

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ ДЛЯ ЛЕНТОЧНОГО ВНЕСЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР НА ГРЕБНЯХ

О.В.Гордеенко, канд. техн. наук (УО БГСХА); И.С.Крук, канд. техн. наук (УО БГАТУ)

Борьбу с сорняками в системе ухода за посевами (посадками) пропашных культур на гребнях рекомендуется проводить до появления всходов или в начальной фазе развития возделываемой культуры [1], в условиях «конкуренции» за пространство, питание, свет и т. д. В Республике Беларусь данную операцию в основном ведут комбинированным методом: механическая обработка междурядий сочетается со сплошной химической прополкой, которые осуществляются за два и более проходов агрегата по полю. Указанный метод, несмотря на широкое применение, имеет ряд существенных недостатков. Один из них – неравномерное распределение рабочего раствора на профилированной поверхности. Так как в качестве целевого объекта целесообразно рассматривать защитную зону возделываемой культуры, т. е. верхнюю поверхность гребня, то при сплошном опрыскивании в этой зоне оседает около 40% рабочего раствора, а на дне борозды и боковых сторонах гребня – 60% [2,3]. Это приводит к неоправданному расходу дорогостоящих препаратов на обработку междурядий, которые обрабатываются механическим способом. По-

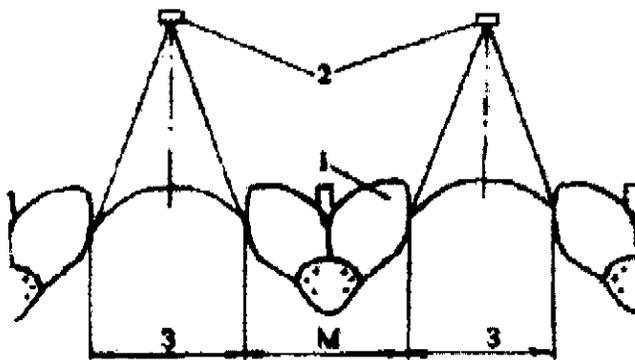


Рис. 1. Технологическая схема ленточного способа внесения гербицидов:

М - зона механической обработки, *З* - защитная зона гребня;

1 - орудие; *2* - распылитель

этому наиболее перспективным является ленточное внесение гербицидов, при котором рабочий расход препарата вносится только в защитные зоны гребней, не подверженные механическим обработкам почвообрабатывающими орудиями (рис. 1).

Для того чтобы обработка пестицидами была эффективной, крайне важно точно определить целевой объект и обеспечить его равномерное покрытие необходимым количеством экологически безопасной дозы препарата, что в свою очередь определяется типом применяемых распылителей, параметрами их установки и условиями эксплуатации. Качество выполнения технологического процесса главным образом определяется кинематическими параметрами полета капель рабочей жидкости в окружающей среде.

Применительно к ленточному внесению гербицидов при возделывании культур на гребнях или узкопрофильных грядах, задача о перемещении капли жидкости в окружающей среде может быть сформулирована в следующем виде: «С какой начальной скоростью V_0 и под каким углом φ_0 (рис.2) капля жидкости массой m ,

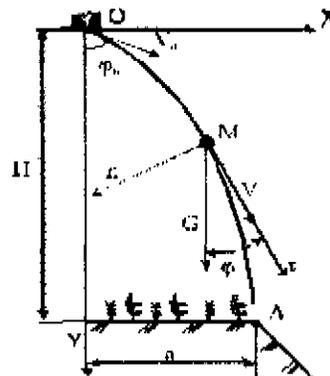


Рис.2. Расчетная схема

выброшенная из сопла распылителя, установленного на высоте H над обрабатываемой поверхностью, достигнет защитной зоны растений (верхней поверхности гребня) шириной $2a$ не далее, чем в точке A (точке перехода горизонтальной в боковую поверхность гребня). Силами сопротивления окружающей среде пренебречь».

При такой постановке задачи движение капли осуществляется только под действием силы тяжести G . Разместим распылитель (O) на высоте H над обрабатываемой поверхностью так, чтобы ось симметрии

факела распыла делила верхнюю поверхность гребня на две равные части шириной «а». Составим дифференциальные уравнения движения капли в проекциях на естественные оси.

$$m \cdot \frac{dV}{dt} = mg \cdot \cos \varphi; \quad (1)$$

$$m \cdot \frac{V^2}{\rho} = mg \cdot \sin \varphi, \quad (2)$$

где ρ — радиус кривизны траектории точки М в заданный момент времени.

Интегрирование уравнений (1) и (2) с учетом начальных условий ($t=0$; $V=V_0$; $\varphi=\varphi_0$) позволяет определить закон изменения скорости капли, выброшенной из сопла распылителя под углом φ_0 к вертикали со скоростью V_0 , при отсутствии сил сопротивления окружающей среды:

$$V \cdot \sin \varphi = V_0 \sin \varphi_0 = \text{const}. \quad (3)$$

Из равенства (3) следует, что форма и размер капли не влияют на скорость ее падения в среде, не оказывающей сопротивления движению. Движение капли жидкости относительно неподвижных осей координат ХОУ описывается дифференциальными уравнениями:

$$dx = V_0 \cdot \sin \varphi_0 \cdot dt; \quad dy = g \cdot t \cdot dt. \quad (4)$$

Интегрирование уравнений (4), с учетом начальных условий ($t=0$; $x_0=y_0=0$), позволяет определить координаты капли на траектории ее движения:

$$x = V_0 \cdot \sin \varphi_0 \cdot t; \quad y = 0,5g \cdot t^2 + V_0 \cdot t \cdot \cos \varphi_0. \quad (5)$$

Исключая из уравнений (5) параметр времени t , после очевидных преобразований получим уравнение траектории движения капли:

$$y = \frac{g \cdot x^2}{2 \cdot V_0^2} (1 + \text{ctg}^2 \varphi_0) + x \cdot \text{ctg} \varphi_0. \quad (6)$$

Из уравнения (6) следует, что капля жидкости под действием сил тяжести в пустоте будет двигаться по параболе с вертикальной осью симметрии и вершиной, совпадающей с точкой вылета капли из сопла распылителя. Геометрические параметры параболы определяются скоростью вылета и углом факела распыла.

Из уравнения (6) определим значение угла φ_0 , при котором капля жидкости, двигаясь по параболе, достигает фиксированной точки А с координатами $X=a$ и $Y=H$.

$$\text{ctg} \varphi_0 = \frac{-V_0^2 + \sqrt{V_0^4 - g(g \cdot a^2 - 2 \cdot H \cdot V_0^2)}}{g \cdot a}. \quad (7)$$

Функция (7) будет иметь действительные корни

при условии, что $2 \cdot H \cdot V_0^2 > g \cdot a^2$ или комплексные, если

$$2 \cdot H \cdot V_0^2 < g \cdot a^2. \quad (8)$$

Механический смысл комплексных корней заключается в том, что при заданной начальной скорости V_0 капля не может пройти через фиксированную точку А. Эта точка окажется за «границей области химической обработки».

Так как высота «Н» установки распылителя и ширина «а» верхней поверхности гребня являются технологическими параметрами, то из уравнения (7) с учетом неравенств (8) нетрудно установить пределы изменения скорости вылета капли из сопла распылителя, при которых она не покинет зону обрабатываемой поверхности.

$$\sqrt{\frac{g \cdot a^2}{2 \cdot H}} < V_0 \leq \sqrt{g \cdot (H + \sqrt{H^2 + a^2})}. \quad (9)$$

Зависимости (7) и (9) служат основанием к выбору распылителей для химической защиты, совмещенной с междурядной обработкой культур, возделываемых на гребнях. Расчетами установлено, что для обработки защитной зоны рядка шириной $a=0,1$ м, при высоте установки распылителя над поверхностью гребня $H=0,3$ м, необходимо использовать распылитель с углом факела распыла $2\varphi_0=44,6^\circ$, обеспечивающим скорость вылета жидкости из сопла $V_0=2,46$ м/с. Данным требованиям в большей степени отвечают узкофакельные распылители.

Для обоснованных рекомендаций по выбору типа распылителей и параметров их установки в условиях

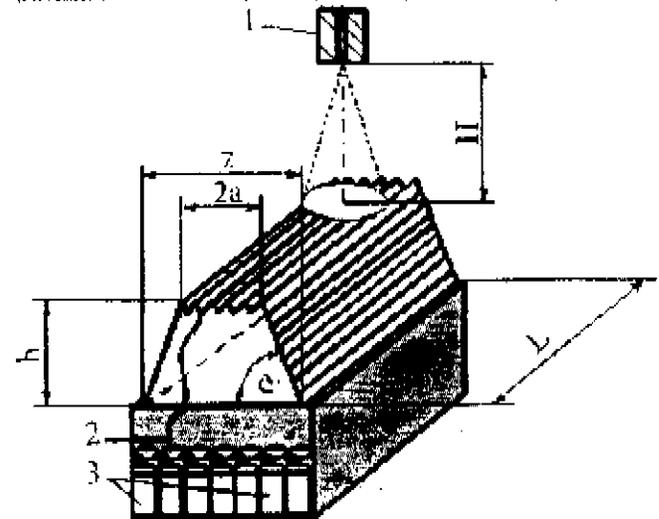


Рис. 3. Макет гребня с приемной поверхностью:
2а — ширина верхней поверхности (0,2 м); h — высота макета (0,19 м); z — ширина основания (0,4 м); l — продольный размер (1 м); α — угол наклона боковой поверхности (60°).

жидкости в пределах защитной зоны.

Для этих целей использована лабораторная установка, включающая в себя опрыскиватель и макет объекта обработки (рис.3), имеющий в поперечном сечении размеры реального гребня. На верхней и боковых поверхностях макета отфрезерованы, отполированы и покрыты водоотталкивающим составом приемные канавки глубиной и шагом в 0,01м. Всего на поверхности макета гребня имеется 64 канавки.

С помощью системы кронштейнов и шарниров распылитель 1 фиксируется на заданной высоте H над геометрическим центром макета гребня. Из распылителя капли жидкости оседают в приемных канавках макета и стекают по шлангам 2 в мерные цилиндры 3. Соответствие цилиндров и канавок обеспечивается их нумерацией. Объем мерных цилиндров подобран так, чтобы время заполнения жидкостью до контрольной отметки составляло не менее 30 секунд. Пределы минутного расхода жидкости через распылитель определялись по известной формуле:

$$q_1 = \frac{Q_1 \cdot b \cdot W}{600}, \quad (10)$$

где Q_1 - норма расхода рабочей жидкости для ленточного опрыскивания, л/га;

W - допустимые скорости движения агрегата при междурядной обработке, км/ч;

b - ширина зоны обработки, м.

Исходя из пределов расхода жидкости, определенных по формуле (10), к лабораторным исследованиям были приняты распылители: щелевые - РЩ 110-1.0 (оранжевый), РЩ 110-0.6 (желтый), 04F110 «Lurmark», TP400155E «Teejet»; вихревые - РВ 80-1.2, 30HCX3 «Lurmark»; центробежные - РЦ 96-1.2, РОК-0.9, РОК-0.6.

При исследованиях распылителей считалось, что вся жидкость, попавшая в канавки по ширине защитной зоны, является полезно использованной. Зная расход жидкости через распылитель за время τ и суммарный объем жидкости, поступивший в мерные цилиндры с защитной зоны за это же время, определяем коэффициент целевого использования рабочего раствора:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{26} Q_i}{q_1 \cdot \tau} \cdot 100\%, \quad (11)$$

где i - номер приемной канавки в защитной зоне;

$\sum Q_i$ - количество жидкости поступившее в мерные цилиндры за время τ , мл;

q_1 - расход жидкости через распылитель, мл/с;

τ - время воздействия факела жидкости на поверхность макета гребня, с.

По физической сущности коэффициент целевого использования распыленной жидкости является экономическим критерием. Этим коэффициентом определяется доля распыленной жидкости, которая попадает в защитную

зону растений. Рациональное использование пестицида обеспечивается в том случае, если коэффициент целевого использования стремится к 100%, т. е. ширина зоны обработки будет равна ширине защитной зоны растений.

В результате лабораторных исследований определено влияние параметров пространственной ориентации распылителя и технологических условий распыла на показатели качества обработки. Анализируя приведенные данные в табл.1, отметим общие закономерности распределения жидкости по ширине обработки различными типами наконечников:

- с увеличением высоты установки распылителя над обрабатываемой поверхностью гребня коэффициент целевого использования распыленной жидкости убывает;

- увеличение давления, в пределах рекомендуемых технологией ленточного опрыскивания, оказывает незначительное влияние на количественные показатели обработки.

При использовании щелевых распылителей коэффициент целевого использования можно регулировать путем изменения угла между осью факела распыла и продольной осью гребня. В распылителях с факелом распыла в виде конуса коэффициент целевого использования распыленной жидкости определяется только высотой его установки над обрабатываемой поверхностью.

Однако в реальных условиях эксплуатации имеется множество объективных (снос ветром, испарение спектра мелких капель и т.д.) и субъективных (нарушение взаимного расположения распылителей и объекта обработки при подготовке агрегата и его эксплуатации) причин, снижающих коэффициент целевого использования распыленной жидкости.

Для количественной оценки параметров сноса распыленной жидкости из зоны обработки лабораторная установка (рис. 3) была доукомплектована необходимым оборудованием (рис. 4).

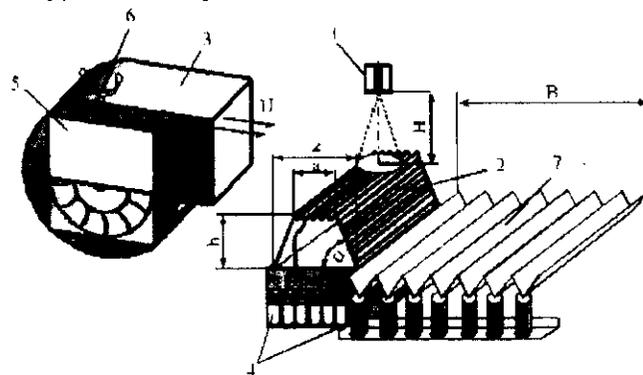
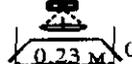


Рис.4. Схема установки для изучения влияния ветра на качество опрыскивания защитной зоны гребня. 1 - распылитель; 2 - макет гребня; 3 - вентилятор; 4 - мерные цилиндры; 5 - заслонка; 6 - регулятор; 7 - дополнительная приемная поверхность; a - ширина верхней поверхности (0,2 м); b - высота макета (0,19 м); z - ширина основания (0,4 м); α - угол наклона боковой поверхности (60°)

1. Влияние параметров пространственной ориентации распылителя и технологических условий распыла на показатели качества обработки

Марка распылителя	Условия проведения опыта			Расход жидкости через распылитель q , л/мин	Коэффициент целевого использования K , %		
	Высота установки распылителя H , м	Давление в напорной магистрали P , МПа	Угол γ между осью факела распыла и осью гребня, градусы				
Вихревой	РВ 80-1.2	0,16	0,2	-	100		
		0,16	0,3	-	100		
		0,3	0,3	-	54		
	30НСХЗ, «Lurmark»	0,12	0,2	-	100		
		0,16	0,2	-	99,7		
		0,16	0,3	-	94		
Центробежный	РЦ 96-1.2	0,3	0,3	-	79,7		
		0,12	0,2	-	100		
		0,12	0,3	-	100		
	РОК 0.9	0,2	0,3	-	60,3		
		0,15	0,2	-	96		
		0,15	0,3	-	90		
	РОК 0.6	0,3	0,2	-	40		
		0,15	0,2	-	96,5		
		0,15	0,3	-	90		
		0,3	0,2	-	48		
		Щелевой	РЩ 110-1.0	0,15	0,2	90	64
				0,3			32
0,5	19						
РЩ 110-0.6	0,15			0,2	60	76	
	0,3					37	
	0,5					23	
	04F110, «Lurmark»		0,15	0,2	90	100	
			0,3			53	
			0,5			38	
ТР40015Е, «Teetje»			0,15	0,2	90	64	
			0,3			31	
			0,5			19	
		04F110, «Lurmark»	0,15	0,2	60	75	
			0,3			36	
			0,5			23	
ТР40015Е, «Teetje»			0,15	0,2	30	99	
			0,3			63	
			0,5			39	
	ТР40015Е, «Teetje»	0,15	0,2	90	64		
		0,3			30		
		0,5			20		
ТР40015Е, «Teetje»		0,15	0,2	60	73		
		0,3			37		
		0,5			24		
	ТР40015Е, «Teetje»	0,15	0,2	30	99		
		0,3			63		
		0,5			41		
ТР40015Е, «Teetje»		0,15	0,2	90	99,6		
		0,3			97,8		
		0,4			92,5		
	0,4	92					
	0,5	74					

2. Влияние направленного воздушного потока на снос распыленной жидкости

Тип распылителя и условия эксплуатации	Скорость воздушного потока U, м/с	Количество жидкости, осевшей в пределах контролируемой зоны, %				
		защитная зона 	0-0,2 м	0,2-0,5 м	0,5-1,0 м	>1,0 м
ТР40015Е «Teejet»; P=0,3МПа; q=0,6 л/мин; H=0,4 м	0	92	8	-	-	-
	2	71,2	22,1	4,95	1,68	0,07
	3	66,6	19,6	8,4	4,2	1,2
	4	52	16,93	15,07	10,2	5,8
	5	34,1	20,2	19,2	17,2	9,3
	6	29,7	22,37	20,51	17,4	10,02
	7	22,7	26,34	21,72	18,04	11,2
30НСХЗ «Lurmark»; P=0,3МПа; q=0,199 л/мин; H=0,3 м	0	79,7	20,3	-	-	-
	2	75,1	17,84	4,88	2,08	0,1
	3	65,5	18,1	9,2	6,1	1,1
	4	49,2	20,6	17,4	9,38	3,42
	5	32,5	27,75	20,03	12,37	7,55
	6	19,3	35,2	21,4	14,4	9,7
	7	14,4	38,2	23,5	11,1	12,8
РОК 0.6; P=0,3МПа; q=0,6 л/мин; H=0,15 м	0	90	10	-	-	-
	2	68,6	29,04	1,56	0,85	0,15
	3	68,2	29,3	1,47	0,9	0,13
	4	67,5	29,45	1,57	1,23	0,25
	5	53,4	36,2	5,8	3,3	1,3
	6	48,5	38,87	6,58	4,16	1,89
	7	34,2	47,81	9,31	6,32	2,36

Направленный воздушный поток создается центробежным вентилятором 3, установленным на валу электродвигателя мощностью 3,5 кВт с номинальной частотой вращения 1450 мин⁻¹. Скорость U потока воздуха изменяется дроссельным устройством, состоящим из заслонки 5 и регулятора 6. Винтовой механизм привода позволяет просто и достаточно точно регулировать скорость воздушного потока от 0,5 до 10 м/сек., которая измеряется анемометром в зоне установки распылителя. Дополнительная приемная поверхность 7 установлена на одном уровне с приемной поверхностью макета гребня 2. Дополнительная поверхность набрана из желобков длиной 1,2 метра. Желобки в поперечном сечении представляют собой равносторонние треугольники со стороной 50 мм. Ширину B приемной поверхности можно изменять путем установки дополнительных секций желобков. Объем жидкости, снесенный воздушным потоком за область, ограниченную поверхностью макета гребня и дополнительной приемной поверхностью, определялся как разность между объемом жидкости, пролитой через распылитель, и суммарным объемом жидкости в цилиндрах 4 за время опыта. Дальность сноса распыленной жидкости от границы защитной зоны в направлении воздушного потока определялась с помощью мерительной ленты (рулетки). Опыты проведены при скорости воздушного потока 0 - 7 м/сек. В качестве исследуемых приняты щелевой ТР40015Е «Teejet», вихревой 30НСХЗ «Lurmark» и центробежный РОК-0.6 распылители, обеспечивающие требуемый минутный расход для ленточного опрыскивания. Высота установки распылителя H, ориентация факела распыла и давление P в магистрали определялись для каждого типа распылителя, исходя из обеспечения заданного качества обработки при скорости ветра, равной нулю.

В результате исследований определено влияние скорости воздушного потока на процентное содержание

жидкости, снесенной за границу защитной зоны в направлении дрейфа (табл. 2).

Анализ данных табл. 2 показывает, что при ленточном опрыскивании даже допустимая агротребованиями скорость воздушного потока оказывает значительное негативное влияние на качество обработки. Увеличение скорости воздушного потока свыше 5 м/сек. приводит к резкому увеличению объема жидкости, уносимой за пределы защитной зоны. Например, при скорости воздушного потока U=7 м/сек. из зоны обработки сносится до 77 % капель жидкости, генерируемых распылителем ТР4005Е. Учитывая то, что сносу в первую очередь подвержены капли малого диаметра, можно утверждать, что в защитной зоне оседают крупные капли, которые могут скатываться с обрабатываемой листовой поверхности, еще более ухудшая качество проводимых мероприятий.

Поэтому при химической обработке защитной зоны растений ленточным способом необходимо использовать дополнительные устройства, позволяющие снизить потери рабочих растворов пестицидов и качественно выполнить технологический процесс опрыскивания, несмотря на возможное действие ветра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аутко А.А. Технологии возделывания овощных культур. – Мн.: ООО «Красико-Принт», 2001 – 272с.
2. Крук И.С. Повышение эффективности химической защиты посадок картофеля от сорняков усовершенствованием культиватора-опрыскивателя: Дисс. канд. тех. наук: 05.20.01. – Минск, 2001. – 200с.
3. Гордеенко О.В. Повышение эффективности ухода за посевами овощных культур на гребнях совершенствованием оборудования для ленточного внесения гербицидов: Дисс. канд. тех. наук: 05.20.01. – Горки, 2004. – 169с.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. Журнал «Агропанорама» помещает достоверные и обоснованные материалы, которые имеют научное и практическое значение, отличаются актуальностью и новизной, способствуют повышению экономической эффективности агропромышленного производства, носят законченный характер.

Приказом Председателя ВАК от 4 июля 2005 г. № 101 журнал «Агропанорама» включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по сельскохозяйственным и техническим наукам (сельскохозяйственное машиностроение, транспорт, геоэкология, энергетика).

2. Объем научной статьи, учитываемой в качестве публикации по теме диссертации, должен составлять, как правило, не менее 0,35 авторского листа (14000 печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и др.), что соответствует 8 стр. текста, напечатанного через 2 интервала между строками (5,5 стр. в случае печати через 1,5 интервала).

Рукопись статьи, передаваемая в издательство, должна удовлетворять основным требованиям современной компьютерной верстки. К набору текста и формул предъявляется ряд требований:

1) рукопись, подготовленная в электронном виде, должна быть набрана в текстовом редакторе Word версии 6.0 или более поздней. Файл сохраняется в формате «doc».

2) текст следует форматировать без переносов и выравнивания правого края текста, для набора использовать один из самых распространенных шрифтов типа Times (например, Times New Roman Cyr, Times ET);

3) знаки препинания (.,!?:;...) не отделяются пробелом от слова, за которым следуют, но после них пробел обязателен. Кавычки и скобки не отделяются пробелом от слова или выражения внутри них. Следует различать дефис «-» и длинное тире «—». Длинное тире набирается в редакторе Word комбинацией клавиш: Ctrl+Shift+«-». От соседних участков текста оно отделяется единичными пробелами. Исключение: длинное тире не отделяется пробелами между цифрами или числами: 1991—1996;

4) при наборе формул необходимо следовать общепринятым правилам:

а) формулы набираются только в редакторе формул Microsoft Equation. Размер шрифта 12. При длине формулы более 8,5 см желательно продолжение перенести на следующую строку;

б) буквы латинского алфавита, обозначающие переменные, постоянные, коэффициенты, индексы и т.д., набираются курсивом;

в) элементы, обозначаемые буквами греческого и русского алфавитов, набираются шрифтом прямого начертания;

г) цифры набираются шрифтом прямого начертания;

д) аббревиатуры функций набираются прямо;

е) специальные символы и элементы, обозначаемые буквами греческого алфавита, использованные при наборе формул, вставляются в текст только в редакторе формул Microsoft Equation.

ж) пронумерованные формулы пишутся в отдельной от текста строке, а номер формулы ставится у правого края. Нумеруются лишь те формулы, на которые имеются ссылки в тексте.

3. Рисунки, графики, диаграммы необходимо выполнять с использованием электронных редакторов и вставлять в файл документа Word. Изображение должно быть четким, толщина линий более 0,5 пт, размер рисунка по ширине: 5,6 см, 11,5 см, 17,5 см и 8,5 см.

4. Цифровой материал должен оформляться в виде таблиц. Каждая таблица должна иметь заголовок и номер

(если таблиц несколько). Рекомендуется установить толщину линии не менее 1 пт. В оформлении таблиц и графиков не следует применять выделение цветом, заливку фона.

Фотографии должны иметь контрастное изображение и быть отпечатаны на глянцевой бумаге размером не менее 9х12 см. В электронном виде фотографии представляются отдельно в файлах формата «tif» с разрешением 300 dpi.

Научные статьи, публикуемые в изданиях, включенных в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований, должны включать:

аннотацию;

фамилию и инициалы автора (авторов) статьи, ее название;

введение;

основную часть, включающую графики и другой иллюстративный материал (при их наличии);

заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;

список цитированных источников;

дату поступления статьи в редакцию.

В разделе «Введение» должен быть дан краткий обзор литературы по данной проблеме, указаны не решенные ранее вопросы, сформулирована и обоснована цель работы.

Основная часть статьи должна содержать описание методики, аппаратуры, объектов исследования и подробно освещать содержание исследований, проведенных авторами.

В разделе «Заклучение» должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.

Дополнительно в структуру статьи могут быть включены:

индекс УДК;

перечень принятых обозначений и сокращений.

5. Литература должна быть представлена общим списком в конце статьи. Библиографические записи располагаются в алфавитном порядке на языке оригинала или в порядке цитирования. Ссылки в тексте обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

6. Статьи из научно-исследовательских или высших учебных заведений направляются вместе с сопроводительным письмом, подписанным директором и приложенной экспертной справкой по установленной форме.

7. Статьи принимаются в электронном виде с распечаткой в одном экземпляре. Распечатанный текст статьи должен быть подписан всеми авторами. В конце статьи необходимо указать полное название учреждения, организации, предприятия, колхоза и т.д., ученую степень и ученое звание (если есть), а также полный почтовый адрес и номер телефона (служебный или домашний) каждого автора.



Авторские материалы для публикации в журнале «Агропанорама» направляются в редакцию по адресу: 220023 Минск, пр. Независимости, 99, корп. 1, к. 333, УО БГАТУ.