

В ряде отраслей химической промышленности широкое распространение получили насадочные колонны, являющиеся обычно основным технологическим оборудованием. При этом на много тоннажных предприятиях химической промышленности (производство серной кислоты, хлора и неорганических удобрений) применяются весьма крупные колонны, диаметр которых достигает 6 — 8 м и более. Правильная организация орошения насадочных колонн и, в частности, колонн большого диаметра невозможна без учета ряда требований, предъявляемых к способу распределения жидкости и к самой конструкции оросительного устройства. В исследованиях советских ученых Н. М. Жаворонкова, И. П. Кузьминых, К. М. Малина, А. Г. Амелина, В. М. Рамма, И. И. Егорова и др., посвященных теории и практике скрубберного процесса, а также в зарубежных монографиях Файрли, Вэзера, Шервуда, Нормана, Морриса и Джексона и др. указывается на значительное, а иногда определяющее влияние работы распределяющей жидкости устройства на эффективность применения насадочных колонн. Часто основным средством повышения эффективности работы колонн и является замена оросительного устройства или изменение режима его работы [1]. На процесс конденсации, охлаждения, иных технологических процессов помимо контактных устройств, в частности насадок, особое положительное влияние, как было указано выше, оказывает устройство распыливания жидкостей. Особое место в химической, нефтехимической и др. промышленности занимают центробежные форсунки, отличающиеся простотой конструкции, надежностью эксплуатации и малым удельным расходом энергии на распыливание. В данной работе исследуется центробежная форсунка рис.1, конструкция которой представлена в литературе [1] Целью данной статьи является определения: производительности форсунки, плотности орошения и угла распыливания, поведения жидкости (воды) при распыливании в свободном пространстве при комнатной температуре. Рис. 1 - Центробежная форсунка малой производительности с вкладышем закручивания потока жидкости (геометрические размеры в мм, углы в град): $D_{ш}$ - внешний диаметр штуцера, $d_{ш}$ - внутренний диаметр штуцера, d_0 - диаметр сопла, D_c - диаметр форсунки, D_k - диаметр камеры форсунки, L_k - высота камеры форсунки, L_f - высота форсунки, $L_{общ}$ - общая высота форсунки, θ - конусность сопловой части форсунки, b - ширина канала завихрителя, α - угол наклона каналов завихрителя

В зависимости от расхода центробежные форсунки классифицируются на форсунки очень малой (от 5 до 30 кг/ч), малой (от 35 до 200 кг/ч), средней (от 200 до 1200 кг/ч) и высокой (от 1200 до 15000 кг/ч) производительности. Результаты экспериментального расхода жидкости в зависимости от давления рис. 2 показывают, что используемая в ККВТ центробежная форсунка относится к форсункам малой производительности. Рабочей жидкостью является вода температурой 21°C. Рис. 2 - результаты экспериментального расхода жидкости в зависимости от давления

Плотность орошения
Опытное определение плотности

орошений воды по поперечному сечению струи при распиливании в неподвижной комнатный воздух производилось при помощи кольцевого сборника, имеющего 15 колец (I -XV) каждое шириной 5 мм, при толщине перегородок 0,1 мм по методике описанной в [2, 3]. На рис. 3 показан характер распределения плотности орошения центробежной форсунки при различных давлениях. Рис. 3 - Характер распределения плотности орошения центробежной форсунки при различных давлениях, атм: 1- 0,5; 2 -1,0; 3 -1,5; 4 - 2,0; 5 - 2,5; 6 - 3,0; 7 - 3,5; 8 - 4,0; 9 - 4,5

Опыты, проведенные авторами, показали, что во всех случаях кривые плотности орошения имеют колоколообразный вид. А своевременное выравнивание кривых (перераспределение жидкости) происходит за счет увеличения давления. Колоколообразный вид, напоминает кривые распределения плотности вероятности. Последнее никак не может считаться случайностью, так как характер кривой плотности орошения в конечном счёте зависит от турбулентности потока, от бесчисленных траекторий полета отдельных капель струи. Определение угла распыливания Во всех методах расчета угол распыливания α определяется отношением тангенциальной и осевой составляющих скоростей, но в связи с тем, что указанные составляющие вектора скорости жидкости на срезе выходного сопла определяются различно. Расчеты угла распыливания α были предложены известными учеными такими, как Абрамович, Клячко, Л.В. Кулагин, Добль и Дальтон и др. [3] Для определения угла распыливания струи, поперек ее на расстоянии 75 мм от устья форсунки устанавливалась тонкая линейка для возможности определения угла распыливания α по формуле (1) $\alpha = 2 \arctg (b/a)$, (1) где a — расстояние от форсунки до линейки, мм; b — радиус поперечного сечения струи на расстоянии a от форсунки, мм. В таблице 1 приведены опытные значения α , на рис. 4 приведена фотография и схема распыленных струй, полученные по описанной выше методике при распыливании воды предлагаемой центробежной форсункой малой производительности. Данные приведены для разных давлений перед форсункой при распыливании в комнатный воздух.

Рвх, атм.	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	α , град
		17	31	38	57	57	57	62	68	72

Резкий скачок между углами распыливания 38° и 57° объясняется переходом от пленочной формы распада струи к беспленочной. На рис.4 показано истечение жидкости при давлении 2,5 атм. Рис. 4 - Фотография и схема истечения воды из центробежной форсунки через сопло диаметром 0,8 мм

Установление физической картины дробления жидкости в настоящей работе произведено на основе визуальных наблюдении. Наблюдались распыленные струи воды центробежной форсунки при расходе от 25 до 63 кг/ч, изменении перепада давления от 0 до 4,5 кгс/см². В результате можно установить четыре следующих форм распада закрученных жидких струй рис. 4: I Жидкость истекает из форсунки прозрачным пузырем, замыкающимся в одну точку, из которой начинается распад струи на крупные капли. Центробежные силы раскрывают

струи, которая силами поверхностного натяжения снова замыкается. II Жидкость истекает из форсунки прозрачным тюльпаном с ярко выраженной цилиндрической частью, от рваной кромки которой срываются крупные капли. Ярко выраженная цилиндрическая часть говорит о равенстве центробежных сил и сил поверхностного натяжения. III Жидкость истекает прозрачным тюльпаном конической формы, от колеблющихся кромок которого срываются капли разной величины. IV Эта форма распада отличается от формы III лишь тем, что в центре появляются капельки очень малой величины, которые медленно, небольшими облаками оседают вниз. При формах III и IV струя принимает вид конуса с прямолинейной образующей, что говорит о росте сил инерции, однако соотношение сил все еще таково, что силы поверхностного натяжения продолжают оказывать влияние на характер истечения, а следовательно, и на качество распыливания жидкости. Во всех формах распыливания ясно видны колебания жидкой пленки, интенсивность которых по мере перехода от предыдущей стадии к последующей увеличивается. Данную форсунку предполагается использовать в разработанном на кафедре МАХП КНИТУ, контактном конденсаторе вихревого типа (ККВТ) с двухзаходным тангенциально закручивающим устройством предназначенного для конденсации неочищенного пара при непосредственном соприкосновении рабочих сред [4, 5].