

ОПРЫСКИВАНИЕ ЦЕНТРОБЕЖНЫМИ РАСПЫЛИТЕЛЯМИ РОса®

(опубликована в научно-производственном журнале «Техника и технологии АПК»
№ 2 /февраль/ 2012 года на украинском языке)

Коваль В. П., д.т.н.; Мележик А. И., к.т.н., ООО «Агромодуль»

Часть 4. Потери пестицида во время опрыскивания

Норма внесения пестицида определяется концентрацией действующего вещества в клетках, необходимой для гибели или угнетения развития сорняков и вредителей (летальная доза) и увеличивается на потери во время опрыскивания вследствие неравномерного распределения пестицида в рабочей жидкости и по длине штанги, потерь из-за испарения, расплескивания и соскальзывания капель на почву.

Распределение пестицида в рабочей жидкости зависит от подготовки ее к опрыскиванию: смешивания и перемешивания пестицида с водой, а распределение рабочей жидкости по длине штанги зависит от распылителей. Европейскими нормами EN 12761-2 нормируется неравномерность распределения рабочей жидкости в баке $\pm 15 \%$, по длине штанги $\pm 9 \%$ и сноса капель во время опрыскивания: капель меньших от 115 мкм должно быть не более чем 10 % [1].

Дирсеу и Флавиу Гассен [2] оценивают в 5 % часть инсектицида, который попадает на растение при опрыскивании. Соответственно 95 % пестицида утрачивается и загрязняет окружающую среду. Потери пестицида будут уменьшаться с возрастанием доли капель, которые осажены на растения.

В перечне пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению в Украине [3], указано минимальную и максимальную норму расхода препарата на гектар. Нормы определены при условии опрыскивания щелевыми распылителями. Например, для защиты кукурузы и подсолнечника от однолетних злаковых и двудольных сорняков может использоваться гербицид Харнес с расходом от 1,5 до 3,0 л/га. Постольку рекомендации относительно выбора расхода препарата в установленных границах отсутствуют, как правило, применяется среднее или максимальное значения, что приводит к увеличению себестоимости продукции и загрязнению почвы.

При помощи разработанной математической модели факела центробежного распылителя РОса® и экспериментальных данных по скорости капель и распределению их в факеле, оценим потери из-за испарения, расплескивания и соскальзывания капель.

1. Потери из-за испарения капель.

При мелкокапельном опрыскивании испарение является основной составляющей потерь пестицида. Утраченными будут капли, которые испаряются до оседания. Основными факторами испарения является ветер, влажность и температура воздуха, а также температура рабочей жидкости.

Ветер. В соответствии с физическими представлениями мелкие капли выдуваются из факела в направлении ветра. При этом возрастает время осаждения капель и потери рабочей жидкости вследствие испарения и уменьшается количество осажённых капель. Санитарными нормами [4] опрыскивание штанговыми опрыскивателями допускается при условии ветра до 3 м/с (мелкокапельное) и до 4 м/с (крупнокапельное).

Известно, что ветер тормозится неровностями поверхности с изменением скорости по высоте за логарифмическим законом

$$\frac{U_z}{u_*} = \frac{1}{\chi} \ln \frac{z}{z_0},$$

где U_z – скорость ветра на высоте z ; $u_* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}}$ – динамическая скорость;

$\chi = 0,4$ – постоянная Кармана; z_0 – высота шероховатости.

Кинематическое напряжение

$$\frac{\tau_0}{\rho} = C_z \cdot U_z^2,$$

где C_z – коэффициент сопротивления.

Согласно с экспериментальными данными [5] при скорости ветра U_{10} , измеряемой на высоте 10 м – $C_z = (1,3 \pm 0,3) \cdot 10^{-3}$.

С вышеуказанного получаем распределение скорости ветра над шероховатой поверхностью

$$\frac{U_z}{U_{10}} = 0,09 \ln \frac{z}{z_0},$$

которое будем использовать в расчетах движения капель.

Согласно ГОСТ 20915 скорость ветра измеряется на высоте 1,5 м. Например, при скорости ветра $U_{1,5} = 3,0$ м/с и $z_0 = 0,03$ м скорость ветра на высоте $z = 10$ м составит $U_{10} = 8,5$ м/с, а на высоте $z = 0,6$ м, где находится распылитель $U_{0,6} = 2,3$ м/с. То есть при ветре $U_{1,5} = 3,0$ м/с, на факел действует ветер, который имеет скорость, которая уменьшается от $U_{0,6} = 2,3$ м/с на высоте $z = 0,6$ м до нуля на поверхности опрыскивания.

На рис. 1 приведены температуры и потери массы капель из-за испарения для распылителя РОса® с расходом 1,0 л/мин при скорости опрыскивателя 12 км/час и ветре 9 м/с, температуре воздуха и рабочей жидкости 20 °С и относительной влажности 50 %. Капли до 52 мкм испаряются полностью. Объем таких капель – 2,73 %.

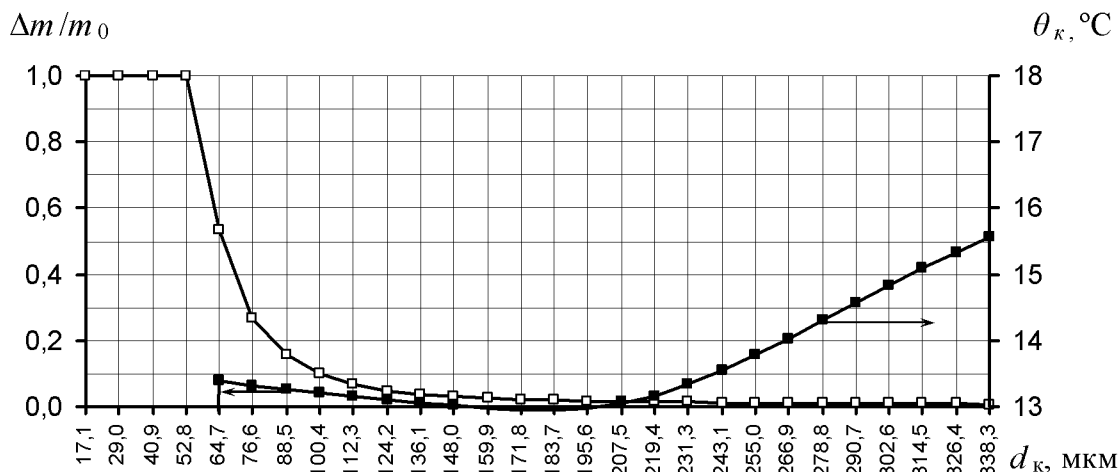


Рис. 1. Потеря массы и температура капель.

Вследствие испарения капли охлаждаются и достигают температуры θ_k . Охлаждение капли возрастает с уменьшением ее диаметра. Для распылителя РОса[®] с расходом 0,6 л/мин объем капель, которые испаряются будет составлять 0,9; 4,5 и 7,9 % при температуре воды и воздуха 20 °С и ветре 3; 7 и 9 м/с, соответственно.

Влажность и температура воздуха. Атмосферный воздух это смесь сухого воздуха и водяного пара. Соотношение парциального давления пара к давлению насыщенного пара при температуре воздуха называют относительной влажностью ϕ в %. Известна зависимость парциального давления водяного пара от температуры воды. До достижения насыщения, пар считается идеальным газом, а плотность пара $\rho_{\text{п}} = P_{\text{п}}/R_{\text{п}}T$, определяют через относительную влажность $\rho_{\text{ВП}} = \rho_{\text{п}}\phi/100$. Испарение капель при осаживании зависит от разности плотности водяного пара возле поверхности капли и в атмосфере. Если плотность пара в атмосфере превышает плотность возле капли, испарение приостанавливается.

Результаты расчетов объема капель, которые испаряются при температуре воздуха 20 и 30 °С, в зависимости от изменения относительной влажности при скорости ветра 7 м/с показано на рис. 2 а, от смены скорости ветра при относительной влажности 30 % – на рис. 2 б.

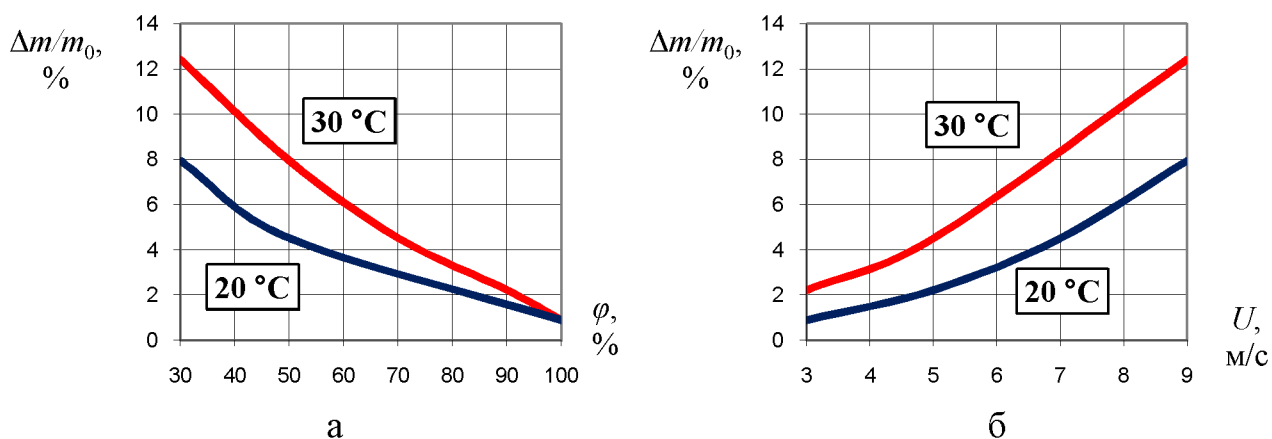


Рис. 2. Объем капель, которые испаряются, в зависимости от: а – влажности воздуха, б – скорости ветра.

2. Потери из-за расплескивания и соскальзывания капель.

Капли рабочей жидкости, которые содержат пестицид и осажены на объект опрыскивания, считаются эффективными. Наличие и распределение пестицида в капле зависит от подготовки рабочей жидкости до опрыскивания, а осаживание – от скорости капли при столкновении с поверхностью.

Расплескивание капель. Капля, кинетическая энергия которой больше поверхностной, будет расплескиваться при столкновении с поверхностью.

Центробежный распылитель РОса® с расходом 0,6 л/мин осаживает на листья капли меньше 200 мкм, критичная скорость – 2,1 м/с.

Щелевой инжекторный распылитель с расходом 0,6 л/мин осаживает на листья капли до 97 мкм. Для его капель критичной есть скорость 2,95 м/с.

Согласно известной интегральной характеристике распределения диаметров капель по объему определяем объем осаженных капель распылителем РОса® – 82,0 % и щелевым инжекторным распылителем – 8,3 %.

Измерения [7] показали, что большая скорость капель свойственна и другим щелевым распылителям, например, LU 120-03, XR11003, IDK120-03, АП11003VS.

Максимальная скорость капель щелевых распылителей при давлении 0,3 МПа до 15 м/с превышает граничную скорость капель дождя ≈ 9 м/с. Капли с такой скоростью могут повреждать листья полевых культур.

Опрыскивание щелевыми распылителями предусматривает смачивание листьев, что достигается расходом рабочей жидкости 200 – 300 л/га. Нормы расхода препаратов завышены, вследствие того, что 91,7 % капель не осаживаются на листья, а попадают на почву. Мировая индустрия химической защиты растений с опрыскиванием щелевыми распылителями работает с осажением капель на листья ≈ 8 % объема распыленной жидкости и тотальным загрязнением почвы пестицидами.

Соскальзывание капель. Капля соскальзывает с поверхности при столкновении, если составляющая кинетической энергии в направлении движения капли

$$E_K = \frac{m(V_0 \cos \alpha)^2}{2},$$

больше чем работа адгезии

$$W_a = \sigma(1 + \cos \theta)\pi r_0^2,$$

где $m = \frac{1}{6}\pi d^3 \rho$ – масса капли, V_0 – скорость столкновения, α – угол столкновения с поверхностью, d – диаметр капли, ρ – плотность рабочей жидкости, σ – поверхностное натяжение, θ – равновесный краевой угол, $r_0 = df(\theta) \sin \theta$ – радиус пятна под осаженой каплей; $f(\theta)$ – функция смачивания.

С равенства $E_K = W_a$ получим критическое число Вебера для соскальзывания капли

$$We^{**} = We * \frac{F(\theta)}{\cos^2 \alpha'}$$

де $We = \frac{\rho d V_0^2}{\sigma}$ – число Вебера; $We * = 12$ – критичне число Вебера для расплескивания капли; $F(\theta) = (1 + \cos \theta) f^2(\theta) \sin^2 \theta$ – функция соскальзывания капли (рис. 4).

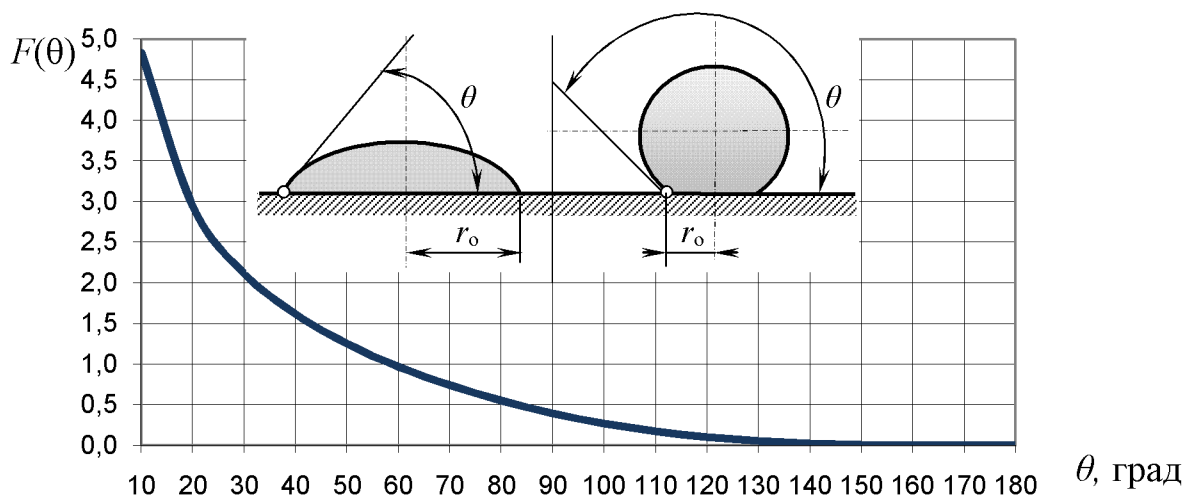


Рис. 4. Функция соскальзывания капли.

При столкновении с твердой поверхностью капля, для которой $We > We *$, расплескивается с созданием водяного тумана, а при условии $We > We *$, – соскальзывает с поверхности.

Поскольку $\cos \alpha \leq 1$, то при $F(\theta) \geq 1$ ($\theta < 60^\circ$) критичное для соскальзывания число $We^{**} > We *$. В распылителя РОса® капли до 200 мкм при краевых углах смачивания $\theta < 60^\circ$ остаются на листьях при любых углах столкновения. Для полевых культур, что плохо смачиваются, например, ячмень яровой или пшеница яровая с $\theta \approx 166^\circ$ $F(\theta) = 0,015$ и при $\alpha < 15^\circ$ критичное для соскальзывания капель число $We^{**} = 0,18$. Для капель 20 мкм со скоростью 2,9 м/с получим число $We = 2,4$. Таким образом все капли будут соскальзывать с листьев и нет преград опрыскиванию сорняков через полевые культуры, которые плохо смачиваются.

Выводы:

1. При опрыскивании щелевыми инжекторным распылителями на растения осаживаются капли, которые содержат $\approx 8\%$ объема распыленной жидкости, остальные капли расплескиваются и загрязняют почву.
2. Центробежный распылитель РОса® обеспечивает увеличение объема капель осаженных на растения до 82 %, что в 10 раз больше чем в щелевого инжекторного распылителя. Таков резерв уменьшения нормы расхода пестицидов на опрыскивание.
3. Потери пестицида при опрыскивании определяется в зависимости от внешних условий опрыскивания. Расход пестицида необходимо

увеличивать на величину потерь, которая в условиях ветра до 9 м/с и относительной влажности 30 % не превышает 12 %.

4. Достигнутые показатели эффективности, долговечности и надежности распылителей РОса[®] дают основание утверждать, что эпоха щелевых распылителей заканчивается, а будущее химической защиты растений за центробежными распылителями.

Литература:

1. Обприскувачі-опилювачі для внесення засобів захисту рослин і рідинних добрив. Захист довкілля. Частина 2. Обприскувачі польових культур (EN 12761-2:2004, IDT) : ДСТУ EN 12761-2:2004 – [Чинний з 2006-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 12 с.
2. Гассен Д. Наука пестицидного внесення / Д. Гассен, Ф. Гассен // Зерно. – 2007. – № 10. – С. 55 – 61.
3. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні / [В. У. Ящук, Д. В. Іванов, О. Л. Капліна, М. І. Ткачук, А. П. Корецький]; – К. : Юнівест Медіа, 2010. – 544 с.
4. Транспортування, зберігання та застосування пестицидів у народному господарстві : ДСП 8.8.1.2.001-98 – К. : 1998. – 70 с.
5. Краус Е. Б. Взаимодействие атмосферы и океана / Е. Б. Краус [пер. с англ. под ред. А. С. Дубова и Э. К. Бютнер.] Л. : Гидрометеиздат, 1976. – 295 с.
6. Paul C. H. Miller Measurements of the droplet velocities in sprays produced by different designs of agricultural spray nozzle / Miller Paul C. H., Tuck Clive R., Murphy Seamus, Ferreira Marcelo da Costa – Como Lake, Italy, 2008. – 8 с.