

Справочник ФОРСУНОЧНАЯ ТЕХНИКА



Spraying Systems

Сервис по всему миру

Группа Spraying Systems – мировой лидер в производстве форсунок и компонентов струйных систем - располагает собственным производством как в США, так и во многих странах мира. Собственная сеть сбыта и эксклюзивные представительства более чем в 40 странах мира, в том числе и в России, обеспечивают полный сервис для покупателей в любой точке мира:

- Работа с Клиентом к его максимальному удовлетворению чрезвычайно важны для нас:
- *Наша сеть представительств по всему миру доставит международный опыт и знания Spraying Systems прямо в Ваш дом.
- *Группа компетентных инженеров - проектантов, чья специализация - нахождение правильного решения Вашей задачи, по Вашему профилю работы.
- *Производство в Германии, оборудованное в соответствии с самыми современными достижениями машиностроения, с тестированным оборудованием, под наблюдением инженеров –

Инновационные исследования

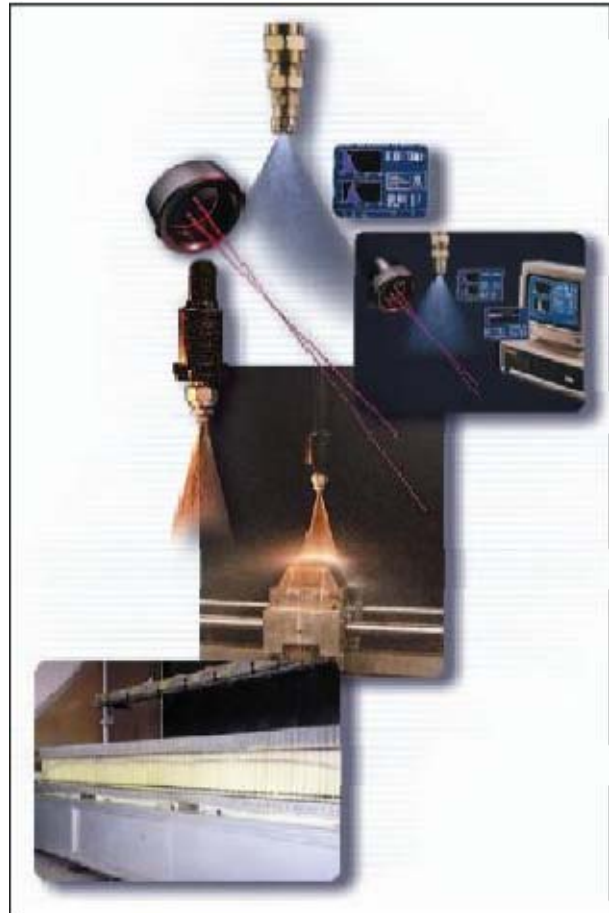
Экспертов по распыляющим системам. Через мировую сеть Информационных Услуг Spraying Systems наши инженеры в любое время имеют прямой доступ к самым новым разработкам в области техники распыления. Чем это интересно для наших клиентов?

- Быстрая реакция всякий раз, когда готовые или изготовленные на заказ изделия должны быть разработаны и предоставлены клиенту.

Отдел, специально оборудованный, для испытания, моделирования и контроля качества создан в нашем Технологическом Центре, который помогает инженерам модернизировать наши изделия.

Качество - наш высший приоритет

Наша система контроля качества, сертифицированная согласно стандарту ISO 9001 начиная с 1995г., гарантирует, что наш уровень качества не только поддерживается, но и устойчиво растёт.



Spraying Systems

От форсунки зависит многое...

Распылительная форсунка - это не просто кусок металла или пластмассы с отверстием !

Иногда они выглядят очень скромно, но «в них всегда что-то есть». У некоторых из них богатая «внутренняя жизнь», и у каждой - свой характер, из-за которого они очень чутко, но каждая по-своему реагируют на разные события, например, на изменения давления или объема потока.

Предлагаемая Вам маленькая брошюра представляет собой только введение в форсуночную технику. Она призвана помочь инженеру и технику при конструировании и планировании производства. Мы сознательно ограничились представлением только наиболее общих признаков и факторов влияния, которые имеют универсальный характер независимо от конкретного случая применения.

Мы охотно проконсультируем Вас по каждому вопросу.

Многие технологические процессы напрямую зависят от качества форсунок. Мойка, ополаскивание, чистка, смазка, нанесение покрытий, лака и красок, мокрая газоочистка, увлажнение

воздуха, опрыскивание, фильтрация, смешивание, дозировка, пожаротушение, пылеподавление или распылительная сушка - во всех этих областях наши специалисты помогут Вам найти наиболее целесообразное и экономичное решение.



Характеристики распыла

Форсунки сконструированы таким образом, что они могут применяться при различных условиях. Отсюда следует, что для решения одной и той же проблемы зачастую могут быть использованы принципиально разные форсунки. Для того, чтобы обеспечить выбор наиболее эффективного решения в каждом конкретном случае, мы отобрали самые существенные критерии, по которым можно различать и оценивать форсунки.

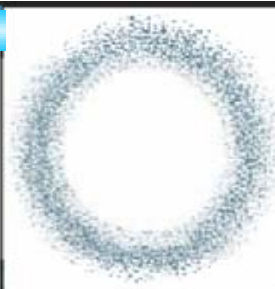
На последующих страницах предлагаемой брошюры мы представляем Вам некоторые характеристики распыла. Более подробно характеристики отдельных форсунок, в том числе и специальных, описаны в соответствующих разделах нашего общего каталога.



Характеристики распыла



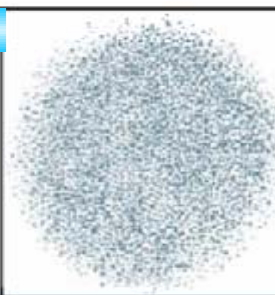
Полый конус



Мы говорим о распылении полым конусом когда пятно распыляемой жидкости на поверхности орошения имеет форму кольца. Эта характеристика распыла достигается как правило тем, что жидкость тангенциально входит в завихрительную камеру или попадает на имеющий особую форму завихритель. В обоих случаях приданное потоку жидкости круговое движение приводит к тому, что на выходе из форсунки струя образует полый конус.



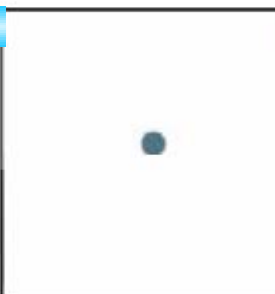
Полный конус








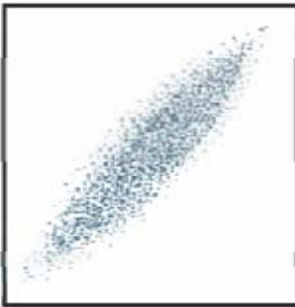


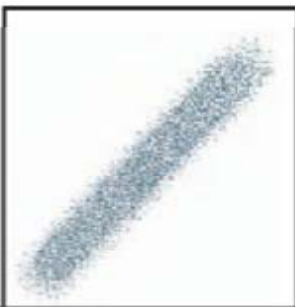
При полноконусном распылении образуется круглое, квадратное, прямоугольное или овальное пятно орошения, полностью покрытое пятнами жидкости. Эта характеристика распыла достигается обычно при помощи завихрителя, который перед выходом жидкости из форсунки определенным образом формирует ее поток. Полноконусное распыление с особо малым размером капель получают, применяя форсунки с воздушным распылением.



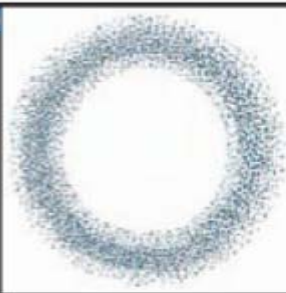


Сплошная струя



Полная струя - это неразрывная струя жидкости, выходящая из отверстия. Современные полноструйные форсунки отличаются оптимальной формой и размером выходной камеры, а также выходного отверстия и/или стабилизаторов потока. В результате этого струя, покидая форсунку, на протяжении больших отрезков сохраняет свою форму и неразрывность, а значит и высокую силу удара о поверхность.

Плоская струя			
	<p>по оси</p> 		<p>Форсунки с так называемой плоскоструйной характеристикой распыла дают веерообразное или дисковидное распределение жидкости. Плоская струя формируется либо за счет эллиптической формы выходной части форсунки, либо за счет круглого выходного отверстия, расположенного тангенциально по отношению к специальной отражающей поверхности.</p>
	<p>отражатель</p> 		<p>Из форсунки с эллиптической формой выходной части плоская струя выходит в направлении продольной оси форсунки, а из форсунки с отражателем - под углом к ней; величина угла между осью плоской струи и осью форсунки зависит от конструкции отражателя.</p>
	<p>отражатель</p> 		<p>Форсунки с эллиптической формой выходной части обычно формируют плоскую струю, края которой сходят на конус. Такая форма распыла особенно выгодна там, где применяются спрысковые балки с большим количеством форсунок, обеспечивающих взаимное перекрытие пятен распыла по всей обрабатываемой поверхности, что в свою очередь, гарантирует ее равномерное орошение. Плоскоструйные форсунки с четкими краями пятен орошения применяются для мойки и других случаев, когда необходимо получить равномерное воздействие жидкости по всей обрабатываемой поверхности без перекрытия струй.</p>

Мелкий распыл (гидравл)			
			<p>Эти форсунки рассчитаны на небольшие количества распыляемой жидкости и обычно дают распыл полным конусом. Однако, из-за малого размера капель струя легко отклоняется и искажается воздушными потоками, особенно при большом расстоянии от форсунки до орошаемой поверхности. На некотором расстоянии от форсунки, которое зависит от давления и величины потока, струя образует водяной туман. Этот эффект используется, например при применении форсунок с давлением 70 бар и более для распылительной сушки или для охлаждения.</p>

Воздушноераспыление			
			<p>Форсунки с воздушным распылением обеспечивают самую высокую степень распыления (самые мелкие капли) при заданной производительности и давлении. Характеристики распыла у них могут быть кольцевыми (полный конус), овальными круглыми (полный конус) или веерообразными (плоская струя). С уменьшением скорости воздуха капли при определенных условиях могут полностью испаряться. Это зависит от их размера, точки образования капель, влажности воздуха, температуры и других величин.</p>

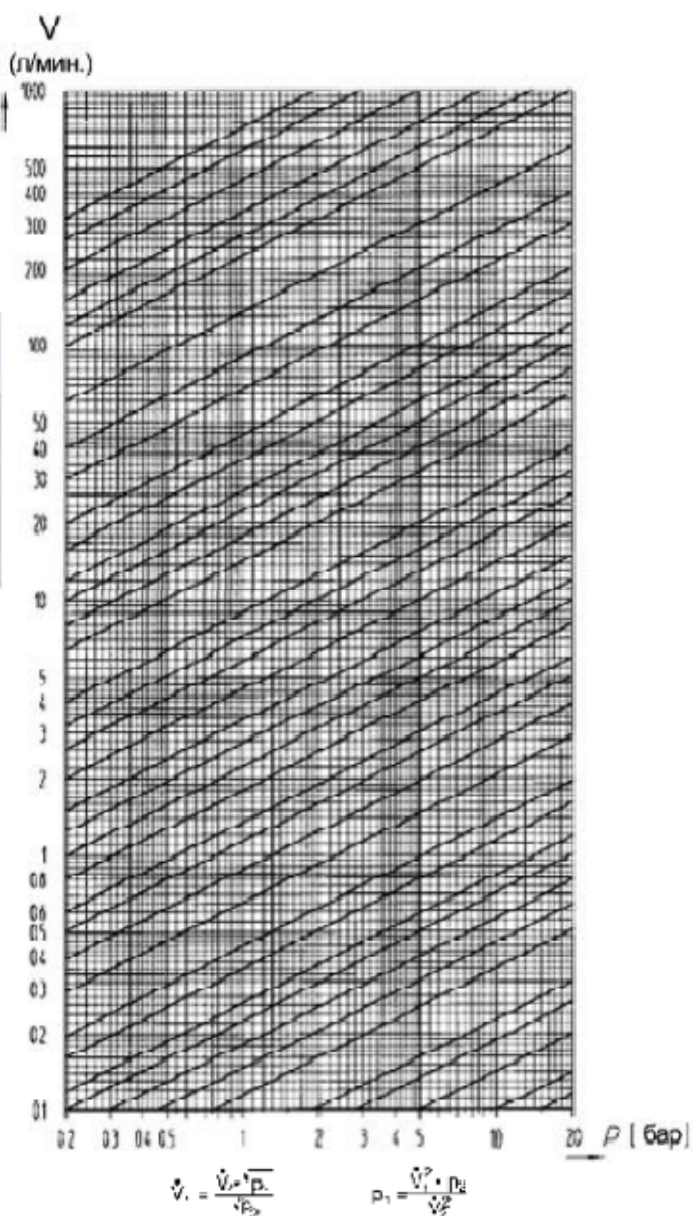
Производительность

Все данные, приведенные в таблицах настоящего каталога, относятся к воде. Поскольку плотность жидкости оказывает влияние на объем проходящего через форсунку потока (производительность форсунки), для других жидкостей необходимо вводить соответствующий коэффициент пересчета. Значения коэффициента приведены в таблице. Производительность форсунки повышается или понижается в зависимости

от давления подаваемой на нее жидкости. Теоретическое соотношение между значениями давления и производительности описывается следующей формулой.

$$\frac{\dot{V}_1 \text{ (l/min)}}{\dot{V}_2 \text{ (l/min)}} = \frac{\sqrt{P_1 \text{ (bar)}}}{\sqrt{P_2 \text{ (bar)}}}$$

Плотность	Коэффициент пересчета
0,84	1,09
0,96	1,02
1,00 (вода)	1,00
1,09	0,95
1,20	0,91
1,32	0,87
1,44	0,83
1,69	0,77



Расчет потерь давления в трубопроводах на арматуре

Пример

В основу приведенных в нашем каталоге объемов жидкости, протекающих через вентили, фильтры и фитинги, положены потери давления в размере 5% от их максимального рабочего давления. Это значение используется для оценки потерь давления при других значениях производительности, как это показано в следующем примере:

Производительность = 19л/мин.
 Максимальное рекомендуемое рабочее давление = 35 бар
 Ожидаемая потеря давления при 19 л/мин = 5% x 35 бар = 1,75бар
 Расчет потерь давления (бар 2)

Подробную информацию по потерям давления при конкретных значениях производительности на различных видах арматуры Вы сможете узнать у наших специалистов по тем или иным областям применения.

$$\frac{\text{л/мин}_1}{\text{л/мин}_2} = \frac{(\text{бар}_1)^{0,5}}{(\text{бар}_2)^{0,5}} \rightarrow \frac{3}{5} = \frac{(\text{бар})^{0,5}}{(25)^{0,5}} \rightarrow \text{бар}_1 = 0,6 \text{ бар}$$

Средние потери на трение в арматуре

Выраженные как длина трубы (м)

Номинальный провет, дюймы	Внутр. диаметр (мм)	Задвижка (открыта)	Шариков. клапан (открыт)	Уголок 45°	Стандарт. Т-образн. фитинг	Т-образн. фитинг с уменьш. на 50%	Т-образный фитинг угловой
1/8	6.8	0.05	2.4	0.11	0.12	0.23	0.43
1/4	9.2	0.06	3.4	0.15	0.20	0.34	0.67
3/8	15.8	0.1	5.7	0.24	0.34	0.52	1.0
1/2	21	0.13	7.0	0.30	0.43	0.64	1.3
3/4	27	0.17	9.0	0.37	0.55	0.79	1.6
1 1/4	35	0.23	11.8	0.49	0.70	1.1	2.1
1 1/2	41	0.26	13.8	0.58	0.82	1.2	2.5
2	53	0.34	17.7	0.73	1.1	1.6	3.2
2 1/2	63	0.40	21	0.88	1.3	1.9	3.8
3	78	0.49	26	1.1	1.6	2.3	4.7
4	102	0.64	34	1.4	2.1	3.1	6.2
5	128	0.82	43	1.8	2.6	3.9	7.7
6	154	0.98	52	2.2	3.1	4.7	9.4

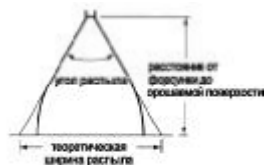
Потери давления в трубопроводах

Давл. бар	Потери давления (бар) при разных диаметрах труб (на 10 м длины)															
	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	
1	0.07															
1.5	0.16	0.04														
2	0.26	0.06														
2.5	0.40	0.08														
3	0.56	0.12	0.03													
4	0.96	0.21	0.05	0.02												
6	2.0	0.45	0.10	0.03												
8	3.5	0.74	0.17	0.05	0.01											
10		1.2	0.25	0.06	0.02											
12		1.7	0.35	0.11	0.03											
15		2.6	0.54	0.17	0.04	0.01										
20			0.90	0.28	0.07	0.02										
25			1.2	0.45	0.11	0.03										
30			2.1	0.62	0.15	0.04	0.01									
40				1.1	0.25	0.08	0.02									
60					0.54	0.16	0.04	0.02	0.005							
80					0.95	0.18	0.07	0.03	0.009							
100						0.43	0.12	0.05	0.01							
115						0.58	0.14	0.06	0.015							
130						0.72	0.18	0.06	0.02	0.01						
150							0.23	0.10	0.03	0.012						
170							0.29	0.13	0.04	0.016						
190							0.36	0.16	0.05	0.02						
200							0.50	0.23	0.07	0.03	0.009					
260							0.32	0.09	0.04	0.01						
300							0.38	0.11	0.04	0.02	0.007					
340							0.50	0.14	0.05	0.02	0.009					
380							0.61	0.18	0.07	0.03	0.01					
470								0.28	0.11	0.04	0.02	0.009				
570								0.29	0.15	0.05	0.03	0.01				
750									0.64	0.26	0.09	0.04	0.02	0.007		
950										0.14	0.06	0.03	0.01			
1150										0.19	0.09	0.05	0.02			
1500											0.16	0.08	0.03	0.01		
1900												0.13	0.04	0.02		
2800													0.06	0.03	0.009	
3800														0.16	0.06	0.02
7500															0.23	0.08

Пропускная способность труб по воздуху

Давление (бар)	Макс. поток в л/мин / номинальный провет											
	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	
0.35	14	34	77	138	186	368	764	1133	2265	3823	6796	
0.7	23	48	110	218	311	594	1246	1812	3539	5663	10477	
1.4	37	85	186	368	523	991	2124	3115	6088	9910	16989	
2.8	71	155	339	651	962	1756	3823	5663	10901	18122	31147	
4.2	99	226	509	962	1416	2633	5521	8211	15857	25483	45304	
5.6	133	297	651	1246	1840	3398	7220	10760	20387	33978	59462	
7.0	164	368	821	1529	2265	4247	8919	13308	25484	41057	73620	

Уголраспылаи ширина распыла



В ниже приведенной таблице показаны расчетные значения ширины пятна орошения в зависимости от угла распыла и расстояния от форсунки до орошаемой поверхности. В качестве распыляемой среды взята вода. В основу этих расчетов было положено теоретическое допущение, что угол распыла остается неизменным по всей длине струи. На практике, однако, любая струя распыла подвержена большей или меньшей конвергенции (в зависимости от типа форсунки, угла распыла, производительности, давления подачи жидкости на форсунку и расстояния от форсунки до орошаемой поверхности). Кроме того, на форму струи влияют такие параметры, как вязкость и сила поверхностного натяжения распыляемой жидко-

сти. Так например, для жидкостей более вязких, чем вода, угол распыла может быть меньше, чем у воды. В зависимости от вязкости, размера форсунок и давления подачи жидкости в некоторых случаях вообще возможно образование только полной (прямой) струи. И наоборот, жидкости с силой поверхностного натяжения меньшей, чем у воды, образуют более широкоугольную струю.

Уголраспыла форсунки	Теоретическая ширина распыла (см)											
	При различном расстоянии до орошаемой поверхности (см)											
	5см	10см	15см	20см	25см	30см	40см	50см	60см	70см	80см	100см
5°	0.4	0.9	1.3	1.8	2.2	2.6	3.5	4.4	5.2	6.1	7.0	8.7
10°	0.9	1.8	2.6	3.5	4.4	5.3	7.0	8.8	10.5	12.3	14.0	17.5
15°	1.3	2.6	4.0	5.3	6.6	7.9	10.5	13.2	15.8	18.4	21.1	26.3
20°	1.8	3.5	5.3	7.1	8.8	10.6	14.1	17.6	21.2	24.7	28.2	35.3
25°	2.2	4.4	6.7	8.9	11.1	13.3	17.7	22.2	26.6	31.0	35.5	44.3
30°	2.7	5.4	8.0	10.7	13.4	16.1	21.4	26.8	32.2	37.5	42.9	53.6
35°	3.2	6.3	9.5	12.6	15.8	18.9	25.2	31.5	37.8	44.1	50.5	63.1
40°	3.6	7.3	10.9	14.6	18.2	21.8	29.1	36.4	43.7	51.0	58.2	72.8
45°	4.1	8.3	12.4	16.6	20.7	24.9	33.1	41.4	49.7	58.0	66.3	82.8
50°	4.7	9.3	14.0	18.7	23.3	28.0	37.3	46.6	56.0	65.3	74.6	93.3
55°	5.2	10.4	15.6	20.8	26.0	31.2	41.7	52.1	62.5	72.9	83.3	104
60°	5.8	11.6	17.3	23.1	28.9	34.6	46.2	57.7	69.3	80.8	92.4	115
65°	6.4	12.7	19.1	25.5	31.9	38.2	51.0	63.7	76.5	89.2	102	127
70°	7.0	14.0	21.0	28.0	35.0	42.0	56.0	70.0	84.0	98.0	112	140
75°	7.7	15.4	23.0	30.7	38.4	46.0	61.4	76.7	92.1	107	123	153
80°	8.4	16.8	25.2	33.6	42.0	50.4	67.1	83.9	101	118	134	168
85°	9.2	18.3	27.5	36.7	45.8	55.0	73.3	91.6	110	128	147	183
90°	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	80.0	100	120	140	160	200
95°	10.9	21.8	32.7	43.7	54.6	65.5	87.3	109	131	153	175	218
100°	11.9	23.8	35.8	47.7	59.6	71.5	95.3	119	143	167	191	238
110°	14.3	28.6	42.9	57.1	71.4	85.7	114	143	171	200	229	286
120°	17.3	34.6	52.0	69.3	86.6	104	139	173	208	243		
130°	21.5	42.9	64.3	85.8	107	129	172	215	257			
140°	27.5	55.0	82.4	110	137	165	220	275				
150°	37.3	74.6	112	149	187	224	299					
160°	56.7	113	170	227	284							
170°	114	229										

Размеркапель распыление

Данные о размерах капель относятся к величине каждой отдельной капли в струе распыла. Размер капель может быть очень разным. Существует множество методов определения размера капель. Наиболее существенные из них будут кратко описаны ниже: (MVD) средний объемный диаметр, Dv0,5, называемый также (VMD) или (MMD), средний массовый диаметр: определение размеров капель в зависимости от объема

теоретической капли, которая обладает таким же соотношением объем/поверхность, как общий объем всех капель к их суммарной поверхности. (MND) Средний числовой диаметр капель DN0,5: определение размера капель по отношению к количеству капель в струе. Этот параметр характеризуется тем, что 50% от общего количества распыленной воды имеет диаметр, больший, а 50% - меньший, чем он. Размеры капель обычно указываются в микронах (1мкм = 0,001 мм). Помимо вида распыляемой жидкости, главными факторами, влияющими на размер капель, являются производительность форсунки, давление распыла и тип форсунки. Так, например, одна и та же жидкость распыляется через одну и ту же форсунку при низком давлении более крупными, а при высоком - более мелкими каплями.

распыленной жидкости. "Средний объемный диаметр" определяется следующим образом: 50% общего распыленного объема воды имеет диаметр, больший чем он, а 50% - меньший, чем он. (SMD) диаметр Заутера D32: определение тонкости распыления по общей площади поверхности струи. При этом диаметром Заутера называется диаметр такой

Самое тонкое распыление (самые мелкие капли) получается при помощи форсунок с воздушным распылением

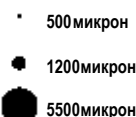
Общие сведения: из числа форсунок с гидравлическим распылением самые крупные капли дают полноконусные форсунки. В рамках одного модельного ряда самый мелкий распыл дают форсунки с самой малой производительностью, а самый крупный - с самой большой производительностью. Поскольку

„средний объемный диаметр (MVD)“ высчитывается исходя из объема распыленной жидкости, именно этот параметр часто используется как опорная величина (см. также нижеприведенную таблицу). По Вашему запросу мы готовы предоставить более подробную информацию по этому поводу.

Диаметр капель (MVD) в зависимости от типа форсунки и ее производительности

Характеристика распыла	0,7 бар		3 бар		7 бар	
	Производ. л/мин.	MVD (мкм)	Производ. л/мин.	MVD (мкм)	Производ. л/мин.	MVD (мкм)
Воздушный распыл	0.02	20	0.03	15		
	0.08	100	30	200	45	400
Тонкий распыл			0.1	110	0.2	110
	0.83	375	1.6	330	2.6	290
Плоская струя	0.19	360	0.38	300	0.61	200
	45	3400	91	1900	144	1260
	0.19	260	0.38	220	0.61	190
	18.9	4300	38	2500	60	1400
Полый конус	0.38	1140	0.72	850	1.1	500
	45	4300	87	2800	132	1720

Сравнение размера капель



Сила удара (I)

Сила удара, т.е. степень воздействия струи на поверхность, определяется различными способами. Для оценки форсунок наиболее эффективным оказалось определение силы удара струи как кг на кв.см, и именно оно применяется наиболее широко. В принципе, можно говорить о том, что сила удара струи зависит от характеристики распыла и от угла распыла. Чтобы рассчитать силу удара струи конкретной форсунки, необходимо сначала рассчитать теоретическую общую силу удара $I_{\text{общ.теор}}$. Для этого применяется следующая формула

$$I_{\text{общ.теор.}} = 0,024 \times \dot{V} \times \sqrt{P}$$

где: $I_{\text{общ.теор.}}$ – теор. сила удара воды

\dot{V} = поток [л/мин]

P = давление [кг/см²]

Затем нужно взять соответствующее %-ное значение из таблицы и умножить его на теоретическую общую силу удара $I_{\text{форс.}} = I_{\text{общ.теор.}} \times$ ($I_{\text{форс.}}$ - это сила удара /см²) с расстояния в 30 см. Наибольшую силу удара дают полнотруйные форсунки. Для определения силы удара можно пользоваться обобщенной формулой.

$$I_{\text{форс}} = 1,9 \times P \text{ (кг/см}^2\text{)}$$

$$\dot{V}_{\text{FL}} = \frac{\sqrt{\dot{V} \cdot \gamma_w}}{\sqrt{\gamma_{\text{FL}} \cdot FL}}$$

$$\dot{V}_{\text{FL}} = \dot{V}_w \times X$$

Характеристика распыла	Угол распыла	Сила удара в кг/см ² как % от $I_{\text{общ.теор.}}$
Плоская струя	15°	30%
	25°	18%
	35°	13%
	40°	12%
	50°	10%
	65°	7%
Полный конус	15°	11%
	30°	2.5%
	50°	1%
	65°	0.4%
	80°	0.2%
	100°	0.1%
Полый конус	60°~	1-2%

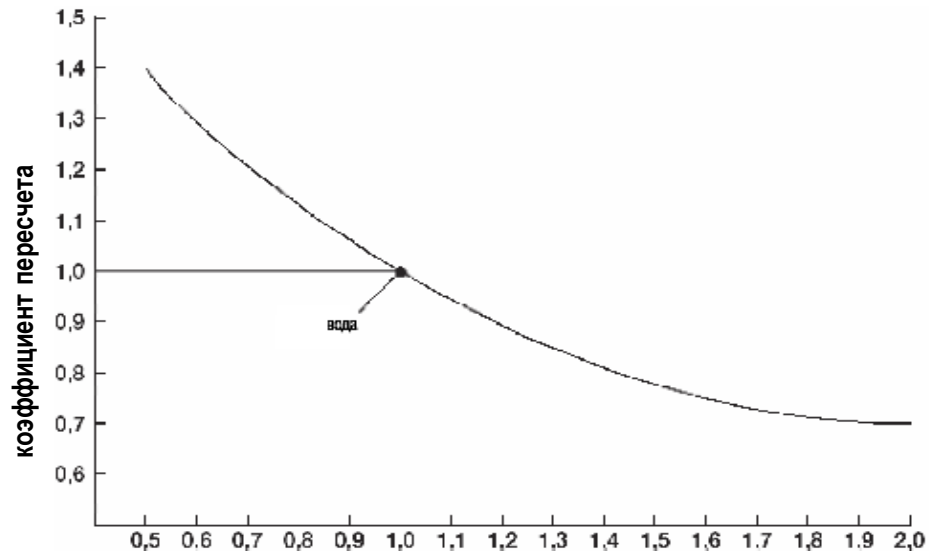
- \dot{V}_w = объемный поток распыляемой жидкости
- \dot{V}_{FL} = объемный поток воды (значение из каталога)
- γ_w = плотность воды
- γ_{FL} = плотность распыляемой жидкости
- X = коэффициент пересчета

Рабочее давление (P)

В целях обеспечения большей наглядности и удобства в приведенных в настоящем каталоге таблицах даны области давлений, обычные для типичных областей применения тех или иных форсунок и принадлежностей распылительных систем. Однако, эти форсунки и принадлежности могут на практике применяться и с большими или меньшими значениями давления. Если у Вас существует производственная необходимость, могут поставляться соответствующим образом измененные конструктивные варианты и решения. За специальной информацией Вы можете обратиться к нашим инженерам.

Плотность (γ)

Та плотность, которая нас в данном случае интересует, представляет собой отношение массы единицы объема распыляемой жидкости к массе единицы объема воды. Эта плотность влияет главным образом на один из параметров форсунки: на ее производительность (объем проходящего через форсунку потока). В настоящем каталоге все данные приведены в расчете на распыление воды. Для приблизительного пересчета значений производительности на режим работы с другими жидкостями используется следующая формула



Вязкость (E)

Динамическая вязкость возникает вследствие внутреннего трения жидкости. Это внутреннее трение, в свою очередь, является результатом действия межмолекулярных сил. Сила действует между имеющими различную скорость соседними слоями внутри текущей среды. Вязкость жидкости влияет, в первую очередь, на образование струи и ее форму, в меньшей мере - на производительность форсунки. Жидкости с вязкостью большей, чем у воды, требуют для образования такой же струи большего давления подачи среды на форсунку и дают струю с меньшим углом раскрытия, чем вода.

Влияние вязкости на параметры форсунки см. в нижеприведенной таблице «Параметры форсунок и величины, влияющие на них».

Износ форсунок

По мере изменения геометрии выходного отверстия форсунки вследствие износа ее производительность увеличивается, а качество распыления снижается. У плоскоструйных форсунок с овальным пятном орошения по мере износа уменьшается угол распыла. У других плоскоструйных, а также у полноконусных форсунок распыление становится менее однородным, но без существенных изменений ширины струи. С увеличением производительности форсунки может уменьшиться рабочее давление жидкости, особенно при применении поршневых насосов.

Температура (t)

Данные, приведенные в настоящем каталоге, относятся к воде при температуре 21°C. Прямое влияние на параметры форсунки температура не оказывает. Имеет место только непрямая зависимость за счет изменения при нагревании или охлаждении распыляемой жидкости таких ее свойств, как вязкость, поверхностное натяжение или плотность. Влияние температуры на параметры форсунки см. в нижеприведенной таблице «Параметры форсунок и величины, влияющие на них».

Поверхностное натяжение (σ)

Поверхностное натяжение - это следствие когезии, создаваемой направленными вовнутрь остаточными молекулярными силами. Поверхностное натяжение понимается как отношение работы, затраченной на увеличение поверхности, к достигнутому увеличению поверхности. При отсутствии воздействия внешних сил поверхностная энергия имеет минимальное значение - так же, как и сама поверхность. Свободная поверхность жидкости всегда стремится к тому, чтобы быть минимальной (что соответствует шаро-

образной форме). Поверхностное натяжение имеет значение при очень низких рабочих давлениях, небольших углах распыления и малых размерах капель. Особенно сильное влияние на угол раскрытия струи оказывают жидкости с силой поверхностного натяжения большей, чем у воды, при их распылении через полконусные и плоскоструйные форсунки. Характеристики форсунок для сред с силой поверхностного натяжения меньшей, чем у воды, представлены в нижеприведенной таблице «Параметры форсунок и величины, влияющие на них».

Параметры форсунок и величины, влияющие на них

Сравнительный износ типичных материалов форсунок	
Алюминий	1
Латунь	1
Сталь	1.5 - 2
Монель-металл	2 - 3
Нерж сталь	4 - 6
Закаленн нерж сталь	10 - 15
Стеллит	10 - 15
Керамика	90 - 200
Карбид кремния	
без связи	90 - 130
Карбид	180 - 200

Пластмассы в таблице не отражены, поскольку их износ очень сильно варьируется в зависимости от вида материала, типа форсунки и условий эксплуатации. При выборе форсунки и ее материала из обширной программы Spraying Systems мы советуем Вам обратиться за консультацией к нашим специалистам. Данные в нижеприведенной таблице относятся к наиболее типичным областям применения форсунок и распыляемым жидкостям. В зависимости от типа форсунки и от ее размера величина влияния может в каждом конкретном случае колебаться

в ту или иную сторону. В некоторых случаях применения может получиться так, что эти факторы настолько сильно влияют друг на друга, что полностью взаимно поглощаются. Например, в случае полноконусной форсунки с повышением температуры распыляемой жидкости снижается ее плотность. Это приводит к увеличению проходящего через форсунку потока (производительности форсунки). Но одновременно с повышением температуры уменьшается вязкость жидкости, а это оказывает на производительность прямо противоположное влияние.

	Повышение рабочего давления	Повышение плотности	Повышение вязкости	Повышение температуры жидкости	Повышение поверхностного натяжения
Качество распыла	растет	незначительно	снижается	растет	незначительно
Производительность	растет	снижается	*	**	не влияет
Угол распыла	незначительно	растет	растет	растет	снижается
Размер капель	снижается	незначительно	растет	снижается	растет
Скорость капель	растет	снижается	снижается	растет	незначительно
Сила струи	растет	незначительно	снижается	растет	незначительно
Износ	растет	незначительно	снижается	**	не влияет

* у полноконусных форсунок растет, у плоскоструйных - снижается
 ** в зависимости от распыляемой жидкости и типа форсунки

Материалы

Компания Spraying Systems изготавливает форсунки и принадлежности распылительных систем из различных материалов в зависимости от конкретных производственных условий заказчика. Наши стандартные форсунки изготавливаются из материалов, список которых был составлен из опыта применения разных типов форсунок в разных отраслях промышленности. Однако, дополнительно к перечисленным в каталоге стандартным исполнениям

Spraying Systems может изготавливать форсунки из множества специальных материалов. В таблице рядом приведен список материалов, из которых мы можем изготовить для Вас форсунки и компоненты распылительных систем

Алюминий	ХАВЕГ	ПВДФ
Алюминий-бронза	ИЛЛУМ	Рефракс
Оксид алюминия	Инколой	Сапфир
Медь с бериллием	Инконель	Карбид кремния (SiC)
Свинец	Керамика	Карбид кремния (SiSiC)
Карбид бора	Медь	Сталь
Бронза	КИНАР (ПВДФ)	Стальное литье
Карбид хрома	ЛУСИТ	Сферич. литье
Медь с никелем	Морская бронза	Стеллит
ДЕЛЬРИН	Латунь	Тантал
ДУРАНИКЕЛЬ	Монель	Тефлон
ДУРОНЗА	Никель	Титан
Нерж. сталь	Нейлон(РА)	УЛЬТИМЕТ
Закал. нерж.сталь	Полихлоропрен	ВИТОН
Эвердур	Полиэфир	Циркаллоид
Полиэфир	Платина	Циркон
Графит	ПОМ	
Чугун	Полипропилен	
Литой	Тефлон	
Твердая резина	Полиуретан	Прочие материалы по запросу
Твердый сплав	ПВХ	
ХАСТЕЛЛОЙ		

Коэффициенты пересчета

Единицы объема	Единицы объема						
	см³	Жидкая унция	Фунт воды	Литр	Галлон	Куб.фут.	М³
см³	•	0.034	2.2 x10 ²	0.001	2.64x10 ⁴	3.53x10 ⁶	1.0x10 ⁶
Жидкая унция	29.4	•	0.065	0.030	7.81x10 ³	1.04x10 ⁵	2.96x10 ⁶
Фунт воды	454	15.4	•	0.454	0.12	0.016	4.54x10 ⁴
Литр	1000	33.8	2.2	•	0.264	0.035	0.001
Галлон	3785	128	8.34	3.785	•	0.134	3.78x10 ³
Куб. фут.	28320	958	62.4	28.3	7.48	•	0.028
М³	1.0 x10 ⁶	3.38x10 ⁵	2202	1000	264	35.3	•

Давление жидкости	Единицы давления						
	фунты/кв.дюйм (psi)	фут вод. ст.	кг/см²	атмосфера	бар	мм. рт. ст.	кПа
фунты/кв.дюйм (psi)	•	2.31	0.070	0.068	0.069	2.04	6.895
фут водяного столба	0.433	•	0.030	0.029	0.030	0.882	2.99
кг/см²	14.2	32.8	•	0.968	0.981	29.0	98
атмосфера	14.7	33.9	1.03	•	1.01	29.9	101
бар	14.5	33.5	1.02	0.987	•	29.5	100
дюйм ртутного столба	0.491	1.13	0.035	0.033	0.034	•	3.4
кПа (килопаскаль)	0.145	0.335	0.01	0.009	0.01	0.296	•

Различные единицы измерения и коэффициенты пересчета

Меры длины	Меры длины						
	микрон	мил (милли-дюйм)	милли-метр	санти-метр	дюйм	фут	метр
микрон	•	0.039	0.001	1.0x10 ⁻⁴	2.54x10 ⁻⁵		
мил	25.4	•	2.54x10 ⁻²	2.54x10 ⁻²	0.001	8.33x10 ⁻³	
милли-метр	1000	39.4	•	0.10	0.0394	0.033	0.001
санти-метр	10000	394	10	•	0.394	0.033	0.01
дюйм	2.54x10 ⁴	1000	25.4	2.54	•	0.083	0.0254
Фут.	3.05x10 ⁵	1.2x10 ⁴	305	30.5	12	•	0.305
метр	1.0 x10 ⁶	3.94x10 ⁴	1000	100	39.4	3.28	•

Единица	Эквивалент
Унция	28,35 г
Фунт	0,4536 кг
Лошад. сила	0,746 кВт
BTU	0,2520 ккал
Кв. дюйм	6,452 см²
Кв. фут	0,09290 м²
Акр	0,4047 Га
Акр	43,560 футов²

Единица	Эквивалент
Фаренгейт (F°)	= 9/5 C° + 32
Цельсий Длина	= 5/9 (F° - 32)
окружности	= 3,1416 x D
Площадь круга	= 0,7854 x D²
Объем шара	= 0,5236 x D³
Площадь поверхности шара	= 3,1416 x D²

Обслуживание форсунок

Улучшение качества и экономия средств за счет регулярного ухода за форсунками

Как уже было показано на предыдущих страницах, при выборе форсунок необходимо учитывать множество факторов. Для обеспечения качества конечного продукта и экономичности производственного процесса форсунки, как и все средства производства, нуждаются в регулярном контроле, очистке и своевременной замене.

Улучшение качества и экономия средств за счет регулярного ухода за форсунками. Вид и периодичность обслуживания зависят от особенностей условий применения форсунок: в

одном случае форсунки могут работать без особых проблем по тысяче часов; в другом – их приходится проверять ежедневно. Обычный срок службы форсунки находится между этими двумя крайностями. Минимальный контроль состоит в простой визуальной проверке форсунки во время остановки всей машины или линии на плановое обслуживание. Подробности плана регулярных проверок зависят от способа применения форсунок, вида распыляемой жидкости и материала самой форсунки.



Причины проблем с форсунками

На что следует обращать особое внимание? Ответ опять-таки зависит от условий, в которых работает форсунка: иногда это механический износ вследствие большого давления жидкости, иногда – отложения, связанные с повышенной вязкостью жидкости. Семь главных причин, способных привести форсунку в

негодность, таковы:

Механический износ: постепенное истирание и/или деформации выходного отверстия форсунки и ее внутреннего канала. Из-за этого изменяются также производительность форсунки, давление распыления и форма струи.

Коррозия: химическая реакция с распыляемой жидкостью или окружающей атмосферой

приводят к разрушению материала форсунок.

Засорение: Содержащиеся в распыляемой жидкости твердые частицы сужают внутренние каналы форсунок, уменьшают ее производительность и нарушают равномерность орошения.

Отложения: появление отложений на наружных кромках или внутри форсунки чаще всего вызывается испарением

распыляемой жидкости. Это приводит к сужению внутренних каналов и/или выходного отверстия форсунки.

Температурные повреждения: повышенная температура при эксплуатации форсунки может вызвать ее повреждение, если ее материал не предназначен для использования при таких температурах.

Неправильный монтаж: плохо пригнанные прокладки, перекрытые резьбовые соединения и другие ошибки монтажа могут привести к утечкам и искажениям пятна орошения



Коррозия



Износ



Механическое повреждение



Отложения солей жесткости



Термическое повреждение

Картина распыла чистой форсунки



Картина распыла засоренной форсунки



Возможности контроля качества распыления

В зависимости от конкретного случая применения и требований к распылу можно оценивать качество процесса по следующим параметрам:

Качество готового продукта / технологический результат: при контроле качества могут быть обнаружены такие недостатки, как неравномерное орошение, образование полос, неправильная структура материала, вследствие неправильного охлаждения и др. Источником информации о качестве распыления могут служить также специфические методы, как измерения содержания пыли, влажности и т.д..

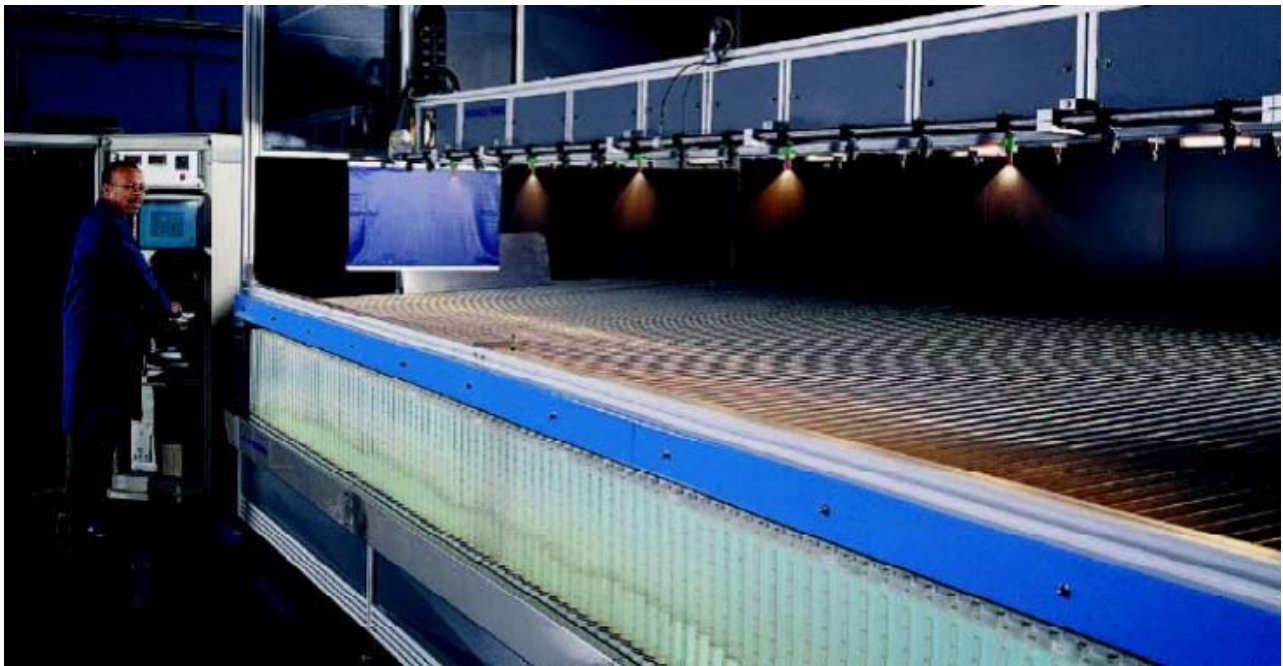
Объемный поток: различить увеличение потока невооруженным глазом невозможно. Поэтому этот параметр необходимо время от времени проверять при помощи расходомера или простого опреде-

ления литража. Сравнив полученное значение со значением, указанным в каталоге или измеренным на совершенно новой форсунке, вы сможете судить о состоянии Ваших форсунок.

Давление распыления: давление на входе в форсунку может быть измерено обычным калиброванным манометром.

Пятно орошения: зачастую равномерность орошения можно проконтролировать на глаз. Изменения, вызванные повреждениями, засорениями или отложениями обычно хорошо видны. Но для своевременного обнаружения постепенно прогрессирующего износа необходимы специальные приборы.

Ориентация форсунок: для обеспечения равномерного покрытия орошаемой поверхности форсунки должны быть правильно ориентированы таким образом, чтобы пятна орошения располагались параллельно.



Равномерность распределения жидкости, распыляемой спрысковой балкой, можно проверить на специальном испытательном стенде.

Даже одна дефектная форсунка способна отрицательно повлиять на равномерность распределения жидкости и вызвать серьезные проблемы.

Способы измерения размера капель

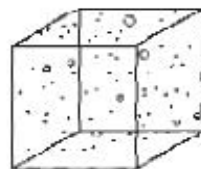
Виды измерительных методик

Сначала рассмотрим способы измерения. Обычно различают два основных принципа изме-

рения размера капель: по объему и по времени.

Объемный способ измерения применяется, когда нужно определить спектр размера капель определенного объема жидкости на определенный момент времени. (см. рис). Обычно измерения этого вида

производятся при помощи голографической техники или высокоскоростной фотографии. Таким способом определяют плотность капель разной величины и количество капель на единицу объема

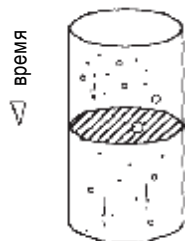


Измерительный объем

-
-
- Определенный объем измерений
- Моментальный снимок
- Чувствительность к плотности капель

Временной способ измерения применяется, если нужно определить количество, капель, проходящих за определенный промежуток времени через

определенное сечение, по их размеру и скорости (см. рис.). Временные измерения производятся с использованием оптических методов путем учета отдельных капель.



измерительное сечение

-
- Определенное время измерений
- Чувствительность к объему протекающей воды

Практические указания по оценке результатов измерения размера капель

Данные о размерах капель: данные размеров капель не только зависят от множества переменных, но и могут интерпретироваться различным образом. Далее приводятся некоторые положения для лучшего понимания этих данных и их адекватного употребления.

Воспроизводимость и точность результатов измерения: измерение размера капель считается воспроизводимым, если результаты нескольких измерений отличаются друг от друга не более, чем на +/- 6%. Это значение может быть

больше у форсунок с различным характером поверхностей (карбид кремния, керамика и т.д.). Если одно измерение среднего объемного диаметра MVD дает результат 100 мкм, а другое - 94 или 106 мкм, то эти результаты могут считаться идентичными.

Интерпретация результатов измерений: различные интерпретации результатов измерений и их представления напрямую влияют на оценку характеристик форсунок и вытекающие отсюда рекомендации. Имеется множество форм пред-

ставления размеров капель. При обработке данных измерений очень важно иметь информацию об измерительных приборах, диапазонах измерений, способе отбора проб и процентном объеме каждой группы размеров, для того, чтобы иметь возможность проводить корректное сравнение данных.

Границы диапазона измерений: распределение размеров частиц в струе распыла разных форсунок может ввести в заблуждение. Относительный коэффициент границ областей измерения (Relative Span Factor RSF)

Сводит распределение к одной – единственной величине, которая характеризует однородность распределения капель по размеру. Чем ближе эта величина к единице, тем равномернее струя (например, самое плотное распределение, минимальная разница между Dmax и Dmin). Величина RSF дает практические данные для сравнения распределений размеров капель, и ее применение является предпочтительным.

Анализ размеров капель

В настоящее время имеется множество приборов для определения размеров капель. Большинство из них основывается на оптических методах анализа. Они разделяются на 2 основных категории:

- отображающие

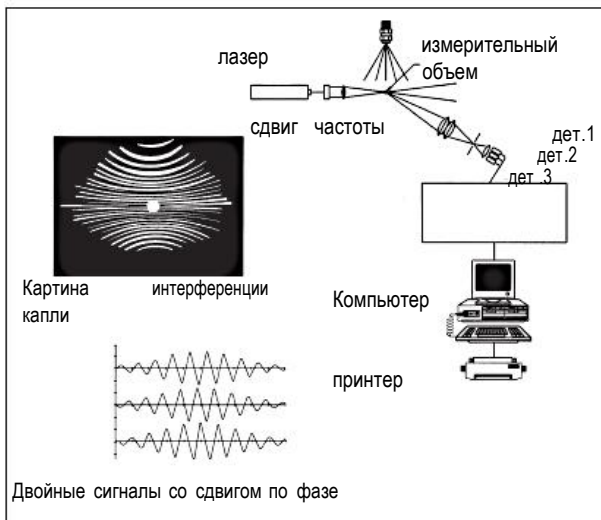
- не отображающие

Отображающие методы это голография и фотография. Не отображающие способы могут быть разделены на 2 основные группы:

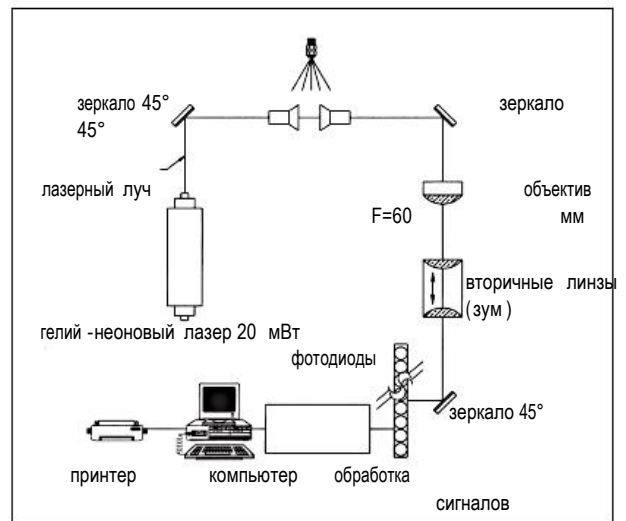
- одновременное измерение большого количества капель
- измерение и подсчет

отдельных капель. Эти методы обычно являются бесконтактными и поэтому не влияют на поведение форсунок и струи распыления во время измерений. Поскольку воспроизводимость результатов является необходимым условием для

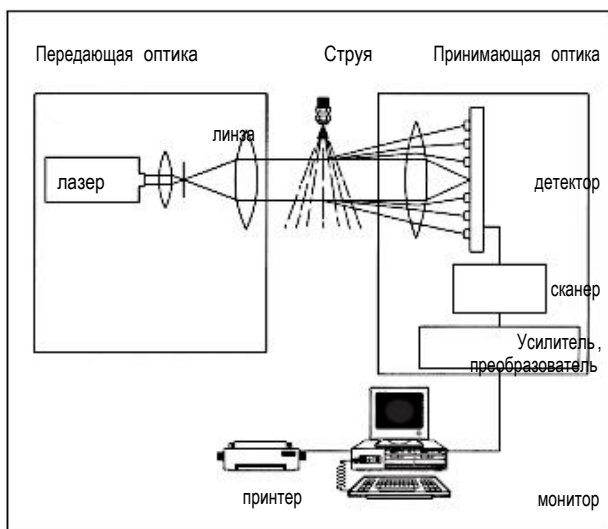
сравнения форсунок, следует применять такие измерительные приборы, которые учитывают все переменные величины, включая граничные значения приборов при том или ином способе измерения.



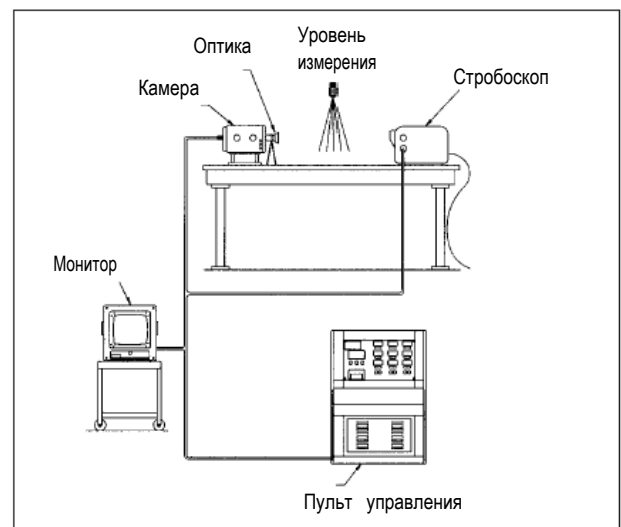
Устройство PDPA



Устройство PMS



Устройство для анализа размера частиц Malvern



Устройство для автоматического анализа изображений



Spraying Systems