МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
(ГНУ ВИМ РОССЕЛЬХОЗАКАДЕМИИ)

СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЙ И МАШИН ДЛЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ АПК РОССИИ

СБОРНИК НАУЧНЫХ ДОКЛАДОВ
Международной научно-технической конференции, посвященной 145-летию со дня рождения основоположника земледельческой механики академика В.П. Горячкина

ЧАСТЬ 1

2013

6. Шпилько А.В., Драгайцев В.И., Морозов Н.М. и др. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. – М.: МСХиП РФ и ВНИЭСХ, 1998.

7. Шпилько А.В., Драгайцев В.И., Морозов Н.М. и др. Экономическая эффективность механизации сельскохозяйственного производства. – М.: ВНИЭСХ, 2001.

8. Налоговый Кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 05.08.2000 №117-ФЗ. Принят ГД ФС РФ 19.07.2000. «Собрание законодательства РФ», 07.08.2000, № 32.

9. Пронин В.М., Прокопенко В.А. Методология информационного писания технологий растениеводства / Научные труды ВИМ, том 146. – М.: ВИМ, 2003.

10. Пронин В.М., Прокопенко В.А. Технико-экономическая оценка эффективности сельскохозяйственных машин и технологий по критерию часовых эксплуатационных затрат. – М.: ООО «Столичная типография». 2008. – 170 с.

11. Постановление Правительства РФ от 01.01.2002 № 1 «О классификации основных средств производств, включаемых в амортизационные группы».

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ПРИ ОПРЫСКИВАНИИ

В.Д. Переверзов, к.т.н., В.В. Переверзов, Поволжская МИС

Технологический процесс мелкокапельного опрыскивания и аэрозольной обработки растений на всех этапах вегетации играет все большую роль в растениеводстве. При защите растений и при внекорневой подкормке одним из критериев оптимизации технологического процесса является максимально эффективное использование рабочей жидкости. Это требование диктуется минимальным воздействием гербицидов на окружающую среду [1, 2].

Большинство исследований посвящены совершенствованию процесса опрыскивания путем создания монодисперсных форсунок генерирующих капли квазиоптимального размера, таким образом исключая дрейф и испарение мелких, а также стекание крупных капель с поверхности растений. По данным исследований [3], снос и испарение мелких капель плоскоструйными распылителями может достигать 20% даже при устойчивом состоянии приземного слоя атмосферы.

Целью опрыскивания является, в идеале, равномерное смачивание рабочей жидкостью, в виде мелкокапельного аэрозоля, поверхности вегетативной части растения с минимальными потерями на испарение и прямое или косвенное попадание в почву. Весь технологический процесс опрыскивания, для простоты представления и анализа, разобьем на цепочку физических процессов: генерация капель рабочей жидкости, транспорт капель на поверхность растения, в процессе которого происходит их снос, испарение и оседание.

Генерация капель рабочей жидкости, как правило, осуществляется двумя путями: нагнетание в магистраль рабочую жидкость под давлением 0,4–0,8 МПа, увеличение скорости потока в сужающей части распылителя и с помощью завихрителей или калиброванных отверстий формирование факела распыла мелкокапельной дисперсии, ось симметрии которого направлена вертикально вниз или под небольшим углом к вертикали [2]; нагнетание в магистраль рабочую жидкость под давлением 0,05 – 0,1 МПа, подача ее на вращающийся диск, разбиение потока на мелкокапельную дисперсию, путем отбрасывания капель под действием центробежных сил и при воздействии сил гравитации формирование колоколообразного факела распыла.

Массмедианный состав капель генерируемых форсунками хорошо исследован многими авторами. Анализируя опубликованные экспериментальные данные можно сделать один общий вывод, что диаметр капель более 350 мкм является критическим для водных растворов с поверхностным натяжением менее $49 \cdot !0^{-3}$ Н/м, т.к. они плохо удерживаются на листовой поверхности большинства обрабатываемых растений [3].

Однозначного мнения по поводу системы критериев оптимизации применения грубодисперсных или тонкодисперсных, монодисперсных или полидисперсных аэрозолей в литературных источниках нет. Разрозненные экспериментальные данные по применению разных типов распылителей отечественных и зарубежных фирм не дают полной картины для выбора типа форсунок и механизма опрыскивания.

Основными критериями оценки опрыскивания являются: максимальная покрывающая способность генерируемых капель – площадь потенциального контакта; максимальное количество капель «достигших» и осевших на поверхности листа растения; максимальная фактическая площадь покрытия; минимальный расход рабочей жидкости при требуемой густоте покрытия; минимальное время транспорта «форсунка – растение».

Первые два критерия взаимно противоречивы, так как суммарная площадь покрытия каплями, генерируемыми из единицы объема рабочей жидкости, обратно пропорциональна диаметру капель, а время испарения капли прямо пропорционально квадрату ее диаметра.

Экспериментальные зависимости изменения диаметра капли воды от времени испарения при разных начальных его значениях приведенные в [3] для водных растворов гербицидов, $T = 20^0C$, $W = 50\%$ могут быть представлены виде:

$$t_ж = K \cdot d^2 = 6 \cdot 10^{-4} \cdot d^2 \text{ [c]},$$

где $t_ж$ – время полного испарения (жизни) капли воды, с; d – диаметр капли, мкм; K – коэффициент пропорциональности, с/мкм^2.

Данные расчетов приведены в табл. 1. Выбранная модель полностью согласуется с экспериментальными данными [3].

Таблица 1. Зависимость времени полного испарения от диаметра капли

Начальный диаметр капли, мкм	50	100	120	150	180	200
Время жизни, с	1,5	6	8,6	13,5	19,4	24

Оседание капель при отсутствии внешнего воздействия описывается с учетом формулы Стокса следующей зависимостью:

$$mg \equiv \rho \cdot 4/3 \cdot \pi (d^3/8)\, g = 6\pi\eta u(d/2),$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2; ρ – плотность жидкости, кг/м^3; d – диаметр капли, м; u – скорость падения капли, м/с; η – динамическая вязкость воздуха, кг/м • с.

Из приведенного найдем скорость оседания капли и время оседания с определенной высоты h [м]:

$$u = 0{,}56 \cdot \rho\, d^2\, \eta^{-1} = 0{,}3276 \cdot 10^{-4}\, d^2,$$

$$T_o = h/u = h/(0{,}3276 \cdot 10^{-4}\, d^2) \text{ [c]}.$$

В табл. 2 приведены расчеты времени оседания капель разного диаметра с высот от $h = 0{,}5$.м до $h = 0{,}1$ м под действием силы гравитации. Учитывая время жизни капель соответствующего диаметра, приведенное в табл. 1, можно сделать вывод, что капли диаметра меньше 50 мкм не достигнут цели за счет процесса испарения.

Таблица 2. Зависимость времени оседания капли от ее диаметра

Высота оседан.м	Время гравитационного оседания [с] капли диаметра [мкм]					
	15	**30**	**50**	**100**	**200**	**300**
0,5	67	17	6	1,5	0,4	0,2
0,4	54	13	5	1,2	0,3	0,14
0,3	41	10	3,7	1	0,2	0,1
0,2	27	7	2,4	0,6	0,15	0,07
0,1	13	3,4	1,2	0,3	0,1	0,03

Зависимость изменения диаметра капли в процессе испарения от времени:

$$d(t) = (d_0^2 - t \cdot K^{-1})^{1/2},$$

где d_0 – начальный диаметр капли, мкм.

Площадь контакта капли с поверхностью листа растения:

$$\pi d^2/4 = (d_0^2 - t \cdot K^{-1}) \cdot \pi/4.$$

Очевидно, надо стремиться уменьшить время транспорта капли. Для определения характеристик процесса транспорта капли рассмотрим математическое описание их движения. Уравнение движения центра масс капли:

$$m\frac{dV}{dt} = F_{CX} + F_{CY}$$

где F_{CX} – сила сопротивления воздуха движению капли по X; F_{CY} – сила сопротивления воздуха движению капли по Y; m – масса капли; V – скорость капли на вылете из форсунки.

При построении математической модели приняты следующие допущения: в процессе движения в газовой среде, испарения, дробления и слияния капель не происходит; под действием аэродинамических сил капли не деформируются и сохраняют сферическую форму.

Рассмотрим случай работы центробежной форсунки, когда капли распыляются в горизонтальной плоскости (по оси OX) с начальной скоростью V_0, а силы гравитации действуют вдоль оси OY. Уравнение траектории будет в виде:

$$\begin{cases} F_x = -k\dot{X},\ X(0) = 0,\ \dot{X}(0) = V_0; \\ F_y = mg - k\dot{Y},\ Y(0) = 0,\ Y(0) = 0. \end{cases} \rightarrow \begin{cases} X = \dfrac{mV_0}{k}(1 - e^{-kt/m}) \\ Y = mg - k\dot{Y} \end{cases}$$

Учитывая принятые выше обозначения получим:

$$\begin{cases} X = \dfrac{d^2\rho}{18\eta} V_0 \left(1 - e^{-\frac{18\eta}{d^2\rho}t}\right) \\ Y = \dfrac{d^2\rho g}{18\eta}\left[1 - \dfrac{d^2\rho}{18\eta}\left(1 - e^{-\frac{18\eta}{d^2\rho}t}\right)\right] \end{cases}$$