

**КЛАССИФИКАЦИЯ ПОТЕРЬ ПЕСТИЦИДОВ И ИХ ОЦЕНКА**А.В. КЛОЧКОВ<sup>1</sup>, А.Е. МАРКЕВИЧ<sup>1</sup>, И.С. КРУК<sup>2</sup>, П.М. НОВИЦКИЙ<sup>1</sup><sup>1</sup> Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки, Республика Беларусь<sup>2</sup> Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Статья посвящена классификации потерь пестицидов при протравливании семян и опрыскивании сельскохозяйственных культур. Обоснованы возможности снижения потерь при использовании новых распылителей. Обоснованы количественная и стоимостная оценки потерь пестицидов.

Article is devoted to classification of pesticide losses at seed treatment and spraying of agricultural crops. Opportunities of decrease in losses due to application of perspective sprayers are analysed. The quantitative and cost estimation of pesticide losses is made.

**Введение**

Современные технологии растениеводства невозможно представить без интегрированной системы защиты растений от вредителей, болезней и сорняков, в которой значительная роль отводится химическому методу. Эффективность использования пестицидов во многом определяется способностью технических средств поддерживать заданные концентрацию раствора и дозы внесения препаратов, равномерно распределять их по обрабатываемому объекту.

Процесс внесения пестицидов неизбежно сопровождается потерями, в результате чего увеличивается нагрузка на экологию окружающей среды. Поэтому современный уровень развития средств механизации химического метода характеризуется непрерывно возрастающими требованиями, предъявляемыми к конструкциям полевых опрыскивателей и протравливателей семян, которые должны обеспечивать высокое качество выполнения технологического процесса при большой производительности.

**Основная часть**

Основными операциями применения химического метода защиты растений являются протравливание семян и опрыскивание посевов. Потери пестицидов можно разделить на зависящие и независящие от устройства и параметров работы машин. К независящим относятся потери при хранении на складах, перефасовке и транспортировке пестицидов. Классификация потерь пестицидов, связанных с несовершенством и неправильной эксплуатацией машин для защиты растений, приведена на рис. 1. Каждый вид потерь пестицида имеет ряд причин и вполне реальную количественную оценку. Современный уровень развития техники позволяет значительно снизить эти потери и уменьшить нормы внесения пестицидов. Потери препаратов при опрыскивании начинаются с неравномерного распределения рабочей жидкости вдоль штанги опрыскивателя, причины которой можно классифицировать следующим образом.



Рис.1. Потери пестицидов при использовании протравливателей и штанговых опрыскивателей

• *Неравномерная производительность распылителей.*

Агротехнические требования допускают отклонение до 5 % от средней производительности по распылителям, установленным на штанге. Однако современные технологии производства распылителей и новейшие конструкционные материалы позволяют снизить реальное отклонение до 1 %. Во время эксплуатации происходит износ кромок сопла распылителя и площадь проходного сечения увеличивается. Это приводит к изменению производительности распылителей, установленных на штанге, и к необходимости проведения их калибровки.

• *Неидентичность эюр распределения жидкости отдельных распылителей.*

Причиной этого могут служить отклонения параметров технологического процесса при изготовлении распылителей, износ сопла, неверная пространственная ориентация распылителя (плоскость факела должна составлять угол  $7...10^\circ$  с осью штанги).

• *Несоответствие технологического режима работы распылителей и высоты расположения штанги относительно обрабатываемой поверхности.*

К параметрам технологического режима относятся шаг расстановки распылителей и давление жидкости в напорной магистрали опрыскивателя. Целью является решение интерполяционной и, по возможности, экстремальной задачи минимизации неравномерности распределения жидкости вдоль штанги опрыскивателя, если в качестве выходного параметра принять коэффициент вариации  $v$ . Наиболее эффективно задача решается методами планирования эксперимента. Для каждого типа распылителей необходимо получить математические модели, показывающие зависимость  $v$  (%) от давления жидкости ( $P = 0,25...0,55$  МПа) и высоты установки штанги ( $H = 0,5...0,96$  м). Обработка моделей методом сечений поверхности отклика позволяет в дальнейшем определить оптимальное сочетание входных факторов [2, 3]. Результаты исследований различных типов распылителей, полученные нами, показывают, что неравномерность можно снизить до 1,0...3,5 % (табл. 1). Причем имеется возможность эксплуатировать некоторые типы распылителей с шагом расстановки на штанге 1,0 и даже 1,5 м в том диапазоне факторного пространства, где коэффициент вариации не превышает 15 % в соответствии с агротехническими требованиями.

Это позволяет снизить количество рабочей жидкости, вносимой на единицу площади посевов, что, в свою очередь, значительно увеличивает производительность опрыскивателя за счет снижения технологических простоев.

Анализ причин неравномерности распределения жидкости вдоль штанги опрыскивателя показывает, что коэффициент вариации может достигать 20...25 % даже при правильно подобранных, не изношенных распылителях и технически исправных

базовых узлах опрыскивателя. В реальных эксплуатационных условиях это значение выше в 2,0...2,5 раза.

Таблица 1. Диапазон изменения коэффициента вариации распределения жидкости вдоль штанги опрыскивателя

Марка распылителя	Диапазон изменения $v$ (%) при шаге $L$ расстановки распылителей на штанге		
	$L = 0,5$ м	$L = 1,0$ м	$L = 1,5$ м
TwinJet TJ80.04 (Teejet)	2,5–6,0	-	-
DG 110.05 VS (Teejet)	1,55–3,62	-	-
AI 110.02 VS (Teejet)	2,97–12,31	-	-
DB 120.04 (Lumark)	2,65–6,22	-	-
INJET 02 (Hardi)	2,66–9,38	-	-
ID 120.02 (Lechler)	3,42–4,87	-	-
110.04 (Teejet)	1,0–5,5	6,6–18,1	-
TQ150.04 (Teejet)	3,0–13,5	8,0–16,8	18,2–33,8
Turbo TT 110.04 (Teejet)	2,9–5,0	5,8–15,6	9,6–46,9

Вторым фактором, влияющим на потери пестицидов, является неравномерность распределения рабочей жидкости в направлении движения опрыскивателя, которую также характеризуют коэффициентом вариации  $v$ . Его значение достигает 25 %. Эти потери связаны с невозможностью поддержания постоянной скорости движения опрыскивателя по полю из-за особенностей рельефа, плохого качества обработки почвы, неопытности или низкой квалификации оператора. Для снижения влияния этих факторов современные опрыскиватели оборудуются компьютерными системами (рис. 2), обеспечивающими автоматическое поддержание необходимой нормы внесения рабочей жидкости на гектар.

Компьютер получает входную информацию с импульсного датчика  $S$ , обеспечивающего подсчет частоты вращения колеса опрыскивателя, а также с расходомера  $F$ , фиксирующего количество жидкости, подающейся в единицу времени к распылителям. Обработав входную информацию, компьютер проводит автоматическую коррекцию давления рабочей жидкости в системе нагнетания опрыскивателя для обеспечения заданной нормы внесения. Подобные компьютерные системы имеют ряд дополнительных преимуществ, обеспечивая удаленное управление процессом опрыскивания из кабины оператора, упрощая настройку опрыскивателя и обладая множеством информационных функций.

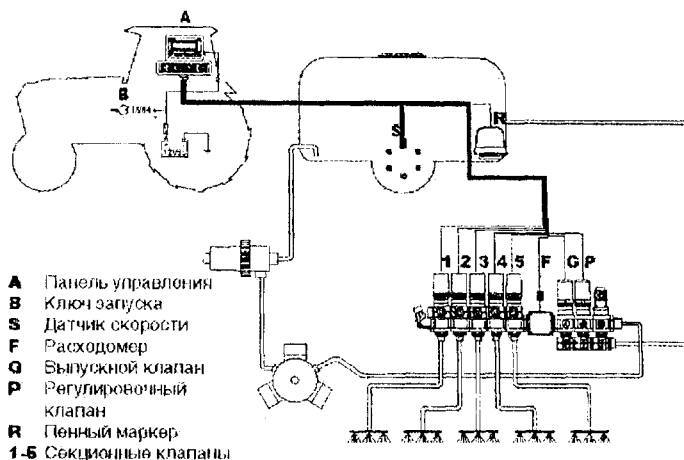


Рис. 2. Принципиальная схема опрыскивателя с компьютерной системой стабилизации нормы внесения рабочей жидкости

Коэффициент вариации является статистической характеристикой, определяющей потери в неявной форме. Если принять, что колебания количества отложившегося препарата на единице обработанной площади подчиняются нормальному закону распределения (рис. 3), то в качестве заданной нормы внесения можно рассматривать величину  $Q_{cp}$ . При этом половина точек отбора проб будет содержать большее количество отложений и, по сути, будет характеризовать потери в явной форме. Норму внесения рабочей жидкости на гектар обычно задают с учетом возможных потерь, и она значительно выше биологически необходимой дозы  $Q_0$ . Вероятность попадания в зону, расположенную левее линии  $Q_0$ , должна быть крайне низкой (не более 1%), т.к. эффективность применения пестицида будет равна нулю.

Для нормально распределенной случайной величины существует зависимость [1]:

$$\sum_{i=1}^n |Q_i - Q_{cp}| / n \approx 0,8\sigma, \quad (1)$$

где  $Q_i$  – количество рабочей жидкости, отложившейся в  $i$ -той точке объекта обработки;  $n$  – количество точек отбора проб;  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение количества отложившейся рабочей жидкости.

Учитывая, что к потерям можно отнести только заштрихованную половину площади, ограниченной осью и кривой на рис. 3, и разделив обе части (1) на  $Q_{cp}$ , получим, что доля потерь рабочей жидкости пропорциональна  $0,4v$ .

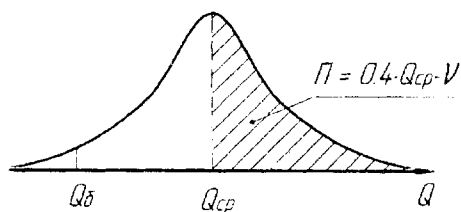


Рис. 3.

Переходя от процентных соотношений к физическим величинам, потери  $P$  можно рассчитать по формуле:

$$P \approx 0,4Q_{cp}v, \quad (2)$$

где  $v$  – коэффициент вариации, выраженный в долях единицы.

Таким образом, снижение неравномерности распределения жидкости как вдоль штанги опрыскивателя, так и в направлении его движения является важным резервом экономии пестицидов.

Многочисленными исследованиями установлены оптимальные диапазоны размеров капель для различных видов пестицидов: гербициды – 200...250 мкм, инсектициды и фунгициды – 70...150 мкм [4].

Фракции капель с диаметром менее 50 мкм подвержены испарению, сносу ветром и восходящими потоками воздуха. Время существования таких капель до полного испарения меньше времени их гравитационного осаждения, поскольку скорость их оседания в спокойном воздухе не превышает 0,15 м/с. Поэтому такие капли практически не достигают поверхности объекта обработки. Капли диаметром более 300 мкм плохо удерживаются на поверхности растений и стекают на землю. Таким образом, дробление рабочей жидкости как на очень мелкие, так и на очень крупные капли является экономически и экологически нецелесообразным. Несмотря на наличие в факелах стандартных щелевых распылителей большое количество капель размером менее 50 мкм (до 40% от общего количества) [5], содержащийся в них объем жидкости незначителен и колеблется в пределах 0,03...1,53% от общего расхода.

Значительные потери могут возникнуть с каплями размером более 300 мкм [6]. Объем жидкости в этих каплях, несмотря на небольшое их количество (до 4% от общего числа капель), колеблется для щелевых распылителей в пределах 17...55%.

Для снижения потерь из-за неоптимальных размеров капель наиболее перспективным является использование распылителей, образующих низкократные пены. При работе таких распылителей каждая капля, выходящая из сопла, содержит в себе один или несколько пузырьков воздуха, что значительно снижает ее вес и повышает адгезионные свойства. Количество мелких капель в факелах таких распылителей очень незначительно.

Наличие огрехов и перекрытий соседних проходов опрыскивателя связано с отсутствием визуальных ориентиров для оператора на поле. Эта проблема наиболее актуальна при отсутствии технологической колеи. До 10 % площади подвергается двойной обработке. Наиболее простым и дешевым решением является применение пенных маркеров, устанавливаемых на концах штанги и генерирующих пенные метки, которые откладываются на поверхности почвы и в течение достаточно длительного времени (до 30 мин) служат ориентирами вождения.

Перспективным направлением является применение систем глобального позиционирования (GPS), позволяющих оператору отслеживать и корректировать отклонение опрыскивателя от заданного направления движения, информация о котором передается со спутника на специальный ресивер, а затем на дисплей, расположенный в кабине трактора.

Количественная оценка потерь пестицидов (табл. 2) была рассмотрена в разрезе их примене-

ния на различных культурах в хозяйствах Горецкого района Могилевской области в 2005 г.

Анализ таблицы 2 показывает, что экономия финансовых средств за счет снижения потерь пестицидов в среднем может составить: по гербицидам – 4,55 долл. США/га на зерновых, 22,56 долл. США/га на кукурузе и рапсе, 5,21 долл. США/га на льне, по инсектицидам – 2,23 долл. США/га и по фунгицидам – 12,68 долл. США/га.

Наибольшие потери пестицида (до 20 %) при протравливании семян связаны с наличием пыли в камере протравливания. Частицы пыли связывают мелкие капли до их попадания на семена, ухудшают адгезию и приводят к наибольшим потерям в случае использования технологии предварительного протравливания семян в буртах с последующей погрузкой в транспортные средства. Для снижения потерь необходима качественная подготовка семенного материала. Использование систем аспирации на протравливателях является малоэффективным.

Потери, связанные с неравномерным отложением препарата на семена, оцениваются коэффициентом вариации и в настоящее время изучены недостаточно. Однако конечная цель процесса протравливания заключается в нанесении на каждую семянку одинакового количества пестицида с максимально равномерным его распределением по поверхности. Для ее достижения необходимо разработать новые технические средства и методы контроля технологического процесса.

Таблица 2. Резервы снижения потерь пестицидов при использовании современных технических средств

Вид пестицида	Стоимость обработки долл. США/га	Возможное снижение потерь, % (долл. США)				
		неравномерность по ширине штанги	неравномерность в направлении движения	снос и испарение мелких капель	потери крупных капель	неточность вождения агрегата
		до 10%	до 10 %	до 1,5 %	до 15%	до 10%
Гербициды:						
зерновые	9,8	0,98	0,98	0,147	1,47	0,98
кукуруза, рапс	48,5	4,85	4,85	0,728	7,28	4,85
лен	11,2	1,12	1,12	0,168	1,68	1,12
Инсектициды	4,8	0,48	0,48	0,072	0,72	0,48
Фунгициды	27,9	2,79	2,79	0,419	4,19	2,79

### Заключение

Потери пестицидов при применении химического метода защиты растений, связанные с несовершенством технических средств его реализации, в настоящее время составляют до 50 % при опрыскива-

нии и до 25 % при протравливании. Применение более совершенных технических средств позволит их снизить до 5...10 %, что в финансовом исчислении составит более 20 долл. США/га по зерновым культурам и льну, до 38 долл. США/га по кукурузе и рапсу.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чеботарев А.С. Способ наименьших квадратов с основами теории вероятностей. – М.: Изд-во геодез. лит., 1958.
2. Ключков А.В., Маркевич А.Е. Сравнительная оценка современных типов распылителей // Current problems of agricultural engineering in an aspect of integration of Poland with European Union. Lublin, 2000.
3. Ключков А.В., Маркевич А.Е. Сравнительная оценка качества работы различных типов распылителей // Savremena poljoprivreda. Vol. 46, Vanredni Broj, 1998. – P. 35–38, Novisad (Югославия).
4. Лысов А.К. Механизация на распутье // Защита растений, 1992. – № 10. – С. 10.
5. Ключков А.В., Маркевич А.Е. Дисперсность дробления жидкости различными типами распылителей // Эксплуатация, ремонт и восстановление с.-х. техники: Докл. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию факультета механизации сел. хозяйства. Горки, 1997. – С. 70.
6. Шершабов И.В. Расчеты физических потерь препаратов // Защита растений, 1991. – № 3. – С. 42.