

## ВЛИЯНИЕ ПЕРЕКРЫТИЙ СМЕЖНЫХ ПРОХОДОВ АГРЕГАТА НА РАВНОМЕРНОСТЬ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

## THE EFFECT OF OVERLAPPING ADJACENT PASSAGES OF THE UNIT ON THE UNIFORMITY OF THE APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS

**А.Н. СЕДАШКИН**, к.т.н.  
**А.А. КОСТРИГИН**, к.т.н.  
**Е.А. МИЛЮШИНА**, к.т.н.

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский  
Мордовский государственный университет  
им. Н.П. Огарева», Саранск, Россия, kostrigin42@mail.ru

**A.N. SEDASHKIN**, PhD in Engineering  
**A.A. KOSTRIGIN**, PhD in Engineering  
**E.A. MILYUSHINA**, PhD in Engineering

N.P.Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia,  
kostrigin42@mail.ru

В статье приводятся некоторые результаты исследований влияния ширины перекрытия на равномерность распределения удобрений на смежных проходах агрегата, проведенных в Мордовском государственном университете имени Н.П. Огарева. Предлагаются рекомендации по снижению величины соотношения между шириной захвата и шириной разбрасывания при работе центробежного аппарата. Наблюдения показали, что разбрасыватели с рабочими органами центробежного типа распределяют удобрения по ширине захвата неравномерно: большая часть их приходится на середину, а к краям количество их уменьшается. Чтобы добиться более равномерного внесения удобрения обычно разбрасывают с перекрытием.

Для определения влияния перекрытия на равномерность распределения минеральных удобрений нами проведены исследования. Для оценки равномерности поверхностного распределения минеральных удобрений и извести экспериментальной установкой по ширине захвата и по ходу движения сбор удобрений производили в противни размером 0,5×0,5×0,1 м. Противни расставляли на ровном участке плотно друг к другу в три ряда с расстоянием между рядами 5 м. При проведении опытов неравномерность внесения удобрений на ширине захвата агрегата 10 м с перекрытием 2 м была выше агротехнических допустимых значений – 25 %. Исследования показали, что повысить равномерность внесения возможно при уменьшении ширины захвата агрегата до 8 м, при этом перекрытие должно быть не менее 4 м. При этом проблема обеспечения точного вождения агрегатов для внесения удобрений еще более обостряется с увеличением ширины захвата современной высокопроизводительной техники. Очевидно, что в данном случае при отсутствии специальных стендов для оперативной настройки машин выполнить их правильную регулировку весьма затруднительно. Поэтому каждый раз при изменении вида вносимого удобрения и доз необходимо сверять положение регулятора с рекомендуемым руководством по эксплуатации. От этого зависит рабочая ширина захвата, а следовательно, и расстояние между смежными проходами агрегата. Качество работы центробежных машин, кроме того, зависит от качества вносимых минеральных удобрений (спектр размеров и формы гранул, сыпучести), состояния рельефа поля, выравненности почвы, скорости ветра, квалификации механизатора и его добросовестности (строгое соблюдение заданной скорости движения), рабочей скорости и т.д. Очевидно, чтобы внести минеральные удобрения с допустимой неравномерностью (допустимый коэффициент вариации для азотных удобрений ±10 %, для калийных и фосфорных ±20 %) центробежными рабочими органами, необходимо строго выполнять требования регламента выполнения работ.

*Ключевые слова:* центробежный рабочий орган, агрегат, внесение, равномерность, норма, перекрытие.

The article presents some results of studies on the effect of overlapping widths on the uniform distribution of fertilizers on adjacent passages of an aggregate conducted at the N.P.Ogarev Mordovia State University. Recommendations are offered on reducing the ratio between the working width and the spreading width during centrifugal apparatus operation. Observations showed that spreaders with centrifugal type working elements distribute fertilizers unevenly across the working width. Most of them fall in the middle, and towards the edges their number decreases. To achieve a more uniform application, they are usually scattered with overlap. The studies are conducted to determine the effect of overlap on the uniform distribution of mineral fertilizers. To assess the uniformity of the surface distribution of mineral fertilizers and lime by the experimental setup along the working width and in the direction of travel, the fertilizers were collected in baking sheets of 0,5×0,5×0,1 m in size. The baking sheets were placed on an even area tightly to each other in three rows with row spacing of 5 m. During the experiments, the non-uniformity of fertilizer application at a machine grip width of 10 m with an overlap of 2 m was higher than the agrotechnical permissible values – 25 %. Studies have shown that it is possible to increase the uniformity of application while reducing the width of the aggregate to 8 m, while the overlap should be at least 4 m. Studies have shown that it is possible to increase the uniformity of application while reducing the width of the aggregate to 8 m, while the overlap should be at least 4 m. At the same time, the problem of ensuring accurate driving of fertilizer applicators is even more acute with an increase in the working width of modern high-performance equipment. Obviously, in this case, in the absence of special stands for the operational tuning of machinery, it is very difficult to correctly adjust them. Therefore, each time you change the type of fertilizer and doses you need to check the position of the regulator with

the recommended operating instructions. The working width of the grip depends on this, and, consequently, the distance between adjacent passages of the unit is dependent. The quality of centrifugal machines, in addition, depends on the quality of the applied mineral fertilizers (range of sizes and shapes of granules, flow-ability), the state of the field topography, the evenness of the soil, wind speed, the qualification of the machine operator and its good faith (strict adherence to a given speed), operating speed and etc. Obviously, in order to introduce mineral fertilizers with permissible unevenness (permissible coefficient of variation for nitrogen fertilizers  $\pm 10\%$ , for potash and phosphorus  $\pm 20\%$ ), centrifugal working bodies must strictly comply with the requirements of the work execution regulations.

*Keywords:* centrifugal working body, unit, application, uniformity, norm, overlap.

## Введение

Основной парк машин для внесения минеральных удобрений составляют машины с центробежными рабочими органами. Известно [1, 2, 3], что разбрасыватели с рабочими органами центробежного типа распределяют удобрения по ширине захвата неравномерно: большая часть их приходится на середину, а к краям количество их уменьшается. Чтобы добиться более равномерного внесения удобрений обычно разбрасывают с перекрытием. Перекрытие смежных проходов делают на определенную величину (рис. 1), отклонение от которой увеличивает неравномерность внесения удобрений по полю. Определить эту величину практически невозможно. Это связано со многими факторами, такими как рельеф поля, физико-механические свойства вносимого материала, кинематические и конструктивные параметры, а также регулировка и установка рабочих органов на норму внесения.

## Цель исследований

Определение влияния перекрытия на равномерность распределения минеральных удобрений.

## Материалы и методы

В основу проведения исследований была положена методика испытания машин для внесения твердых минеральных удобрений, известковых материалов и гипса [4].

Для оценки равномерности поверхностного распределения минеральных удобрений и известки экспериментальной установкой по ширине захвата и по ходу движения сбор удобрений производили в противни размером  $0,5 \times 0,5 \times 0,1$  м. Противни расставляли на ровном участке плотно друг к другу в три ряда с расстоянием между рядами 5 м (рис. 2).

За неравномерность распределения удобрений на общей и рабочей ширине принимают коэффициент вариации массы удобрений, попавшей на отдельные противни, установленные на общую ширину в сплошной ряд перпендикулярно направлению движения машины. До прохода машины противни расставлялись в три сплошных поперечных ряда. На каждом режиме опыты проводились в трехкратной повторности. Так как по колес невозможно установить противни, масса удобрений в них определяется как среднее из двух граничащих с колесами противней.

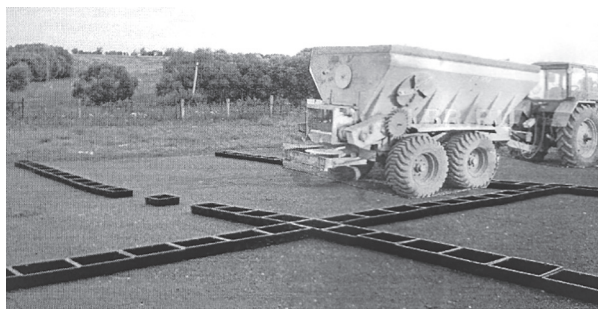


Рис. 2. Схема проведения опытов

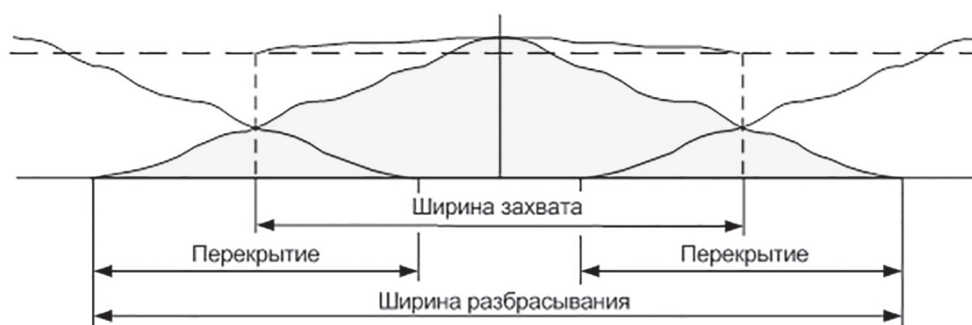


Рис. 1. Соотношение между шириной захвата и шириной разбрасывания центробежными аппаратами

## Результаты опытов

№ учетных площадок (противней)	Ширина захвата агрегата, м					
	12		10 (перекрытие – 2 м)		8 (перекрытие – 4 м)	
	масса удобрений на противне, г	отклонение от средней величины, г	масса удобрений на противне, г	отклонение от средней величины, г	масса удобрений на противне, г	отклонение от средней величины, г
1	9,3	5,8	–	–	–	–
2	9,3	5,8	–	–	–	–
3	9,9	5,2	11,7	5,7	–	–
4	10,2	4,9	11,7	5,7	–	–
5	10,5	4,6	12,3	5,1	15,7	5,9
6	12,3	2,8	13,8	3,6	16,2	5,4
7	13,6	1,6	15,6	1,8	17,4	4,2
8	13,8	1,3	16,8	0,6	18,3	3,3
9	15,0	0,1	17,7	0,3	19,8	1,8
10	18,0	2,9	20,4	3,0	22,2	0,6
11	21,0	5,9	22,5	5,1	25,2	3,6
12	24,0	8,9	24,3	6,9	28,2	6,6
13	24,3	9,2	24,6	7,2	27,9	6,3
14	24,0	8,9	24,3	6,9	27,3	5,7
15	23,7	8,6	24,3	6,9	26,4	4,8
16	23,4	8,3	24,3	6,9	25,2	3,6
17	22,8	7,7	23,4	6,0	25,8	4,2
18	17,1	2,0	17,7	0,3	21,3	0,3
19	11,1	4,0	15,7	1,7	15,9	5,7
20	7,5	7,6	8,1	9,3	12,6	9,0
21	6,9	8,2	9,3	8,1	–	–
22	6,3	8,8	9,9	7,5	–	–
23	5,7	9,4	–	–	–	–
24	4,8	10,3	–	–	–	–
Сумма	361,5	–	384,4	–	345,4	–
Средняя	15,1	–	17,4	–	21,6	–
Неравномерность, %	44,9	–	33,2	–	23,7	–

После прохода машины удобрения с каждого противня последовательно взвешивали с погрешностью не более  $\pm 20$  мг. Данные заносили в ведомость и обрабатывали методом математической статистики.

### Результаты и обсуждение

Как видно из таблицы, даже при проведении опытов неравномерность внесения удобрений на ширине захвата агрегата 10 м с перекрытием 2 м была выше агротехнических допустимых значений – 25 %. Исследования показали, что повысить равномерность внесения возможно при уменьшении ширины захвата агрегата до 8 м, при этом перекрытие должно быть не менее 4 м.

Установлено, что даже опытный и добросовестный механизатор из-за отсутствия точного ориентира при работе с широкозахватными машинами не выдерживает стыковых проходов, совершая двойную обработку площади или оставляя огрехи шириной 2–6 м.

При этом проблема обеспечения точного вождения агрегатов для внесения удобрений еще более обостряется с увеличением ширины захвата современной высокопроизводительной техники.

Очевидно, что в данном случае при отсутствии специальных стендов для оперативной настройки машин выполнить их правильную регулировку весьма затруднительно. Поэтому каждый раз при изменении вида вносимого

удобрения и доз необходимо сверять положение регулятора с рекомендуемым руководством по эксплуатации. От этого зависит рабочая ширина захвата, а следовательно, и расстояние между смежными проходами агрегата [7, 8].

Качество работы центробежных машин, кроме того, зависит от качества вносимых минеральных удобрений (спектр размеров и формы гранул, сыпучести), состояния рельефа поля, выравнинности почвы, скорости ветра, квалификации механизатора и его добросовестности (строгое соблюдение заданной скорости движения), рабочей скорости и т. д.

Очевидно, чтобы внести минеральные удобрения с допустимой неравномерностью (допустимый коэффициент вариации для азотных удобрений  $\pm 10\%$ , для калийных и фосфорных  $\pm 20\%$ ) центробежными рабочими органами необходимо строго выполнять требования регламента выполнения работ.

Отсутствие маркерных устройств на машинах для внесения удобрений и пестицидов приводит к нарушениям оптимального перекрытия смежных проходов и, как следствие, к изменению норм внесения и росту неравномерности распределения.

Исследованиями установлено, что при отсутствии следоуказателей на широкозахватных машинах для внесения удобрений даже опытный, добросовестный механизатор может оставлять огрехи и перекрытия стыковых проходов шириной от 4 до 8 м. В последние годы в мировой практике наметилась тенденция использования систем параллельного вождения с применением спутниковой навигации, которые уже хорошо зарекомендовали себя в некоторых хозяйствах страны.

При управлении техникой, оснащенной системой параллельного вождения с использованием спутниковой навигации, механизатор чувствует себя комфортнее и меньше устает, имеет возможность вести машину, опираясь не на внешние ориентиры, а на показания приборов, что повышает качество и скорость работы.

Однако, как показывает практика, данная система не дает экономического эффекта в малых фермерских хозяйствах из-за дороговизны оборудования и размеров полей. Кроме того, системой параллельного вождения невозможно определить величину отклонения между шириной захвата и шириной разбрасывания центробежными аппаратами (рис. 1).

Для устранения ошибки перекрытия и всех ее неблагоприятных последствий предлагается использовать простой и дешевый универсальный пенный маркер МПУ-1.

Как система параллельного вождения, так использование различных маркеров и следоуказателей не в состоянии исключить неравномерность внесения минеральных удобрений в стыковых смежных проходах агрегата.

Для снижения величины соотношения между шириной захвата и шириной разбрасывания при работе центробежного разбрасывателя нами разработано устройство для выравнивания этого соотношения.

Как утверждают ряд авторов [5, 6], центробежный аппарат (в связи с особенностями процесса метания частиц, присущими этому устройству) обладает свойством естественной неравномерности распределения удобрений по ширине полосы внесения.

## Выводы

1. Допустимая неравномерность должна быть обоснована специальными агротехническими исследованиями.
2. Пути снижения неравномерности распределения удобрений следует искать в области усовершенствования конструкции центробежного аппарата.

## Литература

1. Назаров С.И. Экспериментально-теоретические основы механизации процесса сплошного внесения минеральных удобрений: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.410. Минск, 1970. 48 с.
2. Озолс Я.Г. Влияние ширины сектора рассева на равномерность распределения частиц удобрений центробежным дисковым аппаратом // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1976. № 5. С. 11.
3. Осипов В.Г., Евтушенко Е.Е., Устюгов В.М. Зависимость эффективности удобрений от равномерности внесения // Химия в сельском хозяйстве. 1978. № 1. С. 13–15.
4. ОСТ. 107.1-2000. Машины для внесения твердых минеральных удобрений, известковых материалов и гипса. Методы оценки функциональных показателей. М.: Минсельхоз. России. 2000. 46 с.
5. Седашкин А.Н., Костригин А.А., Драгунов А.В. Пневмомеханический центробежный разбрасыватель мелиорантов // Сельский механизатор. 2017. № 5. С. 12.

6. Якубаускас В.И. Технологические основы механизированного внесения удобрений. М.: Колос. 1973. 225 с.
7. Седашкин А.Н., Костригин А.А., Драгунов А.В. Универсальный пневмоцентробежный рабочий орган для внесения мелиорантов // Сельский механизатор. 2018. № 1. С. 6–7.
8. Седашкин А.Н., Костригин А.А., Даськин И.Н., Драгунов А.В. Потери энергии на разгон частиц пневмомеханическим центробежным рабочим органом // XLV Огаревские чтения: материалы науч. конф. В 3-х частях. Саранск: Изд-во: Мордов. ун-та, 2017. С. 193–197.
3. Osipov V.G., Evtushenko E.E., Ustyugov V.M. The dependence of the effectiveness of fertilizers on the uniformity of application. *Himiya v sel'skom hozyajstve*. 1978. No 1, pp. 13–15 (in Russ.).
4. OST. 107.1-2000. Machines for applying solid mineral fertilizers, lime materials and gypsum. Methods for assessing functional indicators. *MinSel'hoz. Rossii Publ.*. 2000. 46 p.
5. Sedashkin A.N., Kostrigin A.A., Dragunov A.V. Pneumo-mechanical centrifugal ameliorant spreader. *Sel'skij mekhanizator*. 2017. No 5, pp. 12 (in Russ.).
6. YAkubauskas V.I. *Tekhnologicheskie osnovy mekhanizirovannogo vneseeniya udobrenij* [Technological fundamentals of mechanized fertilizer application]. Moscow: Kolos Publ. 1973. 225 p.
7. Sedashkin A.N., Kostrigin A.A., Dragunov A.V. Universal pneumatic centrifugal working body for the introduction of ameliorants. *Sel'skij mekhanizator*. 2018. No 1, pp. 6–7 (in Russ.).
8. Sedashkin A.N., Kostrigin A.A., Das'kin I.N., Dragunov A.V. Loss of energy to disperse particles by a pneumomechanical centrifugal working body. *V sbornike: XLV Ogaryovskie chteniya Materialy nauch. konf.* [In the collection: XLV Ogarev readings. Materials of scientific. conf]. V 3-h chastyah. Saransk: Izd-vo: Mordov. un-ta Publ., 2017, pp. 193–197 (in Russ.).

## References

1. Nazarov S.I. *Eksperimental'no-teoreticheskie osnovy mekhanizacii processa sploshnogo vneseeniya mineral'nyh udobrenij: avtoref. dis. dokt. tekhn. nauk* [Experimental and theoretical foundations of the mechanization of the continuous application of mineral fertilizers: Dissertation for Degree of Dr.Eng.]: 05.410. Minsk, 1970. 48 p.
2. Ozols YA.G. The influence of the width of the sieving sector on the uniform distribution of fertilizer particles by centrifugal disk apparatus. *Mekhanizaciya i elektrifikaciya socialisticheskogo sel'skogo hozyajstva*. 1976. No 5, pp. 11 (in Russ.).