

В.И. Жалковский, С.К. Протасов

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ В ПРЯМОТОЧНО-ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОНТАКТНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

В последнее время контактные устройства прямоточно-центробежного типа получили широкое распространение [1-5]. Использование прямоточного движения фаз в зоне контакта газа с жидкостью позволяет значительно увеличить производительность тепло-массообменных аппаратов. Придание потокам наряду с осевым движением вращательного способствует более высокой интенсификации переноса тепла и массы на поверхности раздела фаз.

Исследования, проведенные различными авторами, позволили выявить основные причины интенсификации процессов тепло-массообмена в результате закрутки потока. Сложность физических явлений при взаимодействии фаз в вихревых потоках требует продолжения исследований их структуры и гидродинамики.

Настоящая работа посвящена исследованию изменения направления вектора полной скорости по высоте прямоточно-центробежного элемента в однофазном закрученном газовом потоке и пленке жидкости, при течении ее под воздействием газа, а также гидравлического сопротивления. Исследуемый элемент представлял собой контактный патрубок диаметром 38 мм, относительной длиной $6,5d$ с тангенциальным закручивателем в нижней части [2]. Жидкость в зону контакта подавалась через кольцевой зазор в стенке патрубка, выше закручивателя. Для разделения фаз в верхней части элемента устанавливался объемный сепаратор.

Опыты проводились на системах воздух - вода, воздух - водные растворы глицерина в диапазоне среднеосевых скоростей газа в контактном патрубке $10 + 30$ м/с. Нагрузки по жидкости составляли $50 + 400$ л/ч.

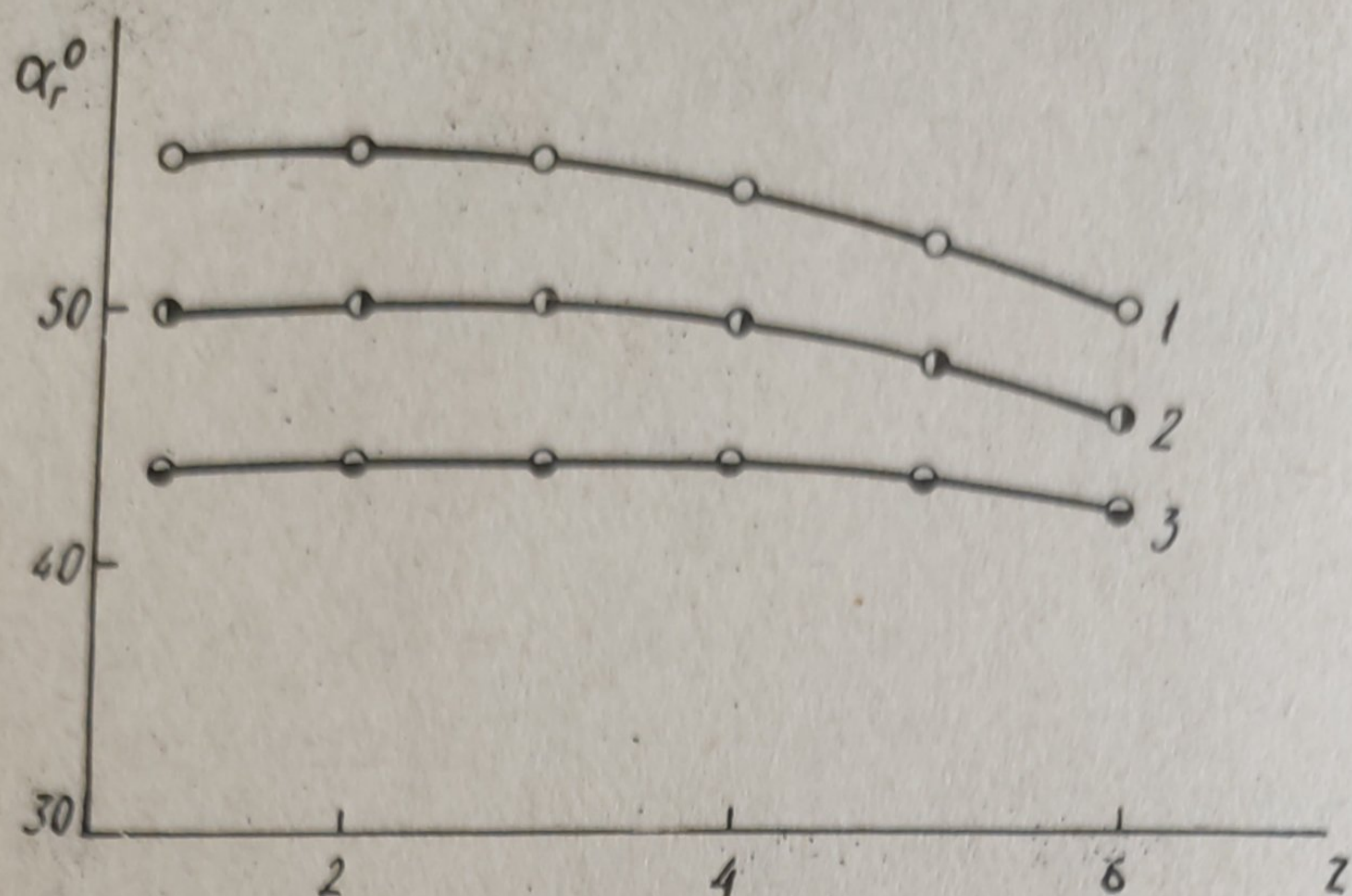
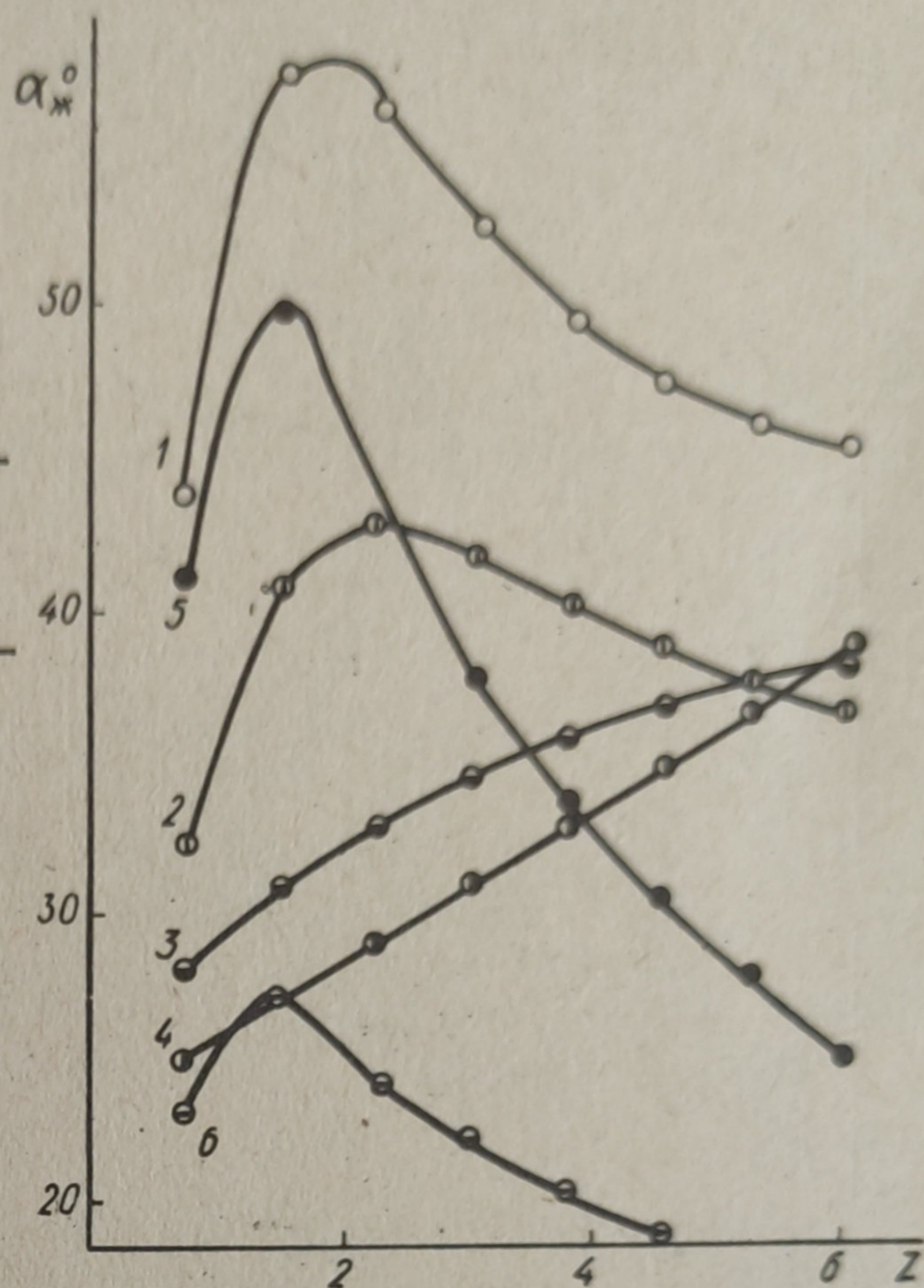


Рис. 1. Изменение угла наклона вектора полной скорости в однофазном потоке α_r по высоте элемента для различных степеней закрутки n : 1-0,4, 2-0,7, 3-1,0.

За основу исследований принята методика, позволяющая измерять угол наклона вектора полной скорости в пристенной зоне. В однофазном потоке угол устанавливался с помощью цветной струйки жидкости, вводимой через отверстие в стенке, а в пленке — с помощью коротких шелковых нитей, наклеенных одним концом внутри патрубка. Замеры производились от вертикали.

Согласно опытам, углы наклона вектора полной скорости в однофазном потоке и пленке жидкости остаются в каждой точке постоянными при различных расходах газа, что подтверждает данные [5 - 8]. На рис. 1 приведено изменение угла наклона вектора полной скорости газа по высоте элемента для различных степеней закрутки $n = \frac{F_{щ}}{F_k}$, где $F_{щ}$ и F_k — соответственно площади щелей закручивателя и свободного сечения контактного патрубка. Из графика видно, что в однофазном потоке происходит затухание крутки, обусловленное затуханием тангенциальной составляющей скорости. Характерно, что при меньших n спрямление потока сильнее. Оптимальной следует считать крутку, обеспечивающую эффективное взаимодействие фаз в контактном элементе и позволяющую создать благоприятную гидродинамическую обстановку на тарелке. С точки зрения затрат энергии наиболее выгодным является создание умеренной степени закрутки, затухание тангенциальной скорости при которой меньше.

Рис. 2. Изменение угла наклона вектора полной скорости в пленке жидкости α_* по высоте элемента для различных весовых соотношений фаз $\frac{L}{G}$: 1-1,74, 2-4, 3-6, 4-8 (для восходящего потока), 5-1,74, 6-8 (для нисходящего потока).



На рис. 2 приведено изменение угла наклона вектора полной скорости в пленке жидкости по высоте элемента для различных весовых соотношений фаз при постоянной скорости газа в контактном патрубке. С целью получения более четкой картины опыты проведены при $n = 0,4$. Характер изменения угла наклона вектора скорости и интенсивность закрутки пленки определяются количеством подаваемой в зону контакта жидкости. При относительно небольших орошениях угол достигает сначала некоторой максимальной величины на высоте $1,5 \div 2,5d$, а затем уменьшается. При более высоких — пленка продолжает закручиваться на всей длине патрубка, не достигая прежних значений углов.

Графические зависимости 5 и 6 на рис. 2 наглядно характеризуют влияние на интенсивность закрутки сил тяжести. В условиях нисходящего потока, когда силы веса направлены в сторону движения фаз, закрутка потока гораздо слабее, что подтверждает целесообразность использования в аппаратах контактных устройств с восходящим закрученным потоком.

С целью исследования влияния вязкости жидкости на распределение углов закрутки пленки проведены опыты с водными растворами глицерина, вязкость которых изменялась в преде-

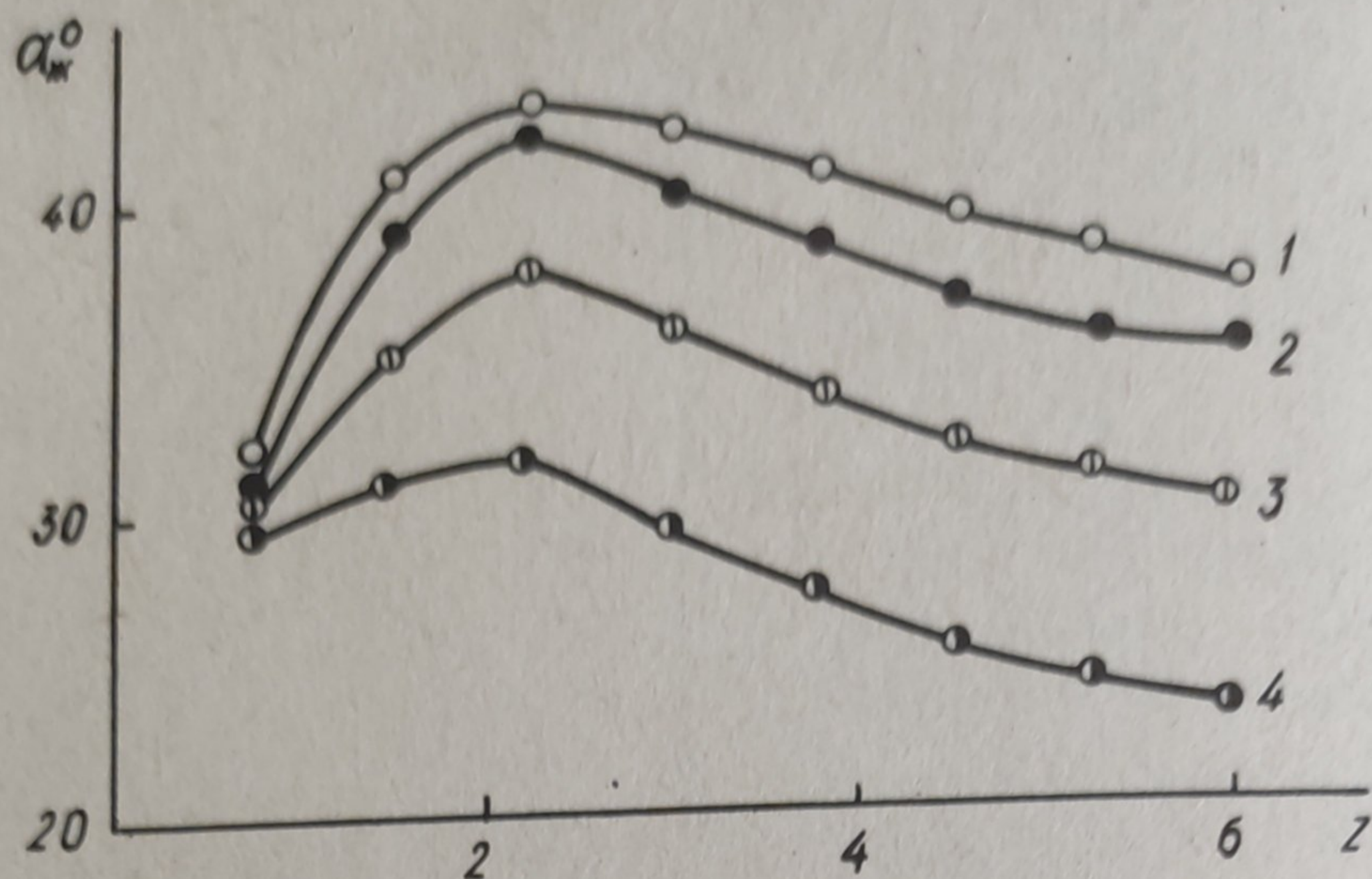


Рис. 3. Изменение угла наклона вектора полной скорости в пленке по высоте элемента при $\frac{L}{G} = 4$ для различной вязкости жидкости μ (спз): 1 - вода, 2 - 3,2, 3 - 15,1, 4 - 38.

лах 1 + 38 сантипуаз при незначительном изменении плотности раствора. На рис. 3, в качестве примера, приведены зависимости изменения угла наклона вектора полной скорости по высоте элемента при весовом соотношении фаз $\frac{L}{G} = 4$. Из графика видно, что с увеличением вязкости характер кривых почти не меняется, абсолютные же значения углов уменьшаются.

Исследование гидравлического сопротивления имело цель установить влияние конструктивных размеров закручивателя на потери давления. Опыты показали, что при изменении высоты, ширины и количества щелей в пределах $n = 0,3 + 1,2$ показатель степени зависимости $\Delta P = a F_{щ}^{-b}$ принимает абсолютные значения, соответственно 1,4; 1,24 и 1,71. Количество щелей в опытах изменялось от 2 до 8. Соотношение площадей свободного сечения закручивателя и контактного патрубка принималось равным 0,875. Вместе с тем дополнительные исследования показали, что уменьшение этого соотношения до 0,7 незначительно влияет на потери давления.

Гидравлическое сопротивление однофазного потока может быть рассчитано по формуле

$$\varepsilon u_{сyx} = 2,95 \left(\frac{F_{щ}}{F_k} \right)^{-1,4} \quad (1)$$

Для орошаемых контактных элементов получены расчетные зависимости — в диапазоне $\frac{L}{G} = 0 + 1,4$

$$\varepsilon u_{op} = \varepsilon u_{сух} + 0,8 \left(\frac{L}{G} \right)^{0,032}, \quad (2)$$

— в диапазоне $\frac{L}{G} = 1,4 + 9$

$$\varepsilon u_{op} = \varepsilon u_{сух} + 0,65 + 0,18 \frac{L}{G}. \quad (3)$$

Исследования, проведенные на системе водные растворы глицерина — воздух, показали, что при увеличении вязкости жидкости от 1 до 38 сантипуаз потери давления в элементах увеличиваются не более, чем на 20%.

В ы в о д ы

1. В контактных элементах со статическими закручивателями на входе происходит затухание тангенциальной составляющей скорости газа, причем тем сильнее, чем выше степень закрутки потока.

2. Изменение угла наклона вектора полной скорости в пленке жидкости по высоте элемента, при течении ее под воздействием газа, определяется величиной орошения, интенсивность закрутки при более высоких орошениях ниже.

3. Увеличение вязкости жидкости также уменьшает закрутку, характер изменения угла наклона вектора полной скорости в пленке по высоте элемента при этом не меняется.

4. Установлено влияние конструктивных размеров закручивателя и вязкости жидкости на гидравлическое сопротивление прямоточно-центробежных элементов.

Л и т е р а т у р а

1. Л.М. Гухман, А.И. Ершов, И.М. Плехов. Изв. вузов СССР, Энергетика, №5, 57 (1968).
2. А.И. Ершов, И.М. Плехов и др. Авт. свид. СССР, № 257439, Бюл. изобр., № 36 (1969).
3. В.М. Киселев, А.А. Носков, П.Г. Романков. ЖПХ, 42, № 7, 1667 (1969).
4. В.А. Булкин, Н.А. Николаев, А.М. Николаев. Хим. и нефт. машиностроение, № 12, 19 (1970).
5. А.Ф. Карпенков, Н.А. Николаев, А.М. Николаев. Изв. вузов СССР, Химия и хим. технология, 14, № 2, 309 (1971).
6. Р.З. Алимов. Теплоэнергетика, № 3, 81 (1965).
7. В.М. Собин, А.И. Ершов. Изв. АН БССР, сер. физико-энерг. наук, № 3, 56 (1972).
8. В.М. Собин, А.И. Ершов. Изв. вузов СССР, Энергетика, № 12, 104 (1972).