений в характерном сечении «вход в камеру смешения». Расчет предельных параметров выполняется без учета гидравлических сопротивлений. Для получения реальных характеристик струйного аппарата, не меняя значений расходов, рассчитываются реальные величины напоров H_1 ; H_2 ; H_3 с учетом потерь напоров для каждого потока:

- требуемый напор рабочей струи: $H_1 = H_1' + (\zeta_1 + \zeta_{нов}) \frac{V_1^2}{2g}$

- реальный напор на всосе: $H_2 = H_2' + (\zeta_2 + \zeta_{нов}) \frac{V_2^2}{2g}$

$$\text{реальный напор за диффузором: } H_3 = H_3' - (\zeta_3 + \zeta_4) \frac{V_3^2}{2g}$$

Полный расчет на основе метода предельных параметров позволяет получать зависимости относительных напоров струйных аппаратов от геометрических размеров камеры смешения и сопла $h = f(d_3/d_1)$. На рис. 2 представлены расчетные характеристики струйных аппаратов традиционной формы $h = f(d_3/d_1)$ с модулем $k = 1, 3, 5, 7, 10$. Номограммы данного вида (номограмма Лямаева Б.Ф. [3]) наглядны в представлении двух режимов работы струйных аппаратов. Граница этих режимов определяет пунктирная кривая, характеризующая оптимальные режимы работы аппарата. В области относительных напоров выше кривой оптимальных режимов малому изменению напора соответствует большой диапазон изменения коэффициентов эжекции. В данной области струйный аппарат работает устойчиво и минимально подвержен кавитации. В области относительных напоров ниже пунктирной кривой струйный аппарат работает неустойчиво с повышенной опасностью попасть в режим кавитации.

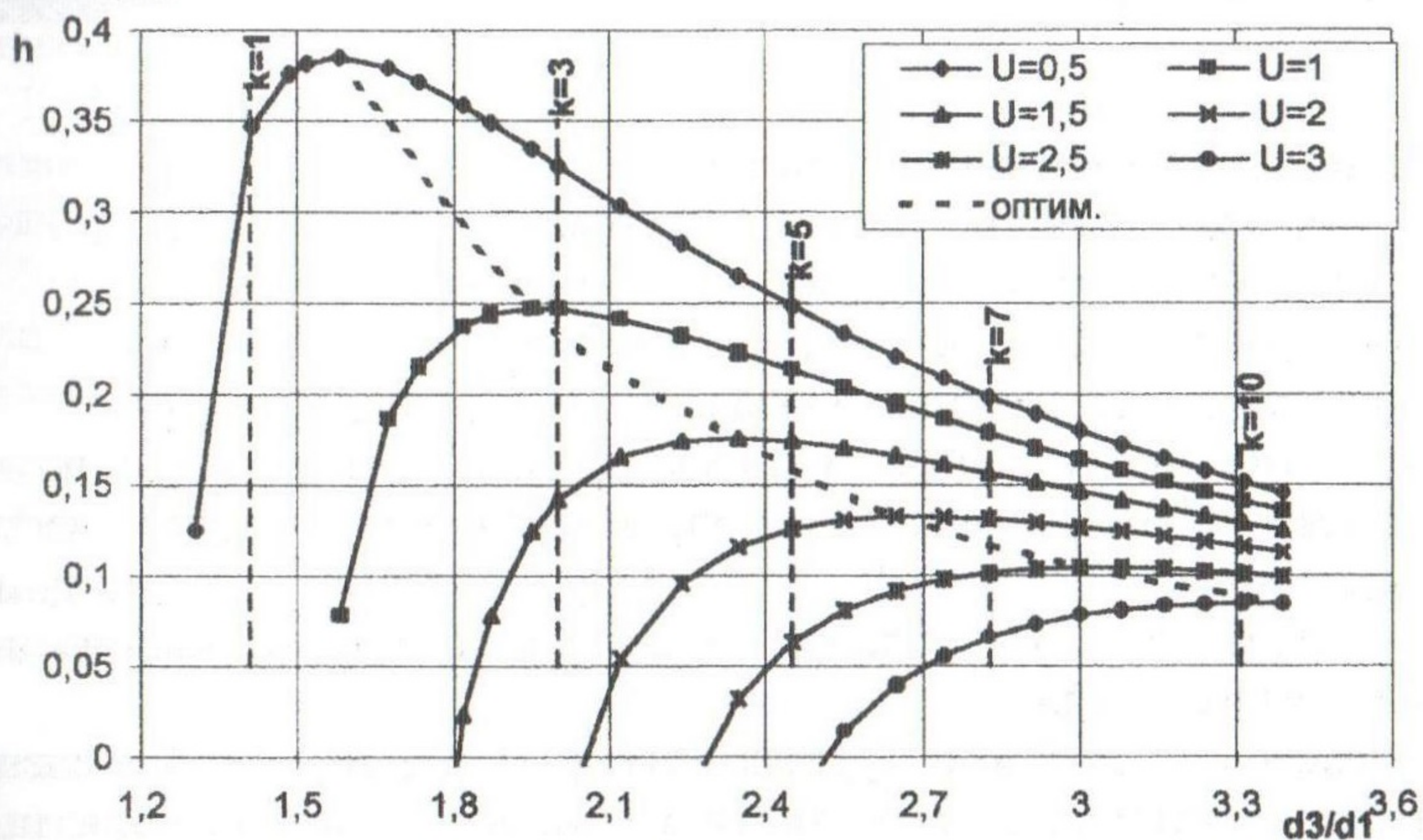


Рис. 2. Безразмерные характеристики $h = f(d_3/d_1)$ струйного аппарата традиционной формы

Для расчета характеристик $h = f(d_3/d_1)$ (рис. 2) использовались конструктивные размеры струйных аппаратов с центральным соплом с характеристиками, которые применялись в экспериментах для построения номограмм МВТУ (величины гидравлических сопротивлений

$\zeta_1 = 0,06$; $\zeta_2 = 0,1$; $\zeta_3 = 0,1$; $\zeta_4 = 0,15$). Полученные характеристики струйного аппарата с центральным соплом $h = f(d_3/d_1)$ совпадают с номограммами, построенными Лямаевым Б.Ф. [3].

На основе метода визуализации дискретных структур потока [5] была разработана новая геометрия проточной части струйного аппарата. Совмещение камеры смешения с диффузором (рис. 3) позволило уменьшить величины гидравлических сопротивлений $\zeta_{3+4}=0,1$.

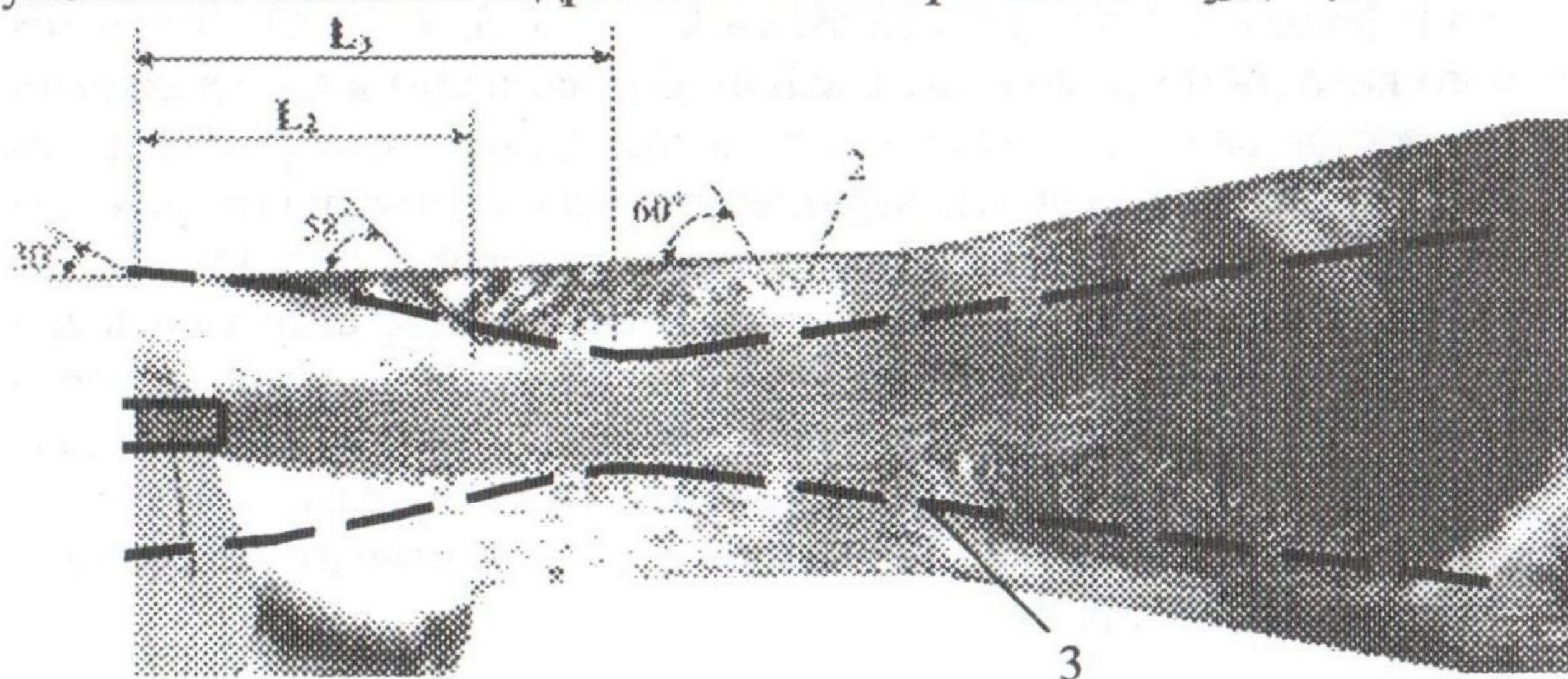


Рис. 3. Струйный аппарат специальной конструкции:

- 1 – поперечные структуры (линии тока);
- 2 – продольные структуры (зоны максимального эжектирования);
- 3 – совмещение камеры смешения с диффузором;
- L_i – расстояние от сопла до зоны максимального эжектирования;
- $58^\circ - 62^\circ$ – угол расположения продольных дискретных структур.

Использование расчета с методом предельных параметров позволяет задаться гидравлическими сопротивлениями составных частей струйного аппарата ($\zeta_1 = 0,06$; $\zeta_2 = 0,1$; $\zeta_{3+4} = 0,1$) и построить номограммы Лямаева для струйного аппарата специальной конструкции, представленные на рис. 4.

Сравнение номограмм струйного аппарата традиционной и специальной конструкций, разработанной на основе метода визуализации дискретных структур потоков, показывает, что при $k = 3$ и относительном напоре $h = 0,25$ коэффициент эжекции увеличился на 25%.

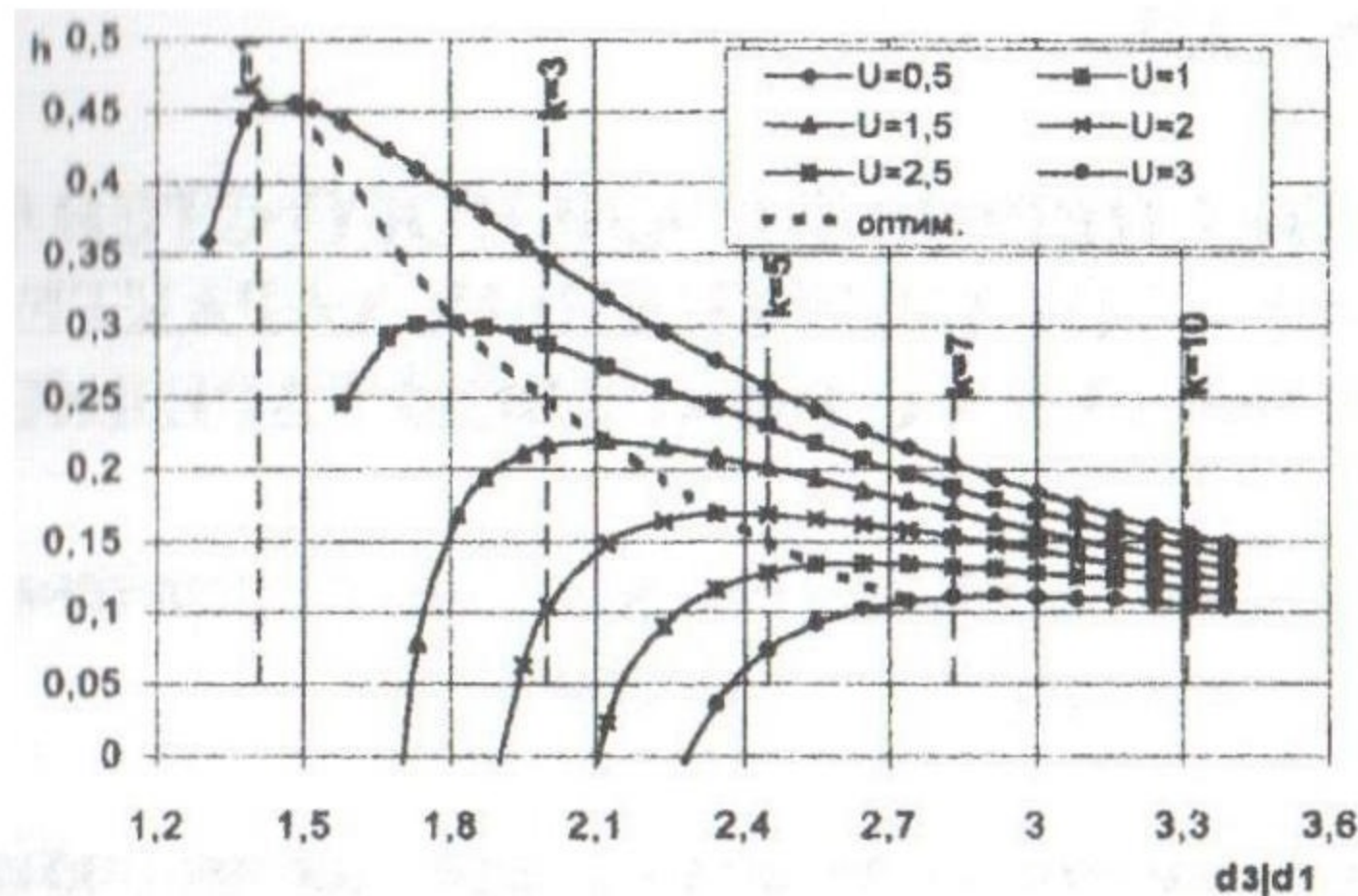


Рис. 4. Безразмерные характеристики $h = f(d_r/d_c)$ струйного аппарата специальной конструкции

Выводы

1. Расчет струйных аппаратов на основе метода предельных параметров дает возможность получать параметры их работы, а также строить номограммы характеристик струйных аппаратов любой традиционной и специальной конструкций.

2. Результаты визуальных исследований структуры потоков в проточной части струйного аппарата показали существенный резерв повышения эффективности отдельных элементов конструкции.

3. Использование реальных и предельных параметров струйных аппаратов позволяет проводить анализ влияния гидравлических сопротивлений элементов конструкции на работу струйного аппарата.

Литература

1. Соколов Е.Я. Струйные аппараты. - 2-е изд. / Е.Я. Соколов, Н.М. Зингер. - М.: Энергия, 1970. - 288 с.
2. Подвидз Л.Г. Расчет струйных насосов и установок / Л.Г. Подвидз, Ю.Л. Кирилловский // Тр. ВИГМ. - 1968. - Вып. 38. - С. 44-97.
3. Лямаев Б.Ф. Гидроструйные насосы и установки. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. - 278 с.
4. Арсирій В.А., Олексова Е.А. Расчет струйных аппаратов на основе метода предельных параметров // ОДАБА. Вісн. - Одеса: Астропринт, 2004. - Вип. 16. - С. 3-9.
5. Арсирій В.А. Метод візуалізації дискретних структур потоків - основа FST-технології / В.А. Арсирій, К.О. Яковищенко, О.О. Арсирій // Ринок інсталяційний. - 1999. - №8. - С. 16-18.