

УДК 631.816.352

DOI: 10.53083/1996-4277-2023-223-5-106-113

Н.Н. Назаров, И.В. Некрасова

N.N. Nazarov, I.V. Nekrasova

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЖИДКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПО КОЛИЧЕСТВУ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

### DISTRIBUTION OF LIQUID MINERAL FERTILIZERS BY THE NUMBER OF WORKING BODIES

**Ключевые слова:** жидкие минеральные удобрения, многопоточный распределитель, рабочие органы, распределение, качество.

Представлены материалы по оценке качества распределения жидких минеральных удобрений (ЖМУ) по рабочим органам для их внесения в почву с использованием многопоточного распределителя жидкостей. Определено, что распределение жидких минеральных удобрений по количеству посевных или почвообрабатывающих рабочих органов в соответствии с агротехническими требованиями возможно при использовании многопоточного распределителя, обеспечивающего их распределение с неравномерностью, не превышающей 7,5%, определяемой коэффициентом вариации. Установлено, что для обеспечения требуемых норм внесения в почву жидких минеральных удобрений (75-220 л/га) может быть использован один многопоточный распределитель, обеспечивающий работу не более 30 сошников для внесения подобного рода удобрений. При этом расход (норма внесения) регулируется изменением давления в системе и скоростью движения агрегата, а ширина агрегата (сеялки, посевного комплекса) для внесения жидких удобрений в этом случае не должна превышать 6 м при использовании одного распределителя. Выявлено, что внесение стартовой дозы жидких минеральных удобрений при посеве зерновых культур целесообразно использовать распылители с диаметром отверстия до 2 мм, а для внесения основной дозы – до 2,5-3,5 мм, обеспечивающие требуемые объемы внесения препаратов. Качество распределения жидких форм минеральных удобрений при использовании многопоточного распределителя в максимальной степени зависит от угла отклонения оси распределителя от вертикали (около 80%) и в меньшей степени от давления в системе и диаметра канала распылителя. Качество распределения будет возрастать при снижении значения угла отклонения распределителя от

вертикальной оси, максимальный эффект достигается при его минимальном значении.

**Keywords:** liquid mineral fertilizers, multiflow distributor, working bodies, distribution, quality.

The data on the evaluation of the quality of the distribution of liquid mineral fertilizers by working bodies for their application to the soil using a multi-flow liquid distributor are discussed. It is found that the distribution of liquid mineral fertilizers by the number of sowing or tillage working bodies in accordance with agronomic requirements is possible with the use of a multi-flow distributor that ensures their distribution with an unevenness not exceeding 7.5% determined by the coefficient of variation. It has been determined that in order to ensure the required rates of application of liquid mineral fertilizers to the soil (75...220 L ha), one multi-flow distributor may be used ensuring the operation of no more than 30 coulters for the application of such fertilizers. The flow rate (application rate) is controlled by changing the pressure in the system and the speed of the unit, and the width of the unit (seeder, sowing complex) for applying liquid fertilizers, in this case, should not exceed 6 m when using one distributor. It is advisable to use sprayers with a hole diameter of up to 2 mm for applying the starting dose of liquid mineral fertilizers when sowing grain crops, and for applying the main dose - sprayers with a hole diameter of 2.5-3.5 mm ensuring the required volumes of fertilizer application. The quality of distribution of liquid forms of mineral fertilizers when using a multi-flow distributor depends to the maximum extent on the angle of deviation of the distributor axis from the vertical (about 80%) and to a lesser extent on the pressure in the system and the diameter of the spray channel. The distribution quality will be improved with a decrease in the value of the angle of deviation of the distributor from the vertical axis; the maximum effect is achieved with its minimum value.

**Назаров Николай Николаевич**, д.т.н., гл. науч. сотр., Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, р.п. Краснообск, Новосибирская обл., Российская Федерация, e-mail: sibime-nazarov@yandex.ru.

**Некрасова Ирина Владимировна**, ст. науч. сотр., Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, р.п. Краснообск, Новосибирская обл., Российская Федерация, e-mail: irnek@ngs.ru.

**Nazarov Nikolay Nikolaevich**, Dr. Tech. Sci., Chief Researcher, Siberian Federal Scientific Center of Agro-Biotechnologies of Rus. Acad. of Sci., Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russian Federation, e-mail: sibime-nazarov@yandex.ru.

**Nekrasova Irina Vladimirovna**, Senior Researcher, Siberian Federal Scientific Center of Agro-Biotechnologies of Rus. Acad. of Sci., Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russian Federation, e-mail: irnek@ngs.ru.

## Введение

В связи с возрастающими объёмами работ, связанными с использованием жидких форм минеральных удобрений (ЖМУ), остро стоит вопрос их равномерного адресного внесения в зону укладки семенного материала и равномерного их распределения по площади питания при обезличенном внесении в почву. Это вызвано тем, что указанная неравномерность приводит к избыточному или недостаточному снабжению растений элементами питания, вызывая при этом их неодинаковую продуктивность. В соответствии с общепринятыми нормами при внутрипочвенном внесении жидких минеральных удобрений неравномерность их распределения между используемыми рабочими органами должна находиться в пределах 10%, что не выдерживается при практической реализации процесса имеющимся для этой цели современным парком технологических машин. При распределении вносимых в почву ЖМУ по количеству задействованных рабочих органов используются различные схемы деления жидкой среды на равные части по её расходу. Практика показывает, что применительно к внесению в почву этих удобрений целесообразно использовать устройство группового распределения жидких сред по количеству рабочих органов для внесения с последующей доставкой их в зону внесения за счёт сил гравитации. Исследованию качества работы подобного рода распределителя жидких минеральных удобрений посвящена данная работа.

**Цель работы** – оценить качество распределения жидких форм минеральных удобрений по количеству заделывающих в почву удобрений рабочих органов.

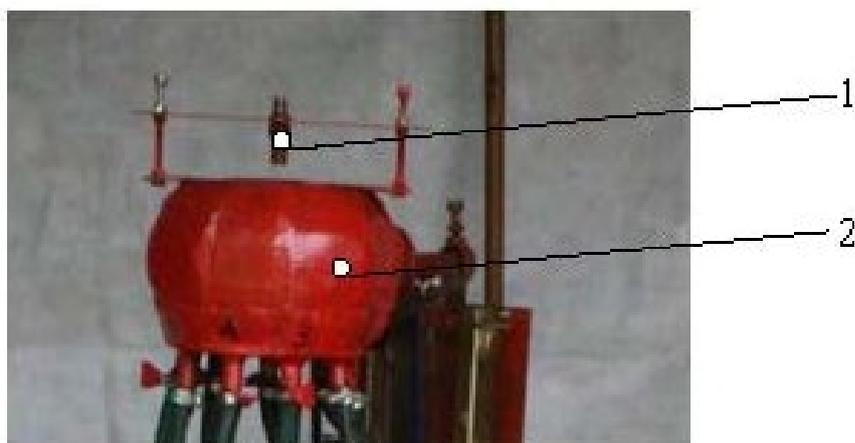
**Научная задача** – определить влияние факторов, определяющих качество распределения жидких форм минеральных удобрений по количеству посевных или заделывающих рабочих органов.

## Материал и методы исследований

В дозирующе-распределительных системах технических средств, производящих посев с одновременным внесением жидких форм минеральных удобрений, используют, как правило, три основных фактора: давление в системе –  $P$ , МПа, диаметр отверстия распылителя –  $d$ , мм и шаг расстановки распылителей на раме [1-6]. С учётом скоростного режима движения агрегатов и ветровой нагрузки достигается требуемое качество распределения жидких форм препаратов на подстилающей поверхности. В предлагаемых материалах рассматривается качество распределения жидких форм минеральных удобрений по заделывающим их в почву рабочих органов с использованием многопоточного распределителя (рис. 1).

Задачей предлагаемого технического решения является обеспечение деления потока по количеству рабочих органов для внесения по расходу, обеспечение равномерности распределения при отклонении от вертикальной оси на  $3-6^\circ$ . При анализе научно-технической литературы определены основные факторы, оказывающие максимальное влияние на качество распределения ЖМУ. К ним относятся:  $P$  – создаваемое давление в распределительной системе;  $d$  – используемый диаметр отверстия распылителя;  $\alpha$  – возможный угол отклонения распределителя от вертикального положения, возникающий при движении агрегата по полю.

На начальном этапе определён расход жидкости через распылители с различным диаметром отверстий (л/мин.). Расход жидкости определялся в течение 60 сек., с последующим перерасчётом в л/ч. Для исследования принимались распылители с диаметром отверстий – 1,5; 2,0; 2,5 и 3,5 мм. Давление в системе – 0,1; 0,2 и 0,3 МПа.



**Рис. 1. Многопоточный распределитель жидкости:**  
 1 – распылитель ЖМУ; 2 – многопоточный распределитель ЖМУ

При обработке и представлении данных материалов мы исходили из того, что предлагаемый распределитель может обеспечить равномерное распределение ЖМУ для их внесения при норме 70-210 л/га не более чем на 30 сошников. Это связано с конструктивными особенностями исполнения самого распределителя, а также возможностью стабильной доставки ЖМУ к месту внесения (радиус 3 м является критическим). С учетом требуемых норм внесения в почву диаметр отверстия распылителя должен быть в пределах 1,5-3,5 мм, при этом расход (норма внесения ЖМУ) регулируется изменени-

ем давления в системе и скоростью движения агрегата, а ширина агрегата (сеялки) для внесения ЖМУ в этом случае не должна превышать 6 м.

Для оценки качества распределения распыленного препарата по количеству рабочих органов проведен факторный эксперимент при варьировании указанных факторов на трех уровнях. В этих целях был использован соответствующий план № 34 [7], реализующий функционирование факторов в заданных интервалах (табл. 1).

**Таблица 1**

**Матрица планирования эксперимента**

Используемые факторы	Обозначение факторов	Нормированное обозначение факторов	Используемые уровни варьирования факторов			Показатель качества (неравномерность) $v, \%$
			(-) 0,1	(0) 0,2	(+) 0,3	
Используемое в системе давление, МПа	$P$	$X_1$	(-) 1,5	(0) 2,5	(+) 3,5	
Диаметр отверстия распылителя, мм	$d$	$X_2$	(-) 0	(0) 3	(+) 6*	
Отклонение распределителя от вертикального положения, град.	$\alpha$	$X_3$				
Опыты			$P$	$d$	$\alpha$	

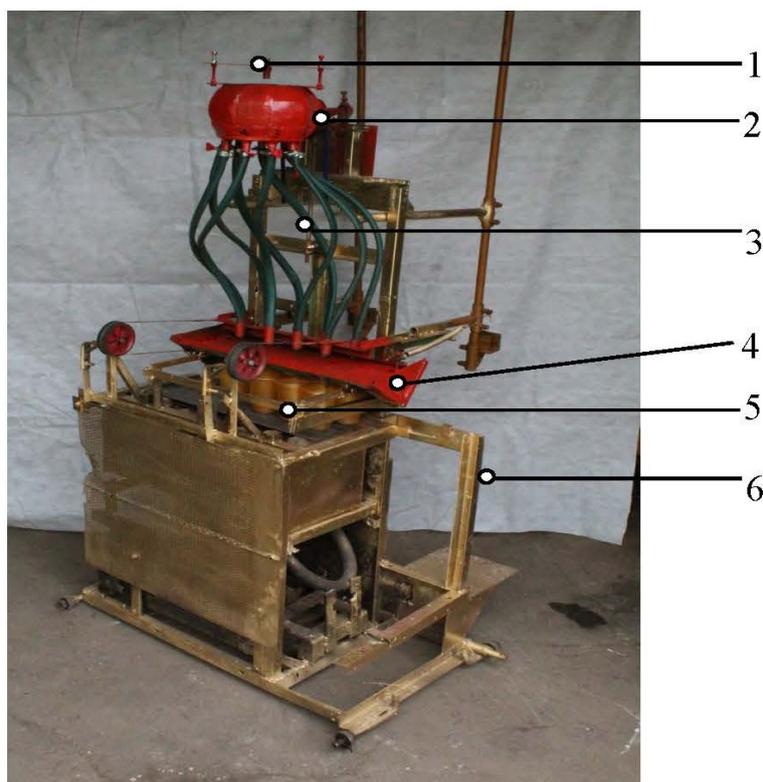
Примечание. \*В скобках обозначены нижний (-), средний (0) и верхний (+) уровни варьирования факторов.

С этой целью была создана лабораторная установка (рис. 2). В качестве выходного параметра принят показатель качества (неравномерность) распределения жидкой среды по количеству рабочих органов, оцениваемый коэффициентом вариации,  $v, \%$ .

При проведении эксперимента использована классическая схема организации всего цикла опытов. При подаче рабочей жидкости к распылителю 1 последний производит её диспергирование и распространение в рабочей зоне многопоточного распределителя. Распылённый поток

рабочей жидкости поступает в равные по геометрическим параметрам полости, соединённые с выходными патрубками, количество которых совпадает с количеством рабочих органов для внесения в почву ЖМУ. По истечении времени, требующегося для стабилизации самого процесса распыления жидкой среды и её устойчивого поступления к шлангам 3, осуществляется её одновременная подача из этих шлангов в

мерные ёмкости 5. Продолжительность каждого опыта составляла 60 сек., после чего прекращалось поступление потока рабочей жидкости в мерные ёмкости 5 с помощью отсечного устройства 4. Собранная таким образом в ёмкостях 5 жидкая среда взвешивалась на весах ВК-600 с точностью до 0,1 г, результаты записывались в журнал.



**Рис. 2. Лабораторная установка для оценки качества распределения ЖМУ по количеству рабочих органов:**

**1 – распылитель ЖМУ; 2 – многопоточный распределитель ЖМУ; 3 – шланги для транспортировки ЖМУ; 4 – отсечное устройство подачи ЖМУ в мерные ёмкости; 5 – мерные ёмкости; 6 – рама**

Опыты проводились в трёхкратной повторности. Обработка результатов экспериментов - с использованием рекомендаций [8-12].

#### Результаты исследований и их обсуждение

С учётом представленных методических положений определена производительность распылителей, л/мин. (л/ч) (табл. 2). Пересчёт фактического расхода рабочей жидкости  $Q$ , л/га производился по формуле [13]:

$$Q = 600q_n / BV,$$

где  $q$  – расход жидкости через один распылитель, л/мин.;

$p$  – число распылителей;

$B$  – ширина захвата, м;

$V$  – рабочая скорость движения, км/ч.

Установлено, что для внесения стартовой дозы ЖМУ целесообразно использовать распылители с диаметром отверстия 2 мм, для внесения основной дозы – 2,5-3,5 мм. Ниже представлены результаты расчётов по зависимости дозы внесения ЖМУ от ширины захвата агрегата и давления в системе при использовании распылителя с диаметром отверстия 2,5 мм (рис. 3).

Производительность распылителей, л/мин. (л/ч)

Диаметр отв. распылителей, мм	P = 0,1 МПа	P = 0,2 МПа	P = 0,3 МПа
1,5	1,12/67,2	1,38/82,8	1,67/100
2,0	2,24/134,4	2,94/176,4	3,64/218,4
2,5	3,79/227	4,67/280	6,64/398
3,5	6,94/416	9,54/572	10,42/625

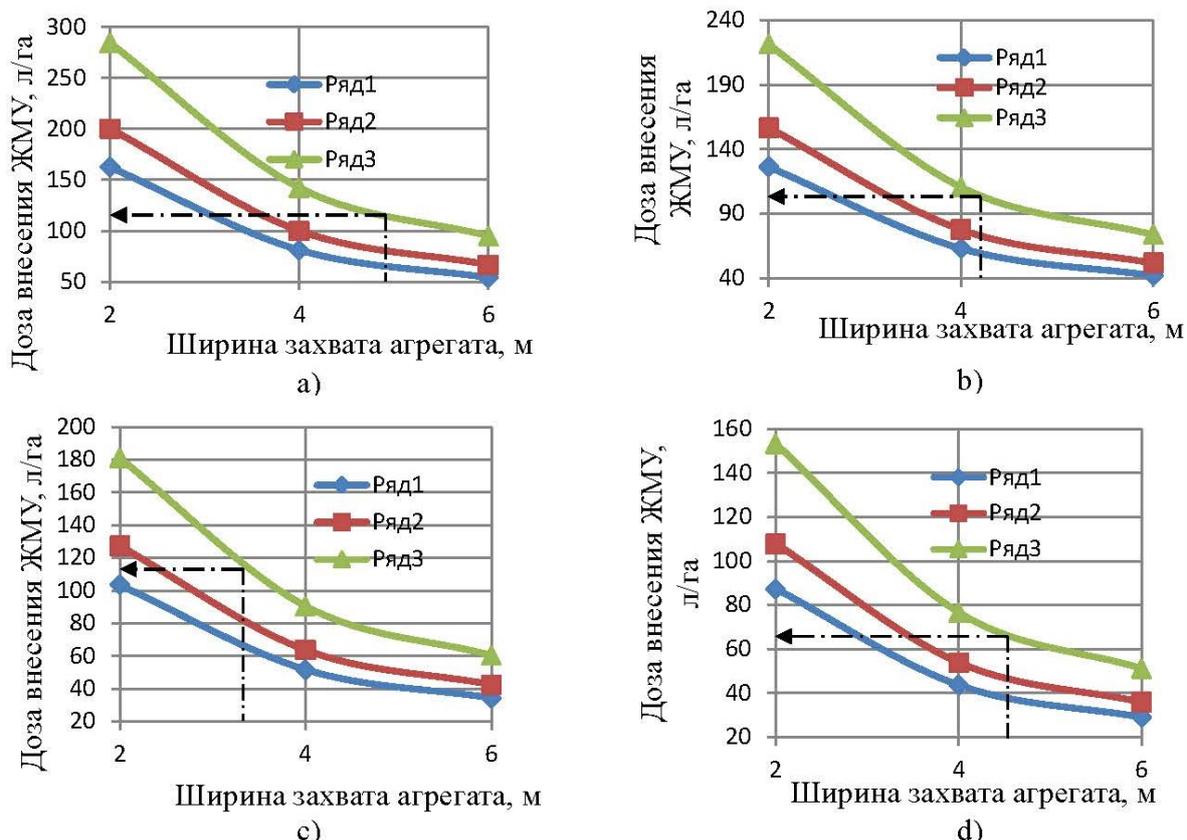


Рис. 3. Зависимость дозы внесения ЖМУ от ширины захвата агрегата и давления в системе: ряд 1 – P = 0,1 Мпа, ряд 2 – P = 0,2 Мпа, ряд 3 – P = 0,3 МПа; а – V = 7 км/ч, б – V = 9 км/ч, с – V = 11 км/ч, д – V = 13 км/ч

По представленным графическим зависимостям достаточно удобно определять любые взаимосвязанные категории, определяющие дозы внесения ЖМУ от ширины захвата агрегата и давления в системе в зависимости от скорости его движения.

Реализация композиционного, трёхуровневого, симметричного плана позволила определить качество распределения ЖМУ по количеству почвообрабатывающих (посевных) рабочих органов при использовании многопоточного распределителя жидкости (табл. 3).

В результате обработки полученных данных по итогам проведённых экспериментов рассчитаны коэффициенты регрессии, определена их значимость и построен квадратичный полином

(регрессионная модель), отражающий характер распределения рабочей жидкости при использовании распределителя группового действия (многопоточного распределителя) в зависимости от количества рабочих органов для внесения в почву жидких минеральных удобрений:

$$Y = 2,6 - 0,5 X_1^2 + 0,95 X_2^2 + 0,9 X_3^2 - 0,43 X_1 + 1,87 X_3,$$

где  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  – нормированные значения факторов: используемое в системе давление, диаметр отверстия распылителя, отклонение распределителя от вертикального положения соответственно, используемых при проведении исследований ( $X_H = -1$ ,  $X_0 = 0$ ,  $X_E = +1$ ). При этом  $X_H$  – нижний,  $X_0$  – средний,  $X_E$  – верхний уровни варьирования факторов.

## Результаты эксперимента

Факторы	Обозначение факторов	Нормированное обозначение факторов	Используемые уровни варьирования факторов			Показатель качества (неравномерность) $v$ , %
			(-) 0,1	(0) 0,2	(+) 0,3	
Используемое в системе давление, МПа	P	$X_1$	(-) 0,1	(0) 0,2	(+) 0,3	
Диаметр отверстия распылителя, мм	D	$X_2$	(-) 1,5	(0) 2,5	(+) 3,5	
Отклонение распределителя от вертикального положения, град.	$\alpha$	$X_3$	(-) 0	(0) 3	(+) 6*	
Опыты			P	D	$\alpha$	
1			(-) 0,1	(-) 1,5	(-) 0	2,2
2			(+) 0,3	(-) 1,5	(-) 0	2,1
3			(-) 0,1	(+) 3,5	(-) 0	2,7
4			(+) 0,3	(+) 3,5	(-) 0	1,4
5			(-) 0,1	(-) 1,5	(+) 6	7,1
6			(+) 0,3	(-) 1,5	(+) 6	6,1
7			(-) 0,1	(+) 3,5	(+) 6	6,5
8			(+) 0,3	(+) 3,5	(+) 6	3,8
9			(-) 0,1	(0) 2,5	(0) 3	1,7
10			(+) 0,3	(0) 2,5	(0) 3	2,5
11			(0) 0,2	(-) 1,5	(0) 3	3,3
12			(0) 0,2	(+) 3,5	(0) 3	1,8
13			(0) 0,2	(0) 2,5	(-) 0	1,7
14			(0) 0,2	(0) 2,5	(+) 6	5,3
Среднее						3,58

Примечание. \*В скобках обозначены нижний (-), средний (0) и верхний (+) уровни варьирования факторов.

Представленный материал свидетельствует о том, что влияние принятых в исследованиях факторов на качественные показатели рассматриваемого технологического процесса (неравномерность деления потока жидкости по количеству рабочих органов для внесения в почву ЖМУ) неоднозначно (рис. 4).

Максимальное влияние на равномерность распределения оказывает угол отклонения распределителя от вертикального положения  $X_3$  и достаточно умеренное от используемого в системе давления и диаметра отверстия распылителя.

При построении графической зависимости влияние каждого фактора оценивалась при нулевых значениях двух принятых в исследованиях факторов. Установлено, что при значении коэффициента при  $b_i$  больше нуля ( $b_i > 0$ ), само увеличение  $X_i$  влечёт за собой ухудшение качественных показателей рассматриваемого процесса (неравномерность деления потока жидкости по количеству рабочих органов для внесения

в почву ЖМУ). Следует отметить, что при минимальном отклонении распределителя от вертикального положения ( $\alpha_{min}$ ) наблюдается максимальная равномерность деления жидкой среды.

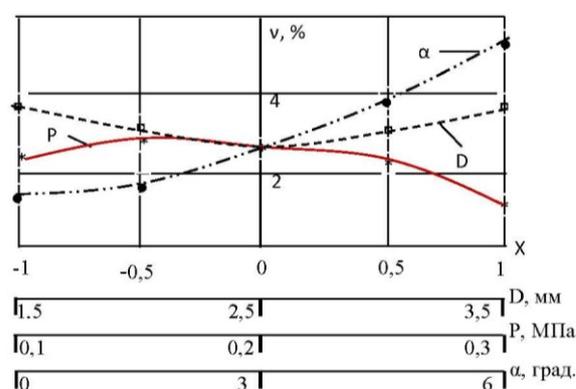


Рис. 4. Графическая интерпретация регрессионного уравнения

В данной ситуации примечательным является то, что на качество распределения практически не влияет смешанное произведение факто-

ров  $b_{ij}$ , поскольку значения этих коэффициентов оказались меньше длины доверительного интервала. Вследствие этого они были исключены из дальнейшего анализа.

Важно отметить, что высокая равномерность распределения жидкой среды наблюдается при минимальных значениях факторов. Установлен тот факт, что увеличение значений исследуемых факторов приводит к увеличению значения неравномерности, а максимальное влияние на качественные показатели процесса оказывает угол отклонения распределителя от вертикального положения (неравномерность, оцениваемая коэффициентом вариации, достигает 7,1% при  $\alpha = 6^\circ$ ).

В целом установлено, что представленный вариант многопоточного распределителя полностью удовлетворяет агротехническим требованиям на рассматриваемый технологический процесс по качеству распределения ЖМУ между рабочими органами и не превышает значений 7,1% при максимальном отклонении от вертикальной установки.

### Выводы

1. Распределение жидких минеральных удобрений по количеству посевных или заделывающих рабочих органов в соответствии с агротехническими требованиями возможно при использовании многопоточного распределителя, обеспечивающего неравномерность ЖМУ, не превышающую 7,5%, определяемую коэффициентом вариации.

2. На качественные показатели распределения ЖМУ при использовании многопоточного распределителя оказывает влияние угол отклонения распределителя от вертикального положения (около 80%) и в меньшей степени используемое в системе давление и диаметр отверстия распылителя.

3. Для внесения стартовой дозы ЖМУ при посеве зерновых культур целесообразно использовать распылители с диаметром отверстия до 2 мм, а для внесения основной дозы – 2,5-3,5 мм, обеспечивающие требуемые объёмы внесения препаратов.

### Библиографический список

1. Милюткин, В. А. Повышение эффективности опрыскивателей для внесения жидких минеральных удобрений / В. А. Милюткин, В. Э. Буксман. – Текст: непосредственный // Из-

вестия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 1 (69). – С. 119-122.

2. Петровец, В. Р. Об эффективности внесения минеральных удобрений в системе точного земледелия / В. Р. Петровец, В. Л. Самсонов, С. В. Колос. – Текст: электронный // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. – № 3. – С. 140-146. – URL: [https://revolution.allbest.ru/agriculture/00851538\\_0.html](https://revolution.allbest.ru/agriculture/00851538_0.html) (дата обращения: 05.05.2022).

3. Марченко Л. А. Регулирование доз внесения жидких минеральных удобрений / Л. А. Марченко, Г. И. Романов, В. А. Колесникова. – Текст: непосредственный // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2004. – № 9. – С. 34-35.

4. Башкирëв, А. П. Анализ работы полевых опрыскивателей / А. П. Башкирëв, А. А. Шварц, А. Ю. Шкабенко. – Текст: непосредственный // Наука в центральной России. – 2019. – № 6 (42). – С. 50-58.

5. Киреев, И. М. Рациональное применение щелевых распылителей жидкости для аэрозольной технологии краевой обработки поля / И. М. Киреев, З. М. Коваль, М. В. Данилов. – Текст: непосредственный // Наука в центральной России. – 2021. – № 5 (53). – С. 42-48.

6. Вялых, В. А. От чего зависит качество работы опрыскивателей / В. А. Вялых, С. Н. Савушкин. – Текст: непосредственный // Защита и карантин растений. – 2009. – № 19. – С. 67-69.

7. Таблицы планов эксперимента для факторных и полиномиальных моделей: справочное издание. – Москва: Металлургия, 1982. – 752 с. – Текст: непосредственный.

8. Мостеллер, Ф. Анализ данных и регрессия / Ф. Мостеллер, Дж. Тьюки. – Москва: Финансы и статистика, 1982. – Вып. 1. – 319 с.; вып. 2 – 239 с. – Текст: непосредственный.

9. Мельников, С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рощин. – Москва: Колос, 1980. – 168 с. – Текст: непосредственный.

10. Тамразов, А. М. Планирование и анализ регрессионных экспериментов в технологических исследованиях / А. М. Тамразов; АН УССР, Ин-т газа. – Киев: Наук. думка, 1987. – 174 с. – Текст: непосредственный.

11. Мудров, В. И. Методы обработки измерений (Квазиправдоподобные оценки) / В. И. Муд-

ров, В. Л. Кушко. – Москва: Сов. радио, 1976. – 192 с. – Текст: непосредственный.

12. Новицкий П. В. Оценка погрешностей результатов измерений / П. В. Новицкий, И. А. Зограф. – Ленинград: Энергоатомиздат, 1991. – 304 с. – Текст: непосредственный.

13. Вялых, В. А. Рекомендации по применению наземного и авиационного опрыскивания при возделывании сельскохозяйственных культур / В. А. Вялых. – Воронеж: Истоки, 2004. – 68 с. – Текст: непосредственный.

### References

1. Miliutkin V.A. Povyshenie effektivnosti opryskivatelyi dlia vneseniia zhidkikh mineralnykh udobrenii / V.A. Miliutkin, V.E. Buksman // Izvestiia Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – No. 1 (69). – S. 119-122.

2. Petrovets V.R., Samsonov V.L., Kolos S.V. Ob effektivnosti vneseniia mineralnykh udobrenii v sisteme tochnogo zemledeliia. [https://revolution.allbest.ru/agriculture/00851538\\_0.html](https://revolution.allbest.ru/agriculture/00851538_0.html). Data obrashcheniia 05.05. 2022 g.

3. Marchenko L.A. Regulirovanie doz vneseniia zhidkikh mineralnykh udobrenii / L.A. Marchenko, G.I. Romanov, V.A. Kolesnikova // Traktory i selskokhoziaistvennye mashiny. – 2004. – No. 9. – S. 34-35.

4. Bashkirev A.P. Analiz raboty polevykh opryskivatelyi. / A.P. Bashkirev, A.A. Shvarts, A.Iu. Shkabenko // Nauka v Tsentralnoi Rossii. – 2019. – No. 6 (42). – S. 50-58.

5. Kireev I.M. Ratsionalnoe primeneniie shchelevykh raspylitatelei zhidkosti dlia aerzolnoi tekhnologii kraevoi obrabotki polia. / I.M. Kireev, Z.M. Koval, M.V. Danilov // Nauka v Tsentralnoi Rossii. – 2021. – No. 5 (53). – S. 42-48.

6. Vialykh V.A. Ot chego zavisit kachestvo raboty opryskivatelyi / V.A. Vialykh, S.N. Savushkin // Zashchita i karantin rastenii. – 2009. – No. 19. – S. 67-69.

7. Tablitsy planov eksperimenta dlia faktornykh i polinomnykh modelei (spravochnoe izdanie). – Moskva: Metallurgiiia, 1982. – 752 s.

8. Mosteller F., Tiuki Dzh. Analiz dannykh i regressiia. – Moskv: Finansy i statistika, 1982. – Vyp. 1. – 319 s., Vyp. 2 – 239 s.

9. Melnikov S.V. Planirovanie eksperimenta v issledovaniiax selskokhoziaistvennykh protsessov / S.V. Melnikov, V.R. Aleshkin, P.M. Roshchin. – Moskva: Kolos, 1980. – 168 s.

10. Tamrazov A.M. Planirovanie i analiz regressionnykh eksperimentov v tekhnologicheskikh issledovaniiax / A.M. Tamrazov; AN USSR, In-t gaza. – Kiev: Nauk. dumka, 1987. – 174 s.

11. Mudrov V.I., Kushko V.L. Metody obrabotki izmerenii (kvazipravdopodobnye otsenki). – Moskva: Sov. radio, 1976. – 192 s.

12. Novitskii P.V. Otsenka pogreshnostei rezultatov izmerenii / P.V. Novitskii, I.A. Zograf. – Leningrad: Energoatomizdat, 1991. – 304 s.

13. Vialykh V.A. Rekomendatsii po primeneniiu nazemnogo i aviatsionnogo opryskivaniia pri vzdelyvanii selskokhoziaistvennykh kultur / V.A. Vialykh. – Voronezh: Istoki, 2004. – 68 s.

