



УДК 632.934.1

**ПРИНУДИТЕЛЬНОЕ ОСАЖДЕНИЕ
РАСПЫЛЕННОЙ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ПРЕПАРАТОВ
ПРИ ЗАЩИТЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ**

Н.Н. НАЗАРОВ, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник,
Н.С. ЯКОВЛЕВ, доктор технических наук, главный научный сотрудник

*Сибирский научно-исследовательский институт механизации
и электрификации сельского хозяйства СФНЦА РАН*

630501, Россия, Новосибирская область, пос. Краснообск

e-mail: yakovlev-46@inbox.ru

Произведена оценка качества распределения рабочей жидкости штанговыми опрыскивателями при защите сельскохозяйственных растений от сорняков, вредителей и болезней. Установлено, что основными причинами, обуславливающими потери распыленных препаратов, связаны преимущественно с мелкокапельной фракцией используемого препарата. Учитывая, что стационарная скорость осаждения капель диаметром менее 100 мкм не превышает нескольких сантиметров в секунду, времени прохождения от распылителя до подстилающей поверхности достаточно для их испарения. Представлены результаты исследований качества распределения распыленной рабочей жидкости препаратов при ее принудительном осаждении. Выявлены основные зависимости распределения полей скоростей воздушного потока по глубине факела и скоростные режимы воздушного потока на различных расстояниях от сопел. Установлено, что при частоте вращения ротора вентилятора 2450 об./мин (при частоте вращения коленчатого вала двигателя 1700 об./мин) обеспечивается высокая скорость воздушного потока – 24 м/с. При минимальной частоте вращения ротора вентилятора (1700 об./мин) наблюдается снижение скорости до 20 м/с, что позволяет маневрировать частотой вращения коленчатого вала двигателя в исследуемых пределах при сохранении скорости воздушного потока. Высокое качество распределения распыленной рабочей жидкости достигается при шаге расстановки распылителей и воздушных сопел 0,75 м. Требуемая равномерность распределения распыленного препарата по ширине захвата обеспечивается при коэффициенте перекрытия факелов распыла от 0,5 до 1,0. Рекомендуется при работе поддерживать высоту установки штанги над подстилающей поверхностью в пределах 0,65–0,75 м.

Ключевые слова: защита растений, воздушный поток, распылители, шаг расстановки, коэффициент перекрытия факелов.

Основным недостатком штанговых опрыскивателей при защите сельскохозяйственных растений от сорняков, вредителей и болезней является значительная потеря распыленной жидкости – до 20–30 % и более [1, 2]. Причины потерь распыленных препаратов от испарения, сноса ветром и рассеяния в атмосфере связаны в основном с мелкокапельной фракцией. Стационарная скорость осаждения капель диаметром менее

100 мкм не превышает нескольких сантиметров в секунду, поэтому времени прохождения от распылителя до подстилающей поверхности достаточно для их испарения. Однако именно мелкокапельная фракция наиболее активна в борьбе с вредными организмами. В значительной степени происходит повышенная неравномерность распределения распыленной жидкости по ширине агрегата. Она формируется из неравномерностей, обуслов-

ленных влиянием основных возмущающих факторов: природных, конструктивных и эксплуатационных, что приводит к существенному снижению эффективности защитных мероприятий. Учитывая это, необходимо сократить время прохождения распыленного препарата от распылителя до подстилающей поверхности и свести к минимуму влияние внешних возмущающих факторов.

Цель исследования – оценить качество распределения диспергированной рабочей жидкости при ее принудительном осаждении на подстилающую поверхность.

В задачу исследования входило определить основные зависимости процесса диспергирования и осаждения препаратов рабочей жидкости на подстилающую поверхность.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

При неизменном шаге расстановки распылителей неравномерность распределения диспергированной рабочей жидкости при ее принудительном осаждении на подстилающую поверхность в общем случае зависит от величины подачи этой жидкости через распылители, скорости воздушного потока и высоты установки распылителей:

$$K = f(p, v_v, h),$$

где K – неравномерность распределения распыленной жидкости по подстилающей поверхности; p – подача препарата (рабочее давление в системе), кг/с, МПа; v_v – скорость воздушного потока; h – расстояние от улавливающей поверхности до оси распылителя. Скорость воздушного потока связана с частотой вращения коленчатого вала двигателя и частотой вращения вала отбора мощности, т.е.

$$v_v = f(n_{дв}, n_{вом}),$$

где $n_{дв}$ – частота вращения коленчатого вала двигателя, об./мин; $n_{вом}$ – частота вращения вала отбора мощности, об./мин.

С точки зрения возможностей проведения активного эксперимента при оценке качества распределения диспергированной рабочей жидкости на подстилающую поверхность, факторы $n_{дв}$ и h переведены в ряд контролируемых. Опыты проводили в стационарных условиях, устанавливая над

подстилающей поверхностью штангу с распылителями и воздушными насадками на ширине захвата 4 м. Скорость ветра составляла 4,8 м/с. Направление перемещения воздушных масс – под углом 45° к факелам распыленного препарата. При проведении экспериментальных исследований использовали вентилятор среднего давления производительностью 3000 м³/ч [3–5].

Организационно каждый опыт был проведен следующим образом (рис. 1). Рабочую жидкость насосом подавали в штангу с распылителями под требуемым давлением, регулируемым посредством регулятора давления и отображаемым манометром. Одновременно с этим в воздушные насадки вентилятором подавали сжатый воздух. По истечении определенного времени, требуемого для стабилизации процесса распыления жидкости и устойчивого ее стекания с улавливающей поверхности, производили одновременную подачу собранной жидкости в мерные стаканы. Время опыта зависело от емкости стаканов и расхода жидкости и составило 60 с. По истечении указанного времени производили отсечку поступления жидкости в стаканы. Жидкость, находящуюся в стаканах, взвешивали на весах ВЛКТ-500 с точностью до 0,1 г. Частоту вращения вала отбора мощности трактора определяли с помощью переносного тахометра ТЧ-10. При обработке результатов измерений и экспериментальных данных использовали методы математической статистики [6–8].

Поле скоростей воздушного потока v_v , формируемого воздушными насадками, измеряли в соответствии со схемой [9–11] (рис. 2). При этом факел распределения воздушного потока при высоте установки штанги с насадками 1 м условно разбили на пять участков с расстоянием между ними 0,2 м. Учитывая, что факел распыла представляет из себя конус, число точек замера на первой от насадки линии ограничили тремя. На последующих линиях замера скоростей воздушного потока их число составляло 5. Измерение скорости воздушного потока производили с помощью анемометра АТТ-1004.

По полученным значениям построены поля скоростей, создаваемых отдельными

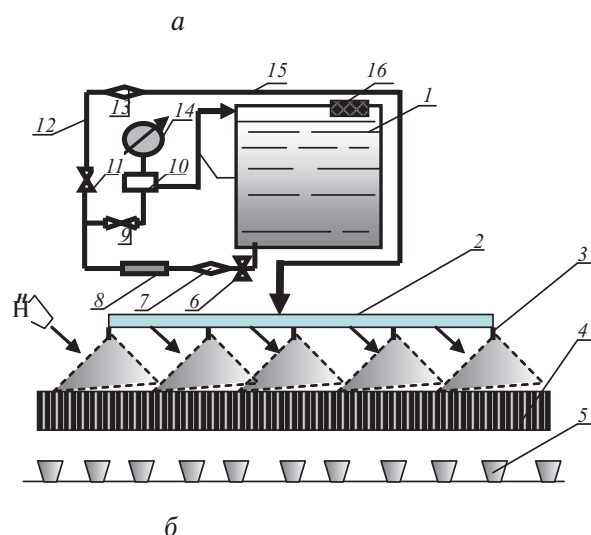


Рис. 1. Технологическая схема (а) и общий вид улавливающей поверхности (б):

1 – бак с рабочей жидкостью; 2 – штанга; 3 – распылители; 4 – улавливающая поверхность; 5 – мерные стаканы; 6, 9, 11 – запорная арматура; 7, 13, 16 – устройства фильтрующие; 8 – насос; 10 – регулятор давления; 12, 15 – гидрокommуникации; 14 – манометр; Н – воздушные насадки

воздушными соплами. При этом определяли скорости воздушного потока как по длине штанги, так и по глубине воздушного факела каждого из сопел. Принципиально характер формирования воздушных потоков по длине штанги одинаков. На рис. 3 представлены результаты формирования полей скоростей воздушного потока при $n_{дв} = 1750$ об./мин; $n_{вент} = 2450$ об./мин.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ представленного графического материала позволяет отметить следующее:

– при изменении частоты вращения ротора вентилятора от 1700 до 2450 об./мин (в

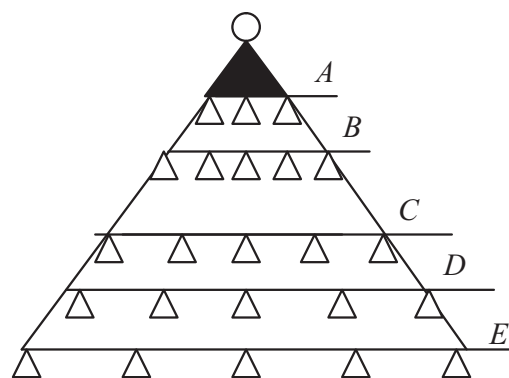


Рис. 2. Схема определения скорости воздушного потока по глубине факела: расположение линий замеров скоростей воздушного потока от сопла, мм: линия А – 100; В – 300; С – 500; D – 700; Е – 900. Δ – точки замера скоростей воздушного потока (слева направо)

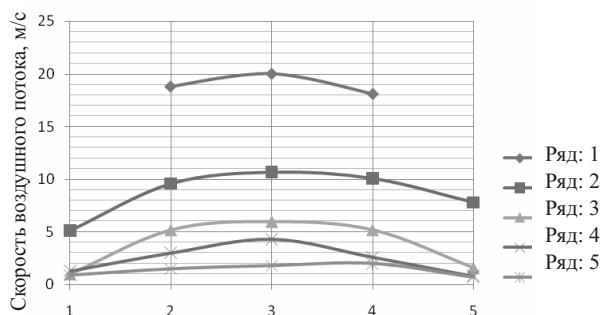


Рис. 3. Скоростные режимы воздушного потока на различных расстояниях от сопел. Точки замера скоростей воздушного потока: ряд 1 – линия А; 2 – В; 3 – С; 4 – D; 5 – Е

1,44 раза) скорость воздушного потока на выходе из сопел возросла в среднем от 16 до 25,2 м/с (в 1,57 раза);

– при прохождении воздушного потока от сопел до подстилающей поверхности скорость уменьшается до 0,2 м/с в зависимости от частоты вращения вала вентилятора;

– ширина распределения воздушного потока от отдельного сопла на различном удалении от него составляет на линии А 250 мм, В – 450, С – 650, D – 850, Е – 1000 мм.

В опытах по определению максимальной скорости воздушного потока установлено, что при частоте вращения ротора вентилятора 2450 об./мин (при частоте вращения коленчатого вала двигателя 1700 об./мин) обеспечивается высокая скорость воздушного потока – 25 м/с. В то же время

Результаты испытания одиночного гидравлического распылителя щелевого типа

P, МПа	H, м	Масса уловленной распыленной жидкости по ширине факела распыла, г																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
0,2	0,4	36	61	97	125	175	196	158	115	90	81	33	16									
	0,6	30	36	47	66	46	90	111	131	130	116	91	73	61	44	45	56	40				
	0,8	12	36	50	43	39	38	75	93	101	105	104	76	71	61	49	33	33	46	40	27	9
0,3	0,4	2	7	31	38	82	136	175	207	190	153	123	90	65	22	12						
	0,6	28	71	64	56	52	102	121	133	141	128	93	77	58	44	35	48	46	12	2		
	0,8	46	48	58	56	60	90	98	114	112	111	107	96	81	63	47	34	28	26	37	30	20
0,4	0,4	6	13	21	78	131	167	211	235	186	141	116	87	65	27	7						
	0,6	15	62	47	54	49	99	124	135	146	140	106	91	80	54	48	46	60	34	10		
	0,8	17	44	55	62	60	66	104	115	124	127	121	111	103	92	76	59	45	41	28	38	45

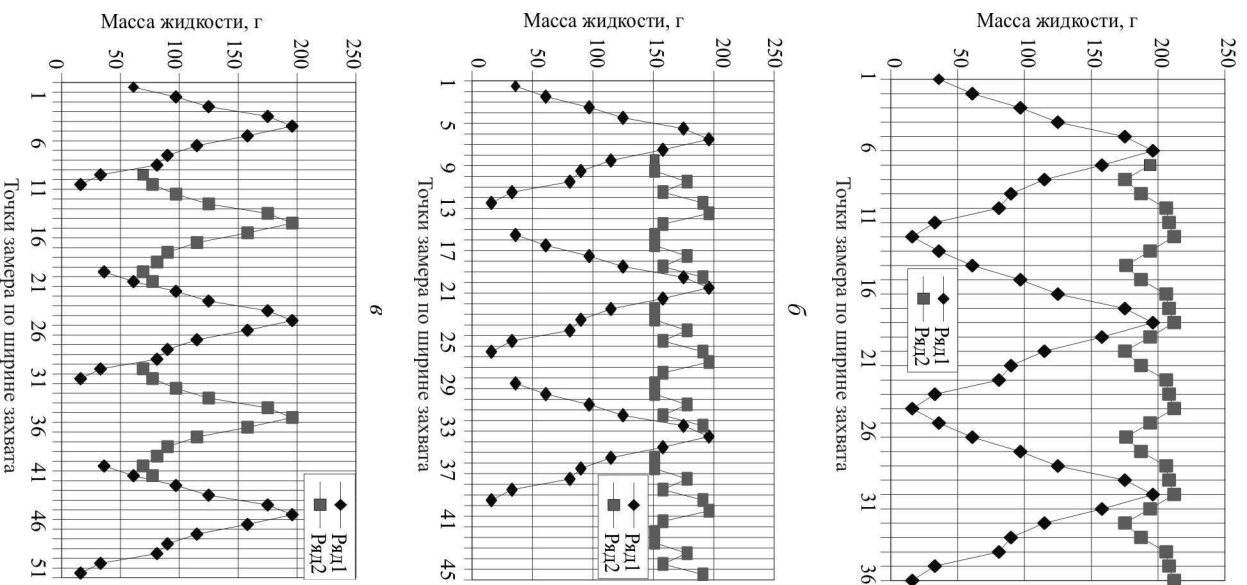


Рис. 4. Неравномерность распределения распыленной жидкости в зависимости от шага установки распылителей:

а – $P = 0,2$ МПа; $h = 0,4$ м; $Z = 0,5$ м; б – $P = 0,2$ МПа; $h = 0,4$ м; $Z = 0,75$ м; в – $P = 0,2$ МПа; $h = 0,4$ м; $Z = 1,0$ м

при минимальной частоте вращения ротора (1700 об./мин) наблюдается снижение скорости до 20 м/с. Это означает, что при работе агрегата можно маневрировать частотой вращения коленчатого вала двигателя в исследуемых пределах при сохранении высокой скорости воздушного потока.

Экспериментальные данные о характере распределения распыленной жидкости одиночным распылителем приведены в таблице.

При изменении высоты установки распылителя (Z) над улавливающей поверхностью от 0,4 до 0,8 м (в 2 раза) ширина факела распыла (ширина захвата распылителя) возрастала также практически в 2 раза. В опытах установлено, что ширина захвата распылителя увеличивалась (хотя и в меньшей степени) с увеличением давления в системе: от 1 до 3 МПа (в 3 раза) ширина возрастала на 8–10 %. В целом при разных условиях опытов ширина захвата единичного распылителя изменялась от 1,1 м (малое давление и $h = 0,4$ м) до 2,2 м (высокое давление и $h = 0,8$ м).

Затем методом графического наложения по результатам опытов определяли характер распределения распыленной жидкости по рабочей ширине захвата опрыскивателя при работе распылителей с перекрытием, изменяя шаг расстановки распылителей в пределах 0,5; 0,75; 1,0 м.

На основе полученных данных построены графики (фрагмент представлен на рис. 4) зависимости неравномерности распределения распыленной жидкости от величины коэффициента перекрытия факелов распыла. Отметим, что требуемое качество распределения (неравномерность не более 20 %) обеспечивается при изменении коэффициента перекрытия факелов от 0,5 до 1,0. При работе без перекрытия факелов распыла неравномерность распределения составляет 50 % и более.

ВЫВОДЫ

1. Высокое качество распределения распыленной рабочей жидкости достигается при шаге расстановки распылителей и воздушных сопел 0,75 м, скорости воздушного

потока на выходе из сопел 20–25 м/с при частоте вращения вала вентилятора 1700–2450 об./мин в зависимости от режимов работы.

2. Требуемая равномерность распределения распыленного препарата по ширине захвата обеспечивается при коэффициенте перекрытия факелов распыла от 0,5 до 1,0. Рекомендуется при работе поддерживать высоту установки штанги над подстилающей поверхностью в пределах 0,65–0,75 м.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Иванов Н.М., Чепурин Г.Е.** Инженерное обеспечение сельскохозяйственного производства Сибири // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2009. – № 9. – С. 78–87.
2. **Докин Б.Д.** Эффективное использование сельскохозяйственной техники при производстве зерна в Сибири // Техника и оборудование для села. – 2009. – № 8. – С. 3–6.
3. **Немцев А.Е., Коротких В.В., Красовских В.С.** Обеспечение работоспособности сельскохозяйственной техники в условиях Сибирского региона // Вестн. НГАУ. – 2012. – № 2 (23), Т. 2. – С. 108–111.
4. **Каширский А.И., Ландина М.К., Мартынова В.Л., Милаев П.П.** Выбор технологических процессов при инженерном проектировании технологий растениеводства // Совершенствование машинных технологий и технических средств для сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. – Новосибирск, 2003. – С. 34–41.
5. **Нестяк В.С.** Технология и техника для сибирского производства // Техника и оборудование для села. – 2009. – № 9. – С. 19–22.
6. **Тамразов А.М.** Планирование и анализ регрессионных экспериментов в технологических исследованиях. – Киев: Наук. думка, 1987. – 174 с.
7. **Мудров В.И., Кушко В.Л.** Методы обработки измерений. Квазиправдоподобные оценки. – М.: Радио и связь, 1983. – 304 с.
8. **Новицкий П.В., Зограф И.А.** Оценка погрешностей результатов измерений. – Л.: Энергоатомиздат, 1991. – 304 с.
9. **Назаров Н.Н.** Выбор распыливающего устройства при химической защите растений // Науч.-техн. бюл. СО Россельхозакадемии. – Новосибирск, 2002. – С. 23–27.

10. Назаров Н.Н., Яковлев Н.С. Распределение рабочей жидкости бакпрепаратов в подлаповом пространстве посевного рабочего органа // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2016. – № 4. – С. 85–91.
11. Назаров Н.Н. Дозирование жидких агрохимикатов // Сел. механизатор. – 2012. – № 1. – С. 10–14.

FORCED PRECIPITATION OF SPRAYED HYDRAULIC FLUID OF PREPARATIONS FOR PROTECTING AGRICULTURAL PLANTS

N.N. NAZAROV, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher,

N.S. YAKOVLEV, Doctor of Science in Engineering, Head Researcher

Siberian Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture, SFSCA RAS

Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia

e-mail: yakovlev-46@inbox.ru

There was evaluated the quality of hydraulic fluid distribution using boom sprayers in protecting agricultural plants from weeds, pests and diseases. It has been found that losses of sprayed preparations are due to the atomized fraction of a preparation used. As the stationary precipitation rate of droplets with diameter of less than 100 microns does not exceed a few centimeters per second, the time for droplets to pass from the sprayer to the underlying surface is sufficient for their evaporation. Results are given from studies on the quality of distribution of sprayed hydraulic fluid when it is forcedly precipitated. Basic dependences of the field distribution of air flow velocities as to the depth of spray and speed modes of the air flows at different distances from the nozzle have been established. It has been found that the rotation frequency of the fan rotor of 2450 rpm, while the rotation frequency of the crankshaft of the engine is 1700 rpm, provides the high speed of the air flow of 24 m/c. At the minimum rotation frequency of the fan rotor (1700 rpm), there is observed a reduction in the speed down to 20 m/c that makes it possible to change the rotation frequency of the crankshaft of the engine within the limits studied while maintaining the speed of the air flow. High distribution quality of sprayed hydraulic fluid is achieved, when the step of nozzles and sprays arrangement is 0.75 m. The required distribution uniformity of hydraulic fluid as to the spraying width is provided at the spray overlap ratio of 0.5 to 1.0. It is recommended to keep the mounting height of the boom above the underlying surface within the range of 0.65–0.75 m.

Keywords: plant protection, air flow, sprayers, arrangement step, ratio of spray overlap.

Поступила в редакцию 03.02.2017