

В.И. Жалковский

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПРЯМОТОЧНО-ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ТАРЕЛКИ ЭЛЕМЕНТНОГО ТИПА ПРИ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ЖИДКОСТИ

Быстрое развитие химической промышленности требует увеличения производительности массообменных аппаратов. Осуществление процессов тепло – массообмена в условиях барботажа (колпачковые, ситчатые, клапанные и др. тарелки) не позволяет значительно повысить скорость газовой фазы в сечении колонны. Совершенствование способа взаимодействия газа с жидкостью в тепло – массообменных аппаратах привело к созданию контактных устройств с однонаправленным движением фаз. Весьма перспективным оказалось использование закрученного потока, на основе чего созданы высокоэффективные массообменные тарелки, в том числе тарелки [1–5] с взаимодействием фаз в трубчатых контактных элементах. Исследование такого типа тарелок на первом этапе сводилось в основном к изучению рабочих характеристик отдельных контактных элементов [2, 4–5]. Вместе с тем эффективность взаимодействия фаз на ступенях и режимы работы аппарата в целом определяются гидродинамической обстановкой, создаваемой на самой тарелке. С учетом этого дальнейшее исследование таких тарелок для разработки методики их расчета и быстреего внедрения в производство является одной из важных задач.

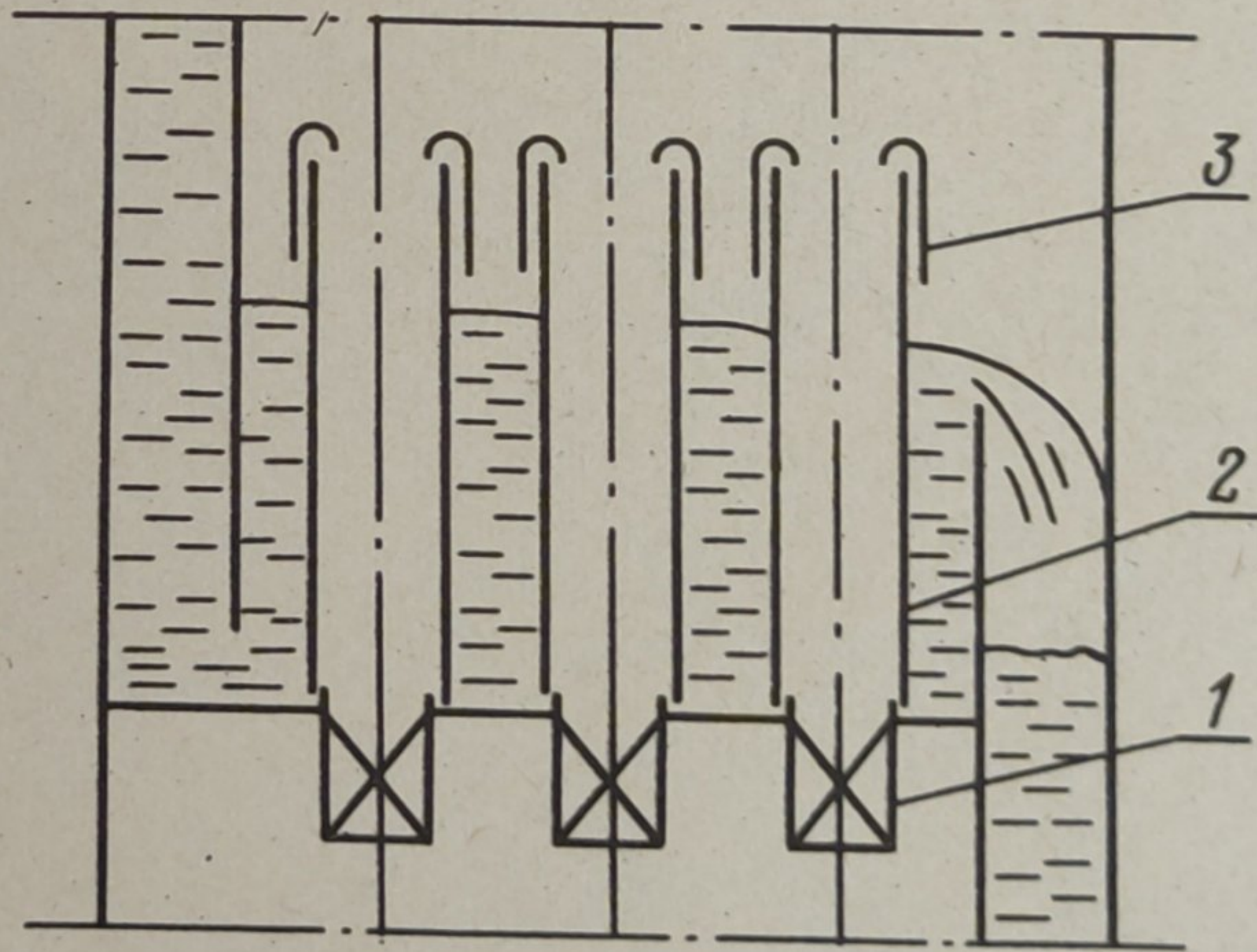


Рис. 1. Схема прямоточно-центробежной тарелки элементного типа.

Схема прямоточно-центробежной тарелки приведена на рис. 1. Взаимодействие фаз на тарелке происходит следующим образом. Газ поступает в контактные патрубки 2 через закручиватели 1, а жидкость по кольцевому зазору, образованному закручивателем и патрубком. Жидкость под действием касательных напряжений со стороны газа дви-

жется в виде пленки по стенке и отводится на тарелку в верхней части элемента с помощью сепарационного колпачка 3. Прореагировавший газ уходит через осевые отверстия колпачков на вышележащую тарелку или выводится из аппарата. Благоприятные условия для интенсификации или выводятся из аппарата. Благоприятные условия для интенсификации массового обмена создаются вследствие высоких относительных скоростей и турбулизации фаз в закрученном потоке.

Экспериментальное исследование работы тарелки с целью изучения ее основных гидродинамических характеристик и диапазона нагрузок проводилось в прозрачной колонне диаметром 100 мм с элементом, имеющим внутренний диаметр контактного патрубка 32 мм, на системе вода-воздух. Закрутка потока осуществлялась с помощью тангенциальных щелей, площадь которых соответствовала свободной площади поперечного сечения контактного патрубка; высота щелей принималась равной его диаметру, количество их было шесть. Зазоры в зоне отвода жидкости между колпачком и патрубком выбраны на основе проведенных ранее исследований [6].

Опыты показали, что тарелка начинает устойчиво работать при достижении среднеосевой скорости газа в контактном патрубке  $9 \div 10$  м/сек. При скоростях ниже этих значений жидкость скапливается в элементе и периодически выбрасывается вверх в виде брызг или свободно стекает вниз через щели закручивателя. Рабочий режим возникает при нагрузках по газу несколько выше отмеченных. Минимальная рабочая скорость газа определяется уносом жидкости, который измерялся в опытах с помощью объемной ловушки, установленной на высоте 200 мм над тарелкой. На рис. 2 приведены зависимости уноса от среднеосевой скорости газа при расходе жидкости на тарелке  $3,36 \text{ м}^3/\text{м}\cdot\text{час}$  и различной высоте сливной перегородки. Согласно визуальным наблюдениям, унос жидкости при начальных рабочих скоростях

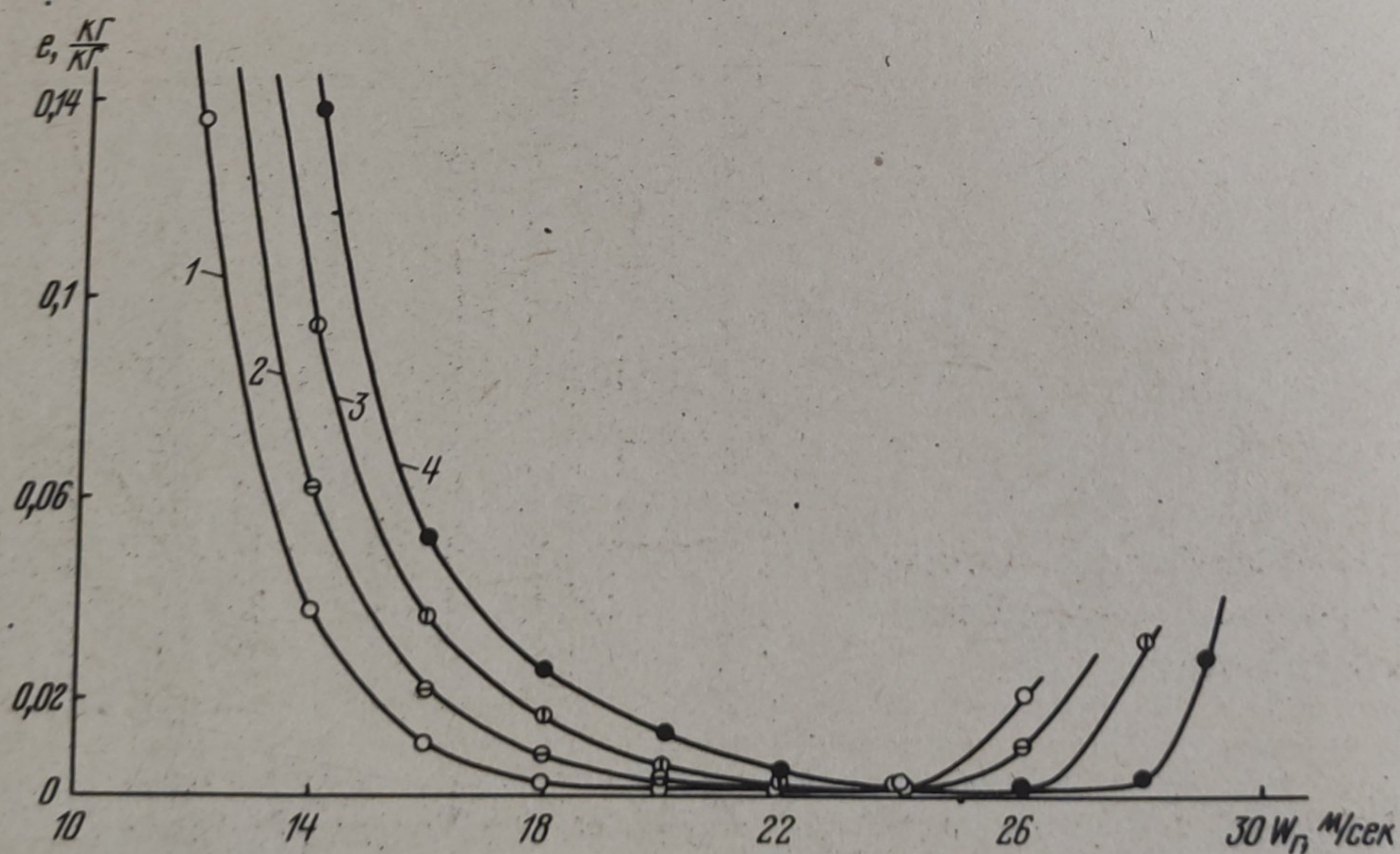


Рис. 2. Зависимость уноса жидкости с тарелки от скорости газа при различной высоте сливной перегородки  $h_{с.п.}$  (мм):  
1-60, 2-70, 3-80, 4-90.

происходит за счет среза верхних гребешков турбулизированной пленки. Характерное снижение уноса с увеличением скорости является следствием уменьшения количества поступающей в элемент жидкости, обуславливающее уменьшение толщины пленки. Наименьший унос наблюдается в условиях, когда пленка намного перекрывается кольцевым зазором в зоне отвода. Следует отметить, однако, увеличение сепарационного зазора приводит к уменьшению верхних предельных скоростей газа, что нежелательно.

Максимальная допустимая скорость газа в контактном патрубке прямоточно-центробежной тарелки определяется вторичным уносом жидкости, возникающим вследствие того, что при уменьшении толщины пленки часть газа попадает под сепарационный колпачок и при выходе из-под него подхватывает жидкость с самой тарелки. Появление вторичного уноса характеризуется резким возрастанием количества уносимых с тарелки капель жидкости. В случае, когда уровень на тарелке выше, унос растет значительно быстрее.

При более высоких скоростях газа, вследствие возрастания давления у стенки контактного патрубка, наряду с явлением вторичного уноса наблюдается возникновение режима, характеризующегося прорывом пузырей газа из контактного элемента через кольцевой зазор для подвода жидкости в слой на тарелке.

С увеличением высоты уровня жидкости минимальная и максимальная допустимые скорости газа смещаются в сторону более высоких нагрузок.

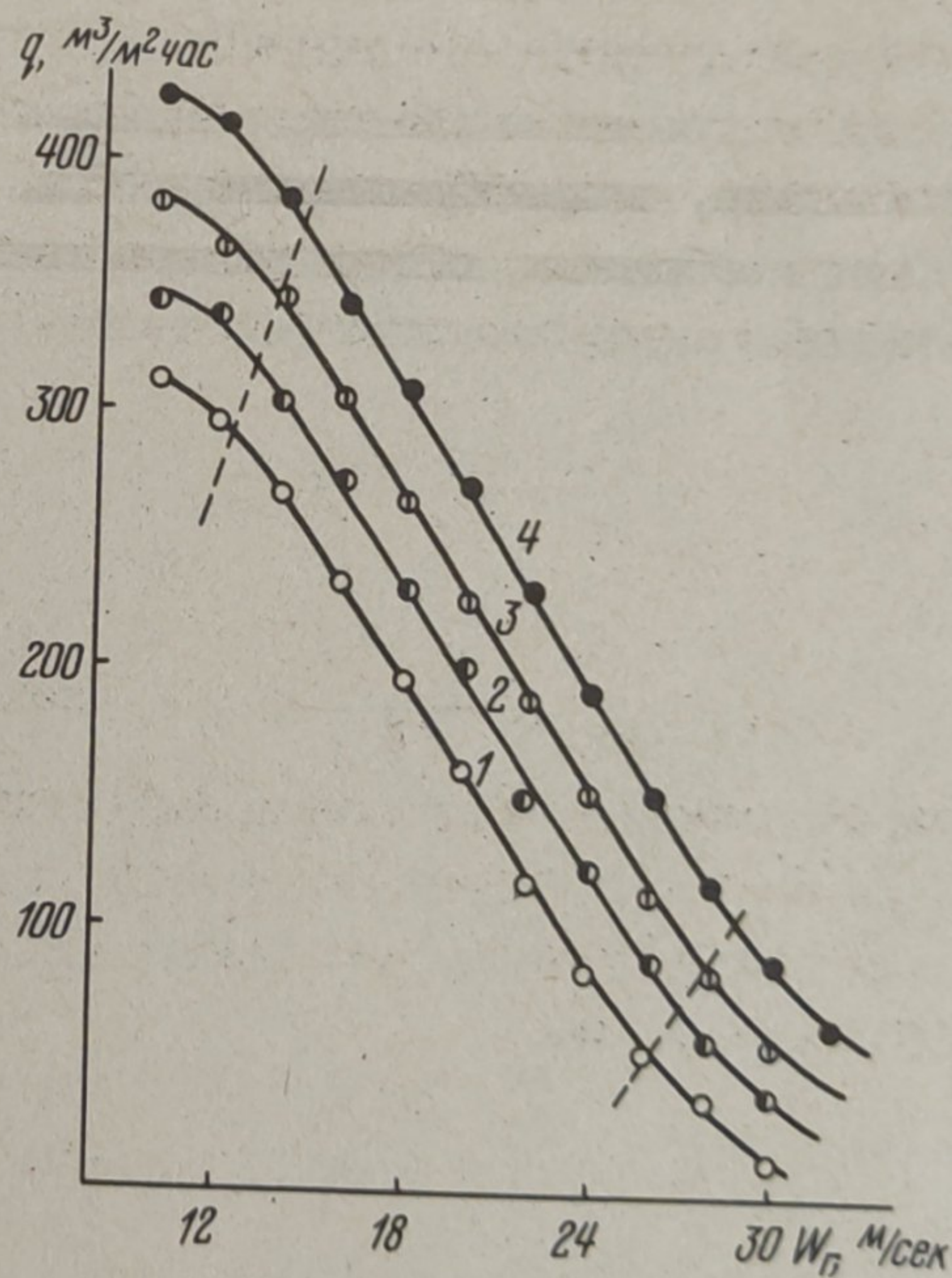


Рис. 3. Зависимость удельного расхода жидкости через контактный элемент от скорости газа при различной высоте сливной перегородки  $h_{с.п.}$  (обозн. те же, что на рис. 2)

На рис. 3 приведена зависимость удельного расхода жидкости через контактный элемент от среднеосевой скорости газа при различной высоте сливной перегородки и постоянном орошении на тарелке, равном  $3,36 \text{ м}^3/\text{м} \cdot \text{час}$ . Диапазон рабочих нагрузок находится в области, ограниченной пунктирными линиями.

На рис. 4 представлены зависимости гидравлического сопротивления сухой и орошаемой тарелки от скорости газа. Основные потери давле-

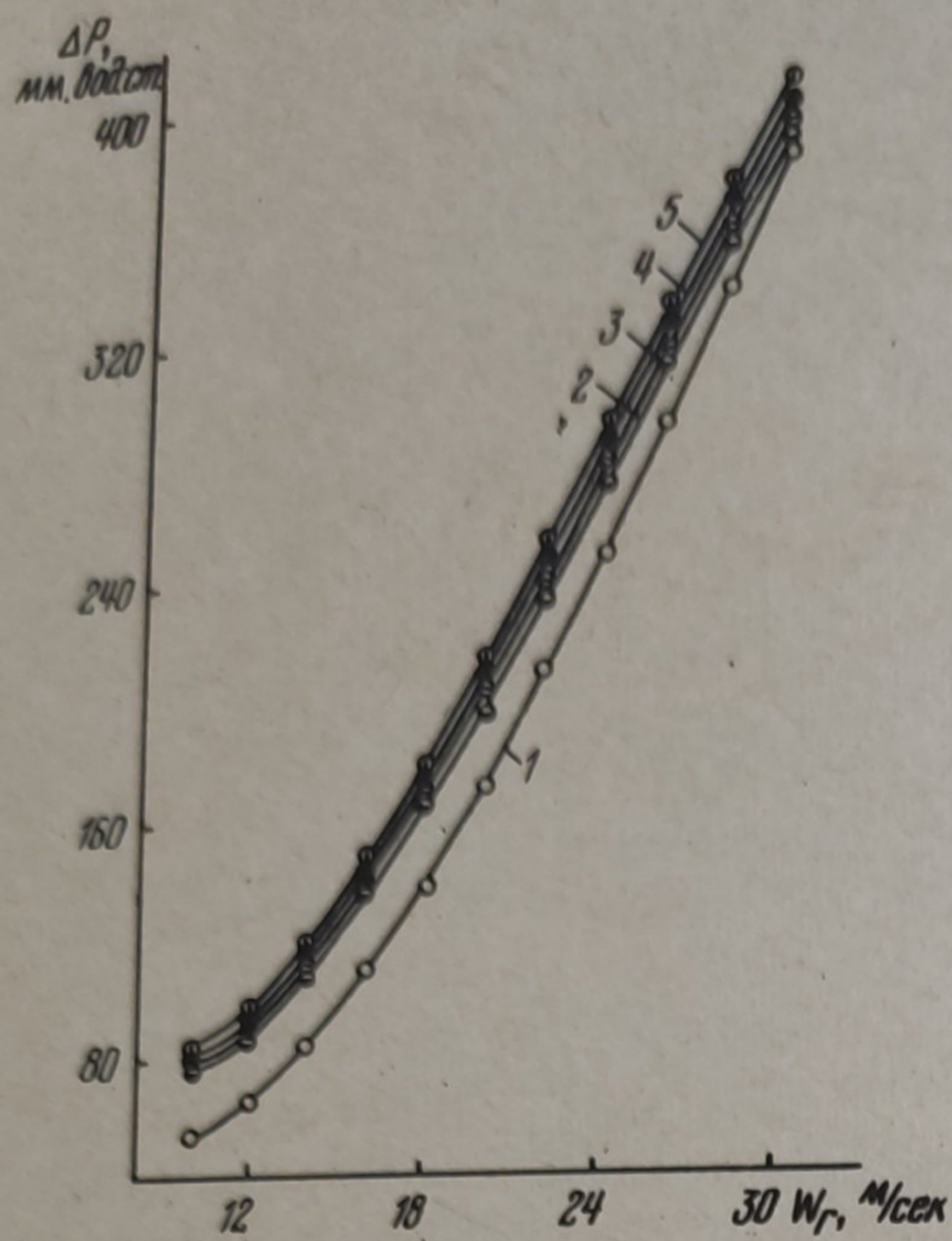


Рис. 4. Зависимость гидравлического сопротивления сухой и орошаемой тарелки при многократной циркуляции жидкости через контактный элемент:  
1—сухая, 2—  $h_{c.п.}=60$  (мм), 3—70, 4—80, 5—90.

ния сухой тарелки, согласно данным [7], сосредоточены на входе и выходе газа в элементе. Потери на трение невелики и составляют 10-15%. Сопротивление орошаемой тарелки больше, чем сухой. Дополнительные затраты энергии при этом обусловлены преодолением сил тяжести и трения жидкости, созданием профиля скоростей, на волнообразование, вихреобразование и т.д.

Таким образом, общую потерю напора орошаемой тарелки можно выразить суммой составных частей

$$\Delta P = \Delta P_{\text{сух}} + \Delta P_{\text{ж}}, \quad (1)$$

где  $\Delta P_{\text{сух}} = \xi \frac{\gamma_{\text{г}} W_{\text{г}}^2}{\tau 2g}$  — сопротивление сухой тарелки;  $\Delta P_{\text{ж}}$  — сопротивление, обусловленное жидкостью, мм вод. ст.

Данные обобщены в несколько ином виде. В результате обработки их получена расчетная зависимость полного перепада давления орошаемой тарелки

$$\Delta P = 2,9 W_{\text{г}}^{1,62} h_{\text{т}}^{0,24}, \quad (2)$$

где  $h_{\text{т}}$  — высота уровня жидкости на тарелке, м;

$$h_{\text{т}} = h_{c.п.} + h_1 + 0,5\Delta, \quad (3)$$

где  $h_1$  — высота слоя жидкости над сливной перегородкой;  $\Delta$  — градиент уровня в жидкостном слое, м.

Значение  $h_1$  может быть определено по уравнению водослива [8], а градиент  $\Delta$  в первом приближении — по формулам гидравлики.

#### Выводы

1. Унос, степень циркуляции жидкости через контактный элемент и гидравлическое сопротивление прямоточно-центробежной тарелки определяются скоростью газа в контактном патрубке.

2. Диапазон устойчивой работы тарелки, минимальная и максимальная допустимые скорости газа в элементах непосредственно связаны с высотой уровня жидкости на тарелке.

#### Литература

1. А.И. Ершов, И.М. Плехов и др. Авт. свид. СССР № 257439, Бюл. изобр. №36 (1969)
2. Л.М. Гухман, А.И. Ершов, И.М. Плехов. Изв. вузов. Энергетика, №5,57 (1968).
3. Р.Ш. Сафин, В.М. Лобанов. Тр. Каз. химико-технол. ин-та, вып. 39, 283 (1968).
4. В.М. Киселев, А.А. Носков, ЖПХ, 40, №7, 1630 (1967).
5. В.А. Булкин, Н.А. Николаев, А.М. Николаев. Хим. и нефт. машиностр. №12, 19 (1970).
6. И.М. Плехов, А.И. Ершов. Хим. и нефт. машиностр., №8, 15 (1971).
7. В.М. Собин, А.И. Ершов. Изв. АН БССР, сер. физ. энерг. наук, №3,56 (1972).
8. В.В. Кафаров. Хим.пром-сть, №2,53 (1948).