

определяется уровнем автоматизации данного исследования, который, в свою очередь, зависит от использования датчиков.

#### **Использованная литература:**

1. Natasha Post. History of the Combine 2021. <https://www.tractortransport.com/blog/history-of-the-combine-harvester/> (accessed May 13, 2023).
2. Petre MIU. Combine Harvesters. Taylor and Francis; 2016.
3. OLGA U. An Army of Grain-Harvesting Robots Marches Across Russia - IEEE Spectrum 2021. <https://spectrum.ieee.org/robotic-farming-russia> (accessed May 22, 2023).
4. Sallinen M, Hublin C. Fatigue-Inducing Factors in Transportation Operators. Reviews of Human Factors and Ergonomics 2015;10:138–73. <https://doi.org/10.1177/1557234X15574828>.
5. Fu J, Chen Z, Han LJ, Ren LQ. Review of grain threshing theory and technology. International Journal of Agricultural and Biological Engineering 2018;11:12–20. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20181103.3432>.
6. Fan J, Smith AP. The impact of workload and fatigue on performance. Communications in Computer and Information Science, vol. 726, Springer Verlag; 2017, p. 90–105. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-61061-0\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-61061-0_6).

УДК 631.61

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ОБЪЕМНОГО ПРОФИЛЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ РЫХЛИТЕЛЕЙ**

*Кононов Павел Владимирович, инженер 1-ой категории, ФГНУ ВНИИГиМ имени А. Н. Костякова.*

*Макаров Александр Алексеевич., старший преподаватель РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева*

*Аннотация: с целью повышения эффективности мелиоративных рыхлителей, был произведен сравнительный эксперимент мелиоративного рыхлителя объемного типа с применением дополнительного сменного оборудования.*

*Ключевые слова: агротехнические, мелиорация, глубокое рыхление, тяговое усилие*

Глубокие рыхлители почвогрунтов применяют для улучшения неблагоприятных физических свойств и гидрологического режима тяжелых почв гумидных ландшафтов, а также для решения ряда других задач в различных почвенно-климатических зонах. Такое мероприятие весьма актуально для грунтов тяжелого механического состава которые преобладают в нечерноземной зоне России и выполняется на суглинистых и глинистых почвах, коэффициент фильтрации –  $K_f$  подпахотных горизонтов,

которых в естественном состоянии в слое 300-800 мм составляет менее 0,3 м/сутки. Одним из основных условий оструктурирования тяжелых и вторично уплотненных почв является механическое (силовое воздействие) с целью разрушения (рыхления) их структуры на глубину 600-800 мм – для зоны осушения (гумидная). По данным ряда исследователей установлено, что глубокое мелиоративное рыхление тяжелых почв эффективно при строительстве мелиоративных систем, сельскохозяйственном освоении земель и их эксплуатации, периодическое проведение мероприятий по глубокому рыхлению позволяет увеличить урожайность сельхозкультур в 2-3 раза [1]. Как показывает практика эффект от глубокого рыхления сохраняется на протяжении до трех лет.

Для глубокого рыхления грунта применяют рыхлители различного типа. Наибольшее распространение для рыхления переуплотнённых почвогрунтов получили мелиоративные рыхлители пассивного действия, такие как РК-1,2; РУ-65.2,5; РС-0,6-0,8, а также рыхлители объёмного типа с V-образной формой рабочего органа РГ-0,5, РГ-0,8, РГ-1,2 с возможностью внесения химмелиорантов. Анализ факторов, определяющих потребительские свойства показал, что рыхлители объёмного типа более производительны, и в большей степени удовлетворяют агро мелиоративным требованиям чем стоечные рыхлители пассивного действия [2].

К основными факторам, формирующим агро мелиоративные свойства рыхлителей относятся однородность разрыхления по всему объёму, степень крошения, коэффициенты разрыхления и полноты рыхления (таблица 1).

Таблица 1

ПОКАЗАТЕЛЬ	ГЛУБИНА РЫХЛЕНИЯ, СМ	
	25...0,6	0,6...0,8
Отклонение средней глубины обработки от заданной, %	±10	±10
Степень крошения почвы, %	80...90	70...80
Коэффициент разрыхления	1,25	1,25
Коэффициент полноты рыхления	-	0,6...0,8
Высота гребней, образуемых стойками рыхлителей, см	6	5
Гребнистость, %	10	10
Подрезание сорняков	Полное	Полное
Перекрытие смежных проходов агрегата, см	10	10

Однако у данных рыхлителей имеются такие недостатки как большие тяговые сопротивления, неравномерность рыхления пласта по глубине –

образуют на поверхности 16% агрегатов почвы свыше 200 мм, требующих дополнительного их измельчения.

В результате полученных результатов исследования выполненного сравнительного эксперимента была выявлена рациональная конструкция рабочего органа рыхлителя, для которого были продолжены исследования с установкой дополнительного оборудования.

Для сравнительного эксперимента были выбраны рабочие органы объёмного типа трёх конструкций: с V-образным режущим контуром, с U-образным и с параболическими боковыми стойками. Рабочий орган с V-образным контуром был выбран в качестве базовой модели, как ранее воплотившийся в реальную конструкцию (РГ-08), и прошедший испытания в полевых условиях.

Исследования моделей рыхлителей без дополнительного оборудования, и с дополнительным рыхлящим оборудованием проводились в лабораторных условиях на грунтовом лотке.

В каждом опыте регистрировалось тяговое усилие, затрачиваемое лебедкой на перемещение в грунте рабочего органа рыхлителя, и оценивалось качество рыхления по образующимся фракциям разрыхлённого грунта.

На втором этапе исследований проводился сравнительный эксперимент по проверке вариантов модернизации выбранной модели. Для повышения качества рыхления, а именно достижения равномерного распределения фракций грунта по всему профилю воздействия рабочего органа в том числе и в верхнем слое, было использовано дополнительное оборудование разной конструкции. В этом случае также проводился сравнительный эксперимент, в котором изменялся только тип дополнительного рабочего оборудования. Такие факторы как параметры рабочего органа, его конструкция, глубина обработки, плотность и влажность грунта, скорость движения в процессе операции рыхления грунта оставались постоянными.

В результате проведения опытов были получены значения тягового усилия и данные по размерам фракций грунта после рыхления, являющиеся количественной оценкой рыхления. При испытаниях производился замер и анализ крупности фракций разрыхлённого грунта, (на длине 1 метра разрыхленной полосы производилось 100 измерений). По результатам измерений были построены гистограммы.

Анализ полученных данных позволил сделать вывод о том, что рабочий орган V-образного типа по энергетическим показателям является более экономичным, а по качеству рыхления он оставляет желать лучшего. Например, в верхнем слое разрыхлённого грунта содержалось около 50% фракций грунта размером более 120 мм (в пересчёте на натуру), из них около 10% размером от 240 до 540 мм. Рабочий орган U-образного типа оказался наиболее энергозатратным. Параболический рабочий орган показал удовлетворительные результаты и по тяговому усилию, и по качеству рыхления. Так, тяговое усилие превысило значение базовой модели всего на

5%, а размеров фракций более 12 см было 37%, из них около 7% размером от 240 до 320мм. Фракций размером более 320 мм не наблюдалось. Таким образом, для удовлетворения агротехнических требований, необходимо уменьшить наличие крупных фракций, а также снизить образование «гребнистости» полос после рыхления.

Для дополнительного измельчения фракций грунта было применено сменное рабочее оборудование двух типов. Первое – с поперечным рыхлящим брусом и ножами стационарно закрепленными на нем, установленным между боковыми режущими стойками, позволяющий воздействовать на выпираемый вверх объём грунта. Другая модель оборудована пятью рыхлящими дисками, свободно вращающимися на гибкой оси в виде стального троса расположенной сзади боковых стоек над полосой разрыхлённого грунта.

Анализ полученных результатов позволил дать оценку увеличения усилия при использовании дополнительного оборудования по сравнению с базовой моделью. Так, применение поперечной пластины с ножами увеличивает тяговое усилие примерно на 18-20%, применение рыхлящих дисков увеличивает усилие на 9-13%. Большее увеличение тягового усилия с поперечной планкой с зубьями можно объяснить образованием и перемещением перед планкой призмы волочения грунта.

Сравнительный анализ гистограмм, показал, что большее содержание наиболее крупных фракций наблюдалось при рыхлении базовой моделью, т.е. без дополнительного оборудования (рис. 1). Наиболее равномерное и мелкое рыхление происходило при работе рыхлителя с рыхлящими дисками. Модель с поперечной планкой с зубьями показала промежуточные результаты, но близкие к рыхлителю с рыхлящими дисками. Для рабочего органа без дополнительного рабочего оборудования видно, что присутствует большое количество крупных (более 300 мм) фракций они составляют 40% от общего количества.



**Рис. 1 - Гистограмма распределения тягового сопротивления**  
**1 – для V-образного рабочего органа; 2 – с параболическими стойками;**  
**3 – с параболическими стойками и дополнительным оборудованием**

**в виде рыхлящих дисков; 4 – для рабочего органа с параболическими стойками и дополнительным оборудованием в виде рыхлящей планки с зубьями;**  
**5 – для U-образного рабочего органа**

Сравнительный анализ экспериментальных исследований моделей объёмных мелиоративных рыхлителей показал, что рыхлитель объёмного типа с криволинейной параболической конфигурацией боковых рыхлящих стоек и с применением дополнительного рабочего оборудования позволяет обеспечить получение 70-85% фракций грунта размером до 100 мм в реальных условиях, что наиболее полно удовлетворяет агро-мелиоративным требованиям к глубокому рыхлению перед проведением посевных работ. Для практического использования в качестве дополнительного рабочего оборудования можно рекомендовать рыхлящие диски, позволяющие получать до 85% мелких фракций грунта при увеличении тягового сопротивления на 10%.

***Результаты исследования:***

1. Исследования подтвердили эффективность применения дополнительного рабочего оборудования к рыхлителю, предложенного в патентах [4, 5].

2. Увеличение тягового усилия с применением рыхлящих дисков составило 9-13 %, с поперечной планкой и зубьями составило 18-28% по сравнению с базовой моделью.

3. Сравнительный анализ данных экспериментальных исследований моделей объёмных мелиоративных рыхлителей показал, что рыхлители объёмного типа криволинейной параболической конфигурации с применением дополнительного оборудования наиболее полно удовлетворяют агро-мелиоративным требованиям по качеству работы (однородность фракций грунта), а также вполне приемлемы по энергетическим показателям.

4. Измельчение грунта в большей степени наблюдалось при работе модели с 5-ю дисками: размеры фракций до 30 мм составляли, в среднем, 80-85% (от общего количества), фракции от 30 до 60 мм составляли от 11 до 12%, наиболее крупные – до 2%. Для модели с рыхлящими зубьями мелкие фракции составляли около 70%, средние фракции от 30 до 80мм, составляли от 24 до 30%, более крупные – около 2 %.

5. Для практического использования можно рекомендовать рыхлящие диски в качестве дополнительного рабочего оборудования рабочего органа объёмного рыхлителя с криволинейными стойками параболической формы для достижения более однородной структуры почвы и исключению наиболее крупных агрегатов.

**Библиографический список**

1. Кононов, П. В. Анализ формирования потребительских свойств мелиоративных рыхлителей / П. В. Кононов // Сборник студенческих научных работ : по материалам докладов, 72-й Международной студенческой научно-практической конференции, посвященной 145-летию со дня рождения А. Г. Дояренко, Москва, 26–29 марта 2019 года. Том Выпуск 26. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2019. – С. 49-51.

2. Макаров, А. А. Основы формирования потребительских свойств мелиоративных рыхлителей / А. А. Макаров, Ю. П. Леонтьев // Доклады ТСХА, Москва, 03–05 декабря 2019 года. Том Выпуск 292, Часть II. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. – С. 83-88.

3. Патент № 2484610 С1 Российская Федерация, МПК А01В 15/00, А01В 13/10. объемный мелиоративный рыхлитель: № 2011152071/13: заявл. 21.12.2011: опубл. 20.06.2013 / А. А. Макаров, Ю. П. Леонтьев; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет природообустройства".

4. Патент на полезную модель № 136673 U1 Российская Федерация, МПК А01В 13/10. Объемный мелиоративный рыхлитель с дополнительным оборудованием: № 2013119859/13: заявл. 23.08.2013: опубл. 20.01.2014 / Ю. Г. Ревин, Ю. П. Леонтьев, А. А. Макаров; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет природообустройства".

УДК: 623.9

## **ПРОЦЕССЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ ВО ВРЕМЯ УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

*Хуссейн Ибрагим Адил Хуссейн: аспирант кафедры эксплуатации машинно тракторного парка, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [abu.alhutab6@gmail.com](mailto:abu.alhutab6@gmail.com).*

*Левшин Александр Григорьевич, д.т.н., профессор, Кафедра эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве [alev200151@rambler.ru](mailto:alev200151@rambler.ru), [emtpivtr@rgau-msha.ru](mailto:emtpivtr@rgau-msha.ru),*

*Альшинайин Хайдер Джамил Джабер, соинФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Тамбов [haiderjjsh2000@yahoo.com](mailto:haiderjjsh2000@yahoo.com).*

*Алшабеби аль –Хаттаб Нихад Муса: аспирант кафедры эксплуатации машинно тракторного парка, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. [kt.na09@gmail.com](mailto:kt.na09@gmail.com).*