

## Гидравлические испытания

Как уже отмечалось, жидкость с помощью форсунок подается, как правило, при сравнительно небольших давлениях. В то же время количество жидкости, подаваемой одной форсункой, доходит до 2000 кг/ч, а в ближайшее время увеличится до 6000 кг/ч, в связи с чем определение гидравлических характеристик форсунок — пропускной способности при заранее заданных давлениях (коэффициента расхода), корневого угла факела распыленной жидкости и качества распыла (распределения капель по размерам и их среднего диаметра), неравномерности распыла (распределения капель по сечению факела) — является одним из главных факторов. Но так как оценить эти характеристики только механическим контролем качества изготовления дозирующих элементов невозможно, то для определения этих параметров обычно используют специальное оборудование.

Очевидно, что диапазон использования оборудования для испытаний форсунок будет изменяться в зависимости от условий работы завода, эксплуатирующего сушильные агрегаты. Например, заводы, которые имеют незначительное количество сушильных агрегатов, нуждаются в оборудовании для испытаний форсунок только эпизодически, в то время как заводы, изготавливающие форсунки, нуждаются в нем постоянно.

Ниже излагается методика определения гидравлических характеристик форсунок и приводится описание типового оборудования, на котором выполняются такого рода испытания.

При гидравлических исследованиях работы форсунок обычно определяют пропускную способность (коэффициент расхода) и корневой угол факела распыленной жидкости. Один из таких стендов для определения пропускной способности представлен на рис. 90.

Рабочая жидкость из расходного бака/через запорный кран 2 поступает к подкачивающему насосу 3 и насосу высокого давления 4 и далее в уравнительный бак 6. Между краном 2 и подкачивающим насосом 3 установлен штихпробер 7. Из уравнительного бака 6 жидкость поступает в форсунку 8.

Форсунка устанавливается в прозрачном баке 10, изготовленном из плексигласа, в котором можно визуально определить качество распыла, длину факела распыленной жидкости и угол конуса. Далее жидкость поступает на слив в приемник 11 и через подкачивающий насос 12 в расходный бак 1. Продолжительность установления стационарного режима после перекрытия крана 2 определяется (при данном расходе через форсунку) объемом жидкости, вытекающей из штихпробера. Для измерения расхода жидкости использовался штихпробер 7, снабженный мерными емкостями различного объема.

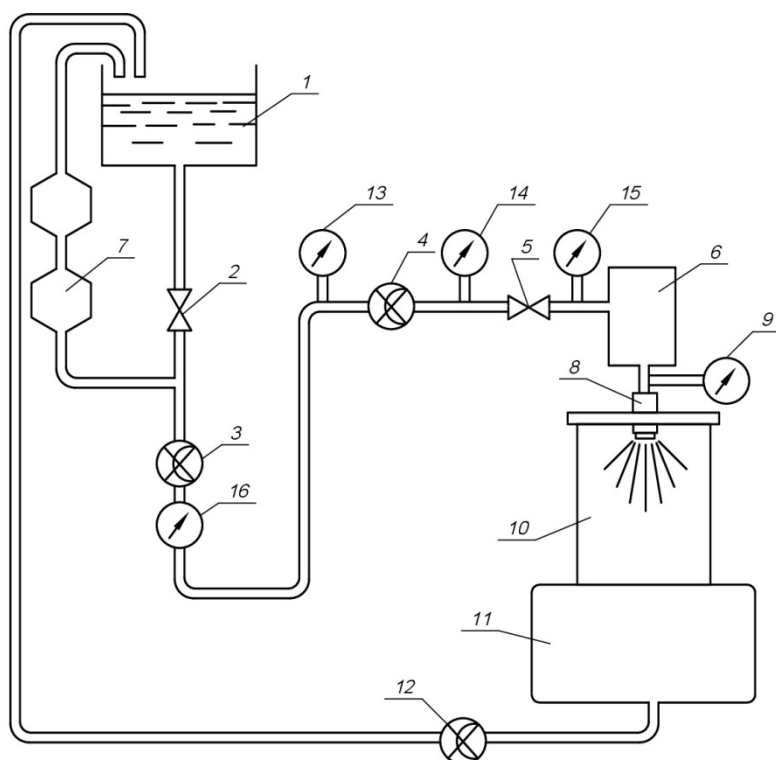


Рис. 90. Схема установки для гидравлических испытаний форсунок

1 — расходный бак; 2, 5 — запорные краны; 3, 12 — подкачивающие насосы; 4 — насос высокого давления; 6 — уравнильный бак; 7 — штихпробер; 8 — испытываемая форсунка; 9, 13 — 16 — манометры; 10 — бак из плексигласа; 11 — приемник.

Пневматические форсунки испытываются на этом стенде. Сжатый воздух для распыления жидкости подводится к патрону форсунки от баллонной батареи или специального компрессора, а требуемое давление воздуха устанавливается редуктором. Расход воздуха измеряется дроссельным устройством.

Расход жидкости определялся по уравнению:

$$G_{\text{ж}} = \frac{V_{\text{к}} \gamma_{\text{ж}}}{\tau}$$

где  $V_{\text{к}}$  — объем мерной колбы;  $\gamma_{\text{ж}}$  — удельный вес жидкости;  $\tau$  — время, за которое жидкость вытекает из мерной колбы.

Этот способ, как будет показано ниже, позволяет получить высокую точность измерения. Ошибка составляет  $\pm 0,5\%$ . Возможны и другие методы определения расхода жидкости. Так, например в работе М. С. Таршиша<sup>48</sup> приведено несколько принципиальных схем устройств, обеспечивающих определение расхода жидкости через форсунку (коэффициент расхода), основанных на непосредственной оценке этого параметра. В схеме а, представленной на рис. 91, жидкость подается насосом к испытываемой форсунке 2. Давление на входе в форсунку поддерживается равным заданному. Поток истекающей жидкости поступает в уравнильный бачок 3, конструкция которого должна обеспечивать атмосферное давление на выходе из

форсунки. При этом избыточное давление, измеряемое манометром 1, равно перепаду давления на испытываемой форсунке. Из бака жидкость направляется в перекидное устройство 4, которое может направлять поток либо в емкость 5, закрепленную на весах 6, либо на слив.

Сначала жидкость направляется на слив и дается необходимая для установления стационарного режима выдержка времени. Затем перекидное устройство устанавливается в положение, при котором поток жидкости поступает в бак 5. По истечении заданного времени перекидное устройство снова устанавливается в положение, при котором жидкость направляется на слив. По измеренному времени и массе жидкости определяют расход.

В схеме 6 жидкость от системы подачи проходит через форсунку 2 в уравнильный бачок 3. Давление на входе измеряется манометром 1. Из уравнильного бачка жидкость направляется в бак 4, подвешенный на весах 6. Сначала производится проливка при рабочем давлении на входе до установления стационарного режима. После закрытия крана 5 емкость 4 наполняется и стрелка циферблатных весов 6 перемещается. При достижении стрелкой определенного положения срабатывает датчик, который через соответствующую электросхему включает прибор времени. При достижении стрелкой второго датчика прибор времени выключается.

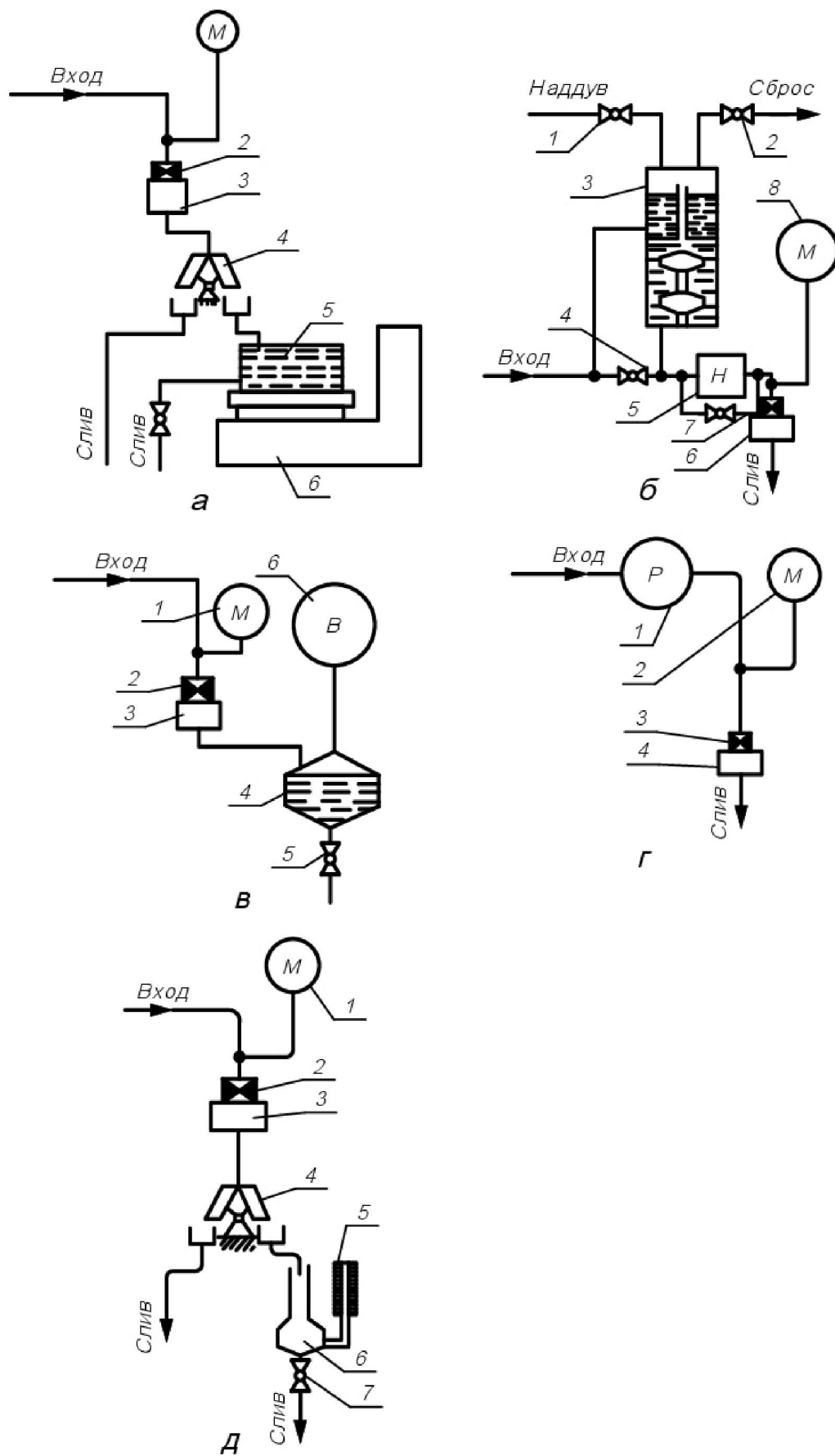


Рис. 91. Схемы устройства для измерения расхода жидкости

Схема *в* отличается от схемы *а* тем, что вместо определения массы при помощи весов, объем жидкости, протекающей через форсунку за измеренный отрезок времени, определяется мерной колбой *б*.

В схеме *г* для измерения расхода используется штихпробер *з*, включенный на входе в насос *5*. На линии подачи и сброса воздуха в компенсационный бак штихпробера установлены соответственно вентили *1* и *2*. Давление на входе в испытываемое изделие *7* измеряется манометром *8*. Проливочная жидкость поступает на слив через уравнильный бачок *6*.

В схеме *д* расход измеряется расходомерным устройством *1* (диафрагма с дифференциальным манометром, ротаметр и т. п.). Избыточное давление на входе в форсунку *3* измеряется манометром *2*.

### Измерение тонкости распыла жидкостей

Как известно, тонкость распыла жидкостей зависит от типа, конструкции и производительности форсунок, их гидравлических характеристик, перепада давлений на форсунках и других факторов; она является качественным критерием, определяющим процесс сушки, и характеризуется средневесовым диаметром образующихся капель. Чем меньше средний диаметр капель, тем лучше распыл и выпаривание влаги при экстрагировании твердых веществ из жидкостей.

Для данной конструкции форсунки диаметр капель зависит от диаметра сопла, вязкости распыляемой жидкости, плотности, поверхностного натяжения и плотности среды, в которую распыляется жидкость.

До настоящего времени для оценки тонкости распыла жидкости используются разнообразные методы, иногда сильно отличающиеся друг от друга. Главные из них: получение отпечатков капель на воспринимающей поверхности — пластинке, покрытой слоем сажи; улавливание капель в жидкости; замораживание капель и метод с использованием парафина; микрофотографирование капель; седиментометрический метод; оптический метод.

Обработка материалов, полученных при использовании этих методов, сводится к измерению диаметров либо самих капель, либо фотографий капель или их отпечатков. Полученный материал позволяет построить суммарные кривые распыления.

**Улавливание капель на пластине, покрытой слоем сажи.** Этот метод является одним из простейших. Однако с самого начала применения этого метода возник вопрос о том, не происходит ли при ударе капли о слой сажи столь сильной деформации капли, что измеренный отпечаток ее не соответствует истинному диаметру капли.

В работе Ю. Ф. Дитякина и Н. Н. Струлевича<sup>49</sup> получены экспериментальные зависимости отношения диаметра отпечатка к диаметру капли от критерия Вебера:

$$\omega_e = \frac{\rho_{\text{ж}} \omega_{\text{к}}^2 b}{\sigma}$$

где  $\rho_{\text{ж}}$  — плотность жидкости;  $\omega_{\text{к}}$  — скорость удара капли;  $\sigma$  — коэффициент поверхностного натяжения капли жидкости относительно воздуха.

Показано, что в исследованном диапазоне чисел  $W_e = 1—2000$  метод определения тонкости распыла жидкости путем улавливания капель на слой сажи

при относительной толщине слоя сажи  $h/d = 1,5$  дает ошибку 2—3%.

В работе сделаны практические выводы о выборе толщины слоя сажи для улавливания капель распыленной жидкости. В связи с тем что при распылении жидкости обычно встречаются капли диаметром 200 мк и выше, толщина слоя сажи должна быть порядка 0,3—0,5 мм. Измерение капель диаметром около 500 мк требует слоя толщиной  $h = 0,7—0,75$  мм. Применение слоя такой толщины вполне допустимо, так как он еще достаточно прочен. Улавливание капель диаметром более 500 мк требует слоя большей толщины, однако вследствие малой его прочности допустимо применять слой  $h = 0,7—0,75$  мм с введением соответствующей поправки. Способ улавливания капель на пластинку позволяет установить относительное число различных по размерам капель, содержащихся в струе, непосредственным измерением числа и величины капель или их отпечатков. Указанный способ нашел довольно широкое применение как при измерениях размеров капель в условиях неподвижной окружающей газовой среды, так и в условиях работы сушильных устройств. Недостатком этого способа является относительно малое число измеряемых капель (3—9 тыс./ч), что составляет по сравнению со всем количеством в струе 0,1—1,0% (по весу) расхода мощности за 1 сен.

На рис. 92 приведена схема установки для измерения тонкости распыла жидкостей<sup>2</sup>.

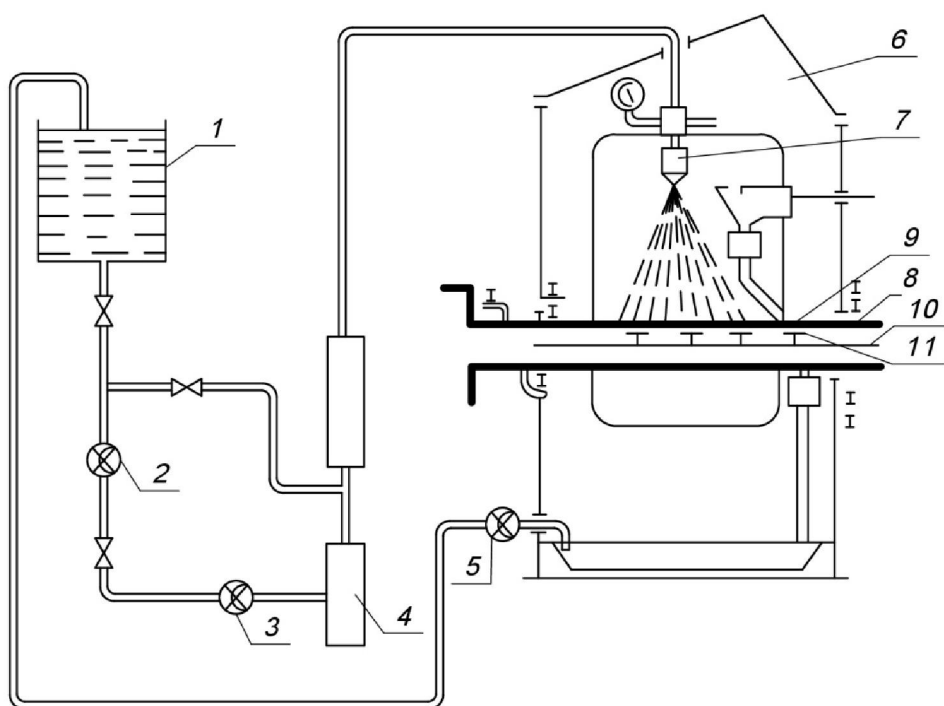


Рис 92. Схема установки для измерения тонкости распыла жидкостей (улавливание капель на пластину):

1 — бак для жидкости; 2 — подкачивающий насос; 3 — насос высокого давления; 4 — сборник; 5 — откачивающий насос; 6 — камера; 7 — форсунка; 8 — труба; 9 — прорези в трубе; 10 — стержень каплеуловителя; 11 — пластинки, покрытые слоем сажи.