

УДК 711.4.574

РАСЧЕТ ДИАМЕТРА КАПЕЛЬ ПРИ СТЕКАНИИ ДОЖДЕВОГО ПОТОКА С КРЫШ И ДРУГИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

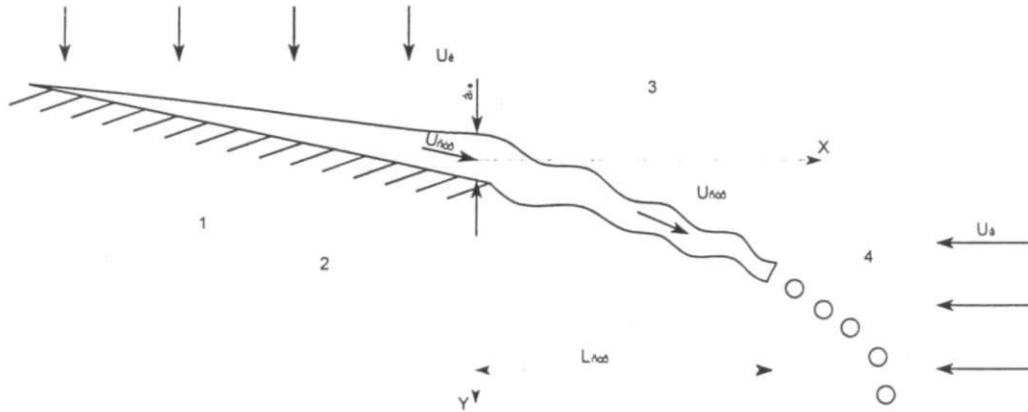
Б.Н.Корганбаев
ЮКГУ им.М.Ауезова, г.Шымкент

Многолетний опыт наблюдения показывает, что пленка воды 2 (рисунок 1), образованная под воздействием дождевого потока, падающего на горизонтальную поверхность здания со скоростью u_k , из-за образования волн, капиллярных сил и шероховатости на кромке крыши 1 распадается на струйки 3. Последние под воздействием волн на их поверхности и внешних сил (ветра) распадают на капли 4. Тонкая пленка жидкости и образованная из нее струя относятся к самой неустойчивой форме течения жидкости.

Длину волны на поверхности струи можно оценить по известной [1] зависимости:

$$\lambda_s = \frac{2\pi\sigma}{u_{стр}^2 \rho_s} \quad (1)$$

где σ - поверхностное натяжение, Н/м²; $u_{стр}$ - скорость струи, м/с; ρ_s - плотность жидкости, кг/м³.



1 – поверхность крыши; 2 – пленка воды; 3 – струя; 4 – капли.

Рисунок 1 - Схема истечения дождевого потока с крыши

Даже при отсутствии внешнего воздействия длина нераспавшейся струи при осесимметричной деформации по Левичу [2] :

$$L_{стр} = 8,46 u_{стр} \left(\frac{\rho_a r_{стр}^3}{\sigma} \right)^{1/2}, \quad (2)$$

где $r_{стр}$ – радиус струи, м.

Учитывая, что $u_{стр} = u_{нл}$ в сечении разрыва пленки и образования струи и при числе Вебера для струи $We_{стр} < 1$, можно принять $\lambda_n = L_{стр}$, из уравнений (1) и (2) получим:

$$d_{стр} = 1,62 \frac{\sigma}{u_{нл}^2 \rho_a} \quad (3)$$

Мощность струи, обтекаемой ветровым потоком, определяется при $u_{стр} = u_{нл}$:

$$N_{стр} = \zeta_{стр} L_{стр} d_{стр} \rho_a \frac{g_a^2}{2} u_{нл}, \quad (4)$$

энергия диссипации которой в массе струй равна:

$$\mathcal{E}_{стр} = \frac{N_{стр}}{V_{стр} \rho_a}, \quad (5)$$

где $V_{стр} = \frac{\pi d_{стр}^2}{4} \cdot L_{стр}$ – объем струи.

Тогда среднюю пульсационную скорость, вызывающую дробление струи на капли, определим согласно закона «двух-третей» Колмогорова-Обухова [3,4]:

$$u' = \mathcal{E}^{1/3} \cdot l^{1/3} \quad (6)$$

где l – масштаб пульсации, сравнимый с поперечным размером обтекаемой струи, т.е. $l \sim d_{стр}$.

После решения этой зависимости совместно с уравнениями (4) и (5) получим:

$$u' \cong \zeta^{1/3} \left(\frac{\rho_a}{\rho_s} \right)^{1/3} g_a^{2/3} u_{нл}^{1/3} \quad (7)$$

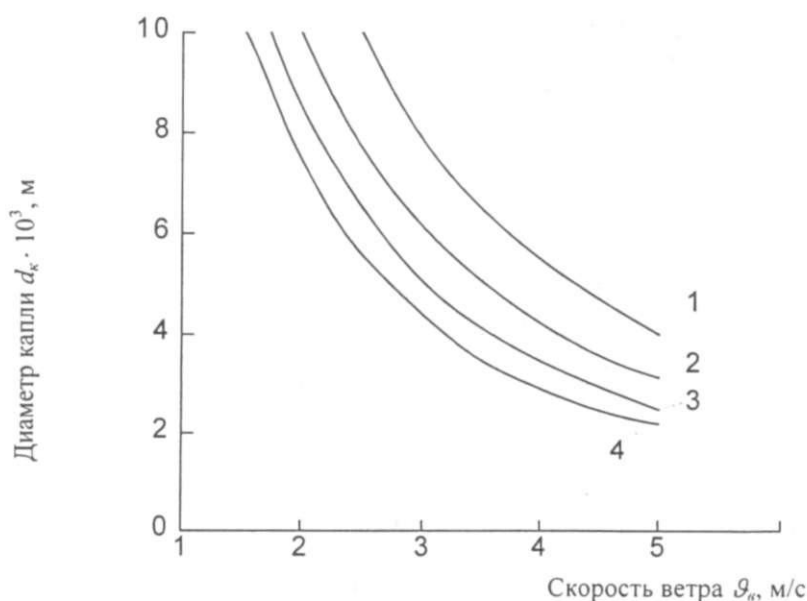
Из равновесия сил, действующих на образуемые капли диаметром d_k :

$$\rho_a \left(u' \right)^2 / 2 = 4 \sigma d_k, \quad (8)$$

с учетом зависимости (8) получим:

$$d_k = \frac{\sigma}{\zeta_{\text{ср}}^{2/3} \rho_l^{2/3} \rho_a^{1/3} g_a^{4/3} u_{n1}^{2/3}} \quad (9)$$

На рисунке 2 приведены расчетные кривые, полученные по уравнению (9) при коэффициенте пропорциональности, равном единице, что свидетельствует о достоверности полученной теоретической зависимости.



1-0,2; 2-0,3; 3-0,4; 4-0,5.

Рисунок 2 - Зависимость размера капель от скорости ветра при различных скоростях пленки воды u_{n1} , м/с

Анализ расчетных данных показывает, что при низких скоростях ветра $g_a \leq 1,5 \div 2$ м/с струя разрывается под весом собственной тяжести на крупные капли более 10 мм, которые неустойчивы и поэтому затем дробятся на более мелкие капли. Для них условие устойчивости определяется числом Вебера:

$$We = \frac{u_k d_k \rho_a}{\sigma} \leq 9 \div 10, \quad (10)$$

где u_k — относительная скорость капли в воздушной среде.

Таким образом, дана физическая картина дробления пленки жидкости, стекающей с крыш и других конструкций зданий на струйки и капли. Приведена оценка размеров капель, которая вместе с диаметром дождевых капель определяет поле дисперсности в городской среде. Эти данные могут быть полезны при расчете снижения уровня загрязнений в городской среде.

Литература

- 1 Мустафина А.И. Гидродинамика и массообмен в аппарате с регулярной подвижной пластинчатой насадкой в широком диапазоне нагрузок по жидкости: автореф. ... канд. техн. наук. — М., 1989. — 16 с.
- 2 Левич В.Г. Физико-химическая гидродинамика. — М.: Физматгиз, 1959. — 699 с.

- 3 Колмогоров А.Н. Рассеяние энергии при локально-изотропной турбулентности //Докл. АН СССР.– 1941. – Т.32, № 1. – С.19-21.
- 4 Обухов А.М. О распределении энергии в спектре турбулентного потока //Докл. АН СССР. –1941.– Т.32, № 1. – С.22-24.

Қорытынды

Ғимараттардың шатырынан және басқада конструкцияларынан аққан сұйық пленкасының сорғымалар мен тамшыларға ұсақталуының физикалық көрінісі берілді. Қала ортасындағы жауын тамшыларыменен бірге дисперсиялық өрісті анықтайтын тамшы өлшедерін бағалаулар келтірілді. Бұл мәліметтер қала ортасының ластану деңгейінің төмендеуін есептеу барысында пайдалы әсер береді.

Summary

The physocal picture of breaking of liquid gilms which are stow down from roofand another construction of building to a streams and drops are given. There are appraisal drope sites, which together with diameter of rain-drop define the steld of dispersion the city enviroment. This facts may be useful when we calculate lowering level of soiling in the city enviroment.