

УДК 631.354.2

DOI: 10.53083/1996-4277-2025-253-11-77-83

В.Н. Ожерельев, В.Ю. Савин, В.В. Никитин,  
И.П. Адылин, А.М. Гринь  
V.N. Ozherelev, V.Yu. Savin, V.V. Nikitin,  
I.P. Adylin, A.M. Grin

## АПРОБАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ЛЕГКИХ КОМПОНЕНТОВ ВОРОХА В ОЧЕСЫВАЮЩЕМ АДАПТЕРЕ

### TESTING THE TECHNOLOGY OF PRELIMINARY SEPARATION OF LIGHT COMPONENTS OF THE HEAP IN THE STRIPPING ADAPTER

**Ключевые слова:** развитие зерноуборочной техники, зерноуборочный комбайн, уборка зерновых культур, очесывающий адаптер, очесанный ворох, выделение легких примесей, легкие компоненты вороха.

Максимальная производительность зерноуборочного комбайна с очесывающим адаптером может быть реализована только при условии адаптации зерноуборочного комбайна к особенностям технологии очеса растений. Одним из этапов такой адаптации является решение задачи по предварительному выделению легких компонентов вороха с целью разгрузки системы очистки комбайна. Произведены исследования процесса выделения легких примесей в очесывающем адаптере с использованием жалюзийных решеток, установленных на задней стенке адаптера. В качестве параметра оптимизации выбран такой параметр, как доля выделенных легких компонентов вороха. Контролировалась также доля вынесенного зерна. В качестве фактора определен такой параметр, как угол наклона жалюзийной решетки. Эксперимент проводили в условиях, типичных для зоны. Объект уборки – озимая пшеница сорта Амелия. Влажность зерна составила 15%. Урожайность пшеницы – 52 ц/га. В рамках статистической обработки результатов эксперимента проведена проверка однородности дисперсий по критерию Кокрена. Дисперсии признаны однородными. В результате эксперимента установлено, что доля легких компонентов вороха изменялась от 8,5 до 15,1%, доля вынесенного зерна – от 0,11 до 0,71%. Наиболее приемлемые результаты достигнуты при угле наклона пластины жалюзийной решетки, равном 75°. При этом доля выделенных легких компонентов вороха составила 8,5% при доле вынесенного зерна, равной 0,11%. Результаты опытов и дальнейшие работы по оптимизации параметров жалюзийной решетки формируют предпосылки для повышения

доли выделенных легких компонентов вороха до 15% при допустимой доле вынесенного зерна.

**Keywords:** development of grain harvesting equipment, combine harvester, grain crop harvesting, stripping adapter, stripped heap, light impurity separation, heap light components.

The maximum output capacity of a combine harvester with a stripping adapter may only be achieved if the combine harvester is adapted to the specifics of crop stripping technology. One stage of this adaptation involves preliminary separation of light components of the grain heap to relieve the load on the combine cleaning system. The process of separating light impurities in the stripping adapter was studied using louvered screens mounted on the rear wall of the stripping adapter. The proportion of separated light components of the grain heap was selected as an optimization parameter. The proportion of removed grain was also monitored. The angle of the louvered screen was determined as a factor. The experiment was conducted under the conditions typical for the zone. The Ameliya winter wheat variety was harvested. The grain moisture content was 15%. The wheat yield amounted to 5.2 t ha. As part of the statistical processing of the experimental results, the homogeneity of variances was tested using the Cochran's test. The variances were found to be homogeneous. The experiment revealed that the proportion of light-weight components in the heap varied from 8.5 to 15.1%, while the proportion of removed grain varied from 0.11 to 0.71%. The most acceptable results were achieved with a 75° louver plate inclination. The proportion of removed light-weight components in the heap was 8.5% with 0.11% grain removal proportion. The results of the experiments and further work to optimize the louver parameters provide the basis for increasing the proportion of removed light-weight components in the heap to 15% while maintaining an acceptable proportion of removed grain.

**Ожерельев Виктор Николаевич**, д.с.-х.н., профессор, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, с. Кокино, Выгоничский район, Брянская обл., Российская Федерация, e-mail: vicoz@bk.ru.

**Савин Владимир Юрьевич**, к.т.н., доцент, Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), г. Москва, Российская Федерация, e-mail: savinvu@bmstu.ru.

**Никитин Виктор Васильевич**, д.т.н., доцент, зав. кафедрой технического сервиса, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, с. Кокино, Выгоничский район, Брянская обл., Российская Федерация, e-mail: viktor.nike@yandex.ru.

**Адылин Иван Петрович**, к.т.н., доцент, зав. кафедрой технических систем в агробизнесе, природообустройстве и дорожном строительстве, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, с. Кокино, Выгоничский район, Брянская обл., Российская Федерация, e-mail: vanro1989@mail.ru.

**Гринь Александр Михайлович**, к.э.н., доцент, директор инженерно-технологического института, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, с. Кокино, Выгоничский район, Брянская обл., Российская Федерация, e-mail: grin970@mail.ru.

**Ozherelev Viktor Nikolaevich**, Dr. Agr. Sci., Prof., Bryansk State Agricultural University, Kokino, Vygonichskiy District, Bryansk Region, Russian Federation, e-mail: vicoz@bk.ru.

**Savin Vladimir Yurevich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation, e-mail: savinvu@bmstu.ru.

**Nikitin Viktor Vasilevich**, Dr. Tech. Sci., Assoc. Prof., Bryansk State Agricultural University, Kokino, Vygonichskiy District, Bryansk Region, Russian Federation, e-mail: viktor.nike@yandex.ru.

**Adylin Ivan Petrovich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Bryansk State Agricultural University, Kokino, Vygonichskiy District, Bryansk Region, Russian Federation, e-mail: vanro1989@mail.ru.

**Grin Aleksandr Mikhaylovich**, Cand. Econ. Sci., Assoc. Prof., Director, Engineering and Technology Institute, Bryansk State Agricultural University, Kokino, Vygonichskiy District, Bryansk Region, Russian Federation, e-mail: grin970@mail.ru.

## Введение

Технология очеса растений на корню входит в число перспективных технологий, определяющих стратегию развития зерноуборочной техники. Снижение поступления солоmistых частиц при уборке зерновых создает предпосылки по значительному повышению производительности комбайна по зерну. Кроме того, технология очеса зерновых культур имеет определенные особенности, позволяющие несколько пересмотреть классическую схему движения компонентов хлебной массы в зерноуборочном комбайне. Главной такой особенностью является высокая доля свободного зерна в очесанном ворохе [1].

Использование очесывающей жатки на стандартном зерноуборочном комбайне в целом возможно и оправдано [2, 3]. Кроме того, это дает без малого перевод зерноуборочного комбайна в новый повышенный класс производительности. При этом полной реализации потенциала повышения производительности не происходит. Дело в том, что система очистки зерноуборочного комбайна в определённый момент времени перестанет справляться с увеличивающимся потоком мелких частиц вороха, поэтому

предварительное выделение мелких частиц вороха является весьма актуальной задачей. Кроме того, если реализовывать процесс предварительного выделения свободного зерна, уменьшение количества частиц мелкого вороха благоприятно скажется на эффективности и данного процесса [4].

Одним из наиболее «простых» вариантов сепарации очесанного вороха является вариант при использовании очесывающей жатки с достаточно большой площадью сетчатой поверхности в задней части адаптера [5]. При этом вариант сепарации с использованием сетчатой поверхности имеет существенные недостатки. Во-первых, сетка склонна к забиванию, а во-вторых, несмотря на различия в скорости витания половы и свободного зерна, значительная часть зерна будет все-таки уходить в потери. Тут значительную роль играют две особенности. Во-первых, размеры половы сопоставимы с размером зерна и, во-вторых, процесс транспортирования хлебной массы от очесывающего барабана к шнеку – это швырково-пневматический процесс. Здесь на значительном этапе транспортирования скорость зерна превышает скорость

воздушного потока, соответственно, траектория движения зерна части зерен будет далека от оптимальной, обеспечивающей равномерный сход на шнек.

Более совершенным является вариант конструкции очесывающего адаптера, предусматривающий предварительное выделение мелких примесей, с использованием в задней части адаптера жалюзийной решетки. В районе каналов решетки будет происходить поворот воздушного потока и создаваться предпосылки для выноса только легких частиц, движущихся вместе с потоком.

**Цель** исследования – определить доли выделенных легких примесей и вынесенного зерна через жалюзийную решетку очесывающего адаптера при уборке пшеницы.

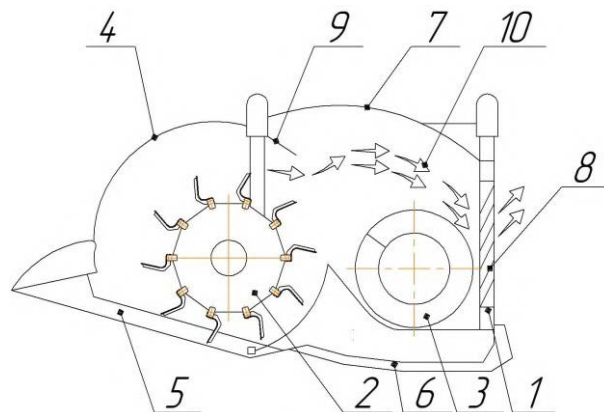
### Объекты и методы

Для исследования процесса выделения мелких примесей часть очесывающей жатки «Озон» переработана путем установки на задней стенке очесывающего адаптера изготовленных жалюзийных решеток вместо стандартного щитка. Схема очесывающего адаптера с жалюзийными решетками представлена на рисунке 1. Также изготовлен специальный сетчатый мешок для сбора компонентов вороха, прошедших через решетки и механизм его быстросъемного крепления.

Жалюзийная решетка образована продольными пластинами, сориентированными под определенным углом относительно нормали к поверхности задней стенки адаптера.

Процесс сепарации происходит следующим образом. Легкие примеси 10 под воздействием воздушного потока и инерционных сил поступают к задней стенке адаптера. При прохождении вороха вдоль отверстий жалюзийной решетки 8 воздушный поток резко меняет свое направление. Захватывая часть легких примесей, воздушный поток уносит их наружу из корпуса. Зерно и колоски меньше отклоняются наклонным воздушным потоком и под действием силы тя-

жести оседают в районе шнека 3 и выводятся к наклонному транспортеру.



**Рис. 1. Очесывающий адаптер с жалюзийными решетками:**

- 1 – корпус; 2 – очесывающий рабочий орган;  
3 – шнек; 4 – обтекатель; 5 – отсекающий орган;  
6 – лыжа; 7 – крышка; 8 – жалюзийная решетка;  
9 – внутренний щиток; 10 – легкие примеси

Фотография переоборудованного очесывающего адаптера представлена на рисунке 2.



**Рис. 2. Задняя часть очесывающего адаптера**

Схема жалюзийной решетки представлена на рисунке 3. Отверстия решетки образуют совокупность сепарирующих каналов. Длина пластин



решетки составила 680 мм, ширина пластин  $b$  – 80 мм. Пластины наклонены к горизонтالي под углом  $\beta$ .

В качестве параметра оптимизации был выбран такой параметр, как доля выделенных легких компонентов вороха,  $\mu$  %. Также контролировались потери зерна или доля вынесенного зерна  $\gamma$  %. В качестве фактора определен такой параметр как угол наклона пластин  $\beta$  жалюзийной решетки. Данный параметр является определяющим при формировании структуры потока в сепарирующих каналах.

Запланированы следующие пределы вариации фактора: угол наклона пластин  $\beta = 55-75^\circ$ .

Для реализации экспериментальных исследований на всех необходимых уровнях факторов изготовлен комплект жалюзийных сменных решеток. Фотография жалюзийной решетки представлена на рисунке 3.

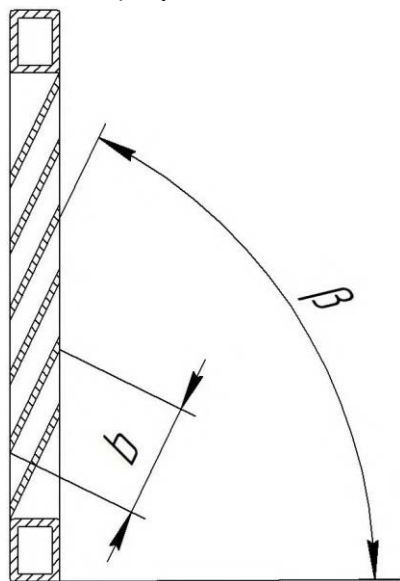


Рис. 3. Схема жалюзийной решетки

В результате планирования предложены условия эксперимента, представленные в таблице 1.

Таблица 1  
Условия эксперимента

| Уровень фактора | $\beta, ^\circ$ |
|-----------------|-----------------|
| Верхний         | 75              |
| Основной        | 65              |
| Нижний          | 55              |

Эксперимент проводили на полях учхоза Брянского государственного аграрного университета в условиях, типичных для зоны. Объект уборки – озимая пшеница сорта Амелия. Влажность зерна составила 15%, урожайность пшеницы – 52 ц/га, длина опытной делянки – 10 м.

### Экспериментальная часть

Эксперимент проводили в следующей последовательности. Устанавливали необходимую сменную жалюзийную решетку в соответствии с номером эксперимента, далее монтировали специальный мешок-улавливатель на специальной быстротъемной рамке. После осуществления рабочего прохода мешок снимался и его содержимое сыпалось в отдельную емкость. Каждый эксперимент проводился в трехкратной последовательности. Фотография проведения экспериментальных исследований представлена на рисунке 4.



Рис. 4. Проведение экспериментальных исследований

Выделенную массу сортировали с разделением на мелкие примеси и свободное зерно. Сортировка и разделение выполнялись вручную на специальном столе. Далее производились

взвешивание каждой отобранной навески на лабораторных весах и фиксация результата.

### Результаты исследований и их обсуждение

В рамках первого этапа обработки результатов проведения экспериментальных исследований процесса предварительного выделения мелких примесей определены средние значения контролируемых величин. Средние массы выделенных легких компонентов вороха и вынесенного зерна представлены в таблице 2.

Таблица 2

#### Результаты проведения экспериментальных исследований

| Угол наклона пластин $\beta$ , ° | Средняя масса легких компонентов вороха, г | Средняя масса зерна, г |
|----------------------------------|--|------------------------|
| 55                               | 76,7                                       | 29,7                   |
| 65                               | 41,3                                       | 12,7                   |
| 75                               | 43,3                                       | 4,7                    |

В рамках статистической обработки результатов эксперимента была проведена проверка однородности дисперсий по критерию Кокрена [6]. Определены наблюдаемые значения критерия  $G_{набл}$  и проведено их сравнение с критическими значениями критерия  $G_{кр}$ . При обработке данных по массе выделенных легких компонентов вороха  $G_{набл} = 0,5 < G_{кр} = 0,87$ . При обработке данных по массе вынесенного зерна  $G_{набл} = 0,83 < G_{кр} = 0,87$ . Таким образом, дисперсии признаны однородными, что свидетельствует о равноточности измерений и отсутствии грубых ошибок.

Анализ и обобщение результатов эксперимента предполагали пересчет величин масс легких компонентов вороха и масс зерна в доли выделенных легких компонентов вороха  $\mu$  и доли вынесенного зерна  $\gamma$ .

Доля вынесенного зерна пересчитана исходя из указанной урожайности. Для определения доли выделенных легких компонентов вороха также необходим такой параметр, как содержание легких компонентов в очесанном ворохе  $\delta$ . С учетом результатов экспериментальных исследований [7] данный параметр при расчетах принят равным  $\delta = 10\%$ .

Результаты обработки экспериментальных данных по определению доли выделенных легких компонентов вороха и доли вынесенного зерна в зависимости от угла наклона пластин представлены в таблице 3.

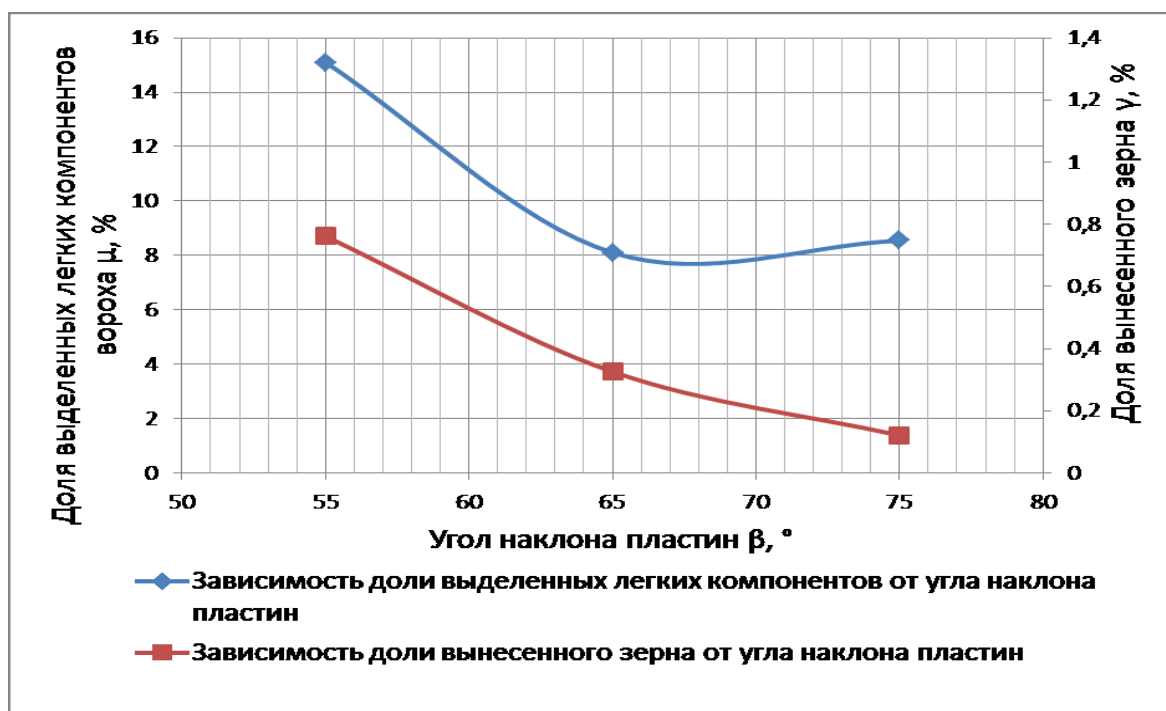
Таблица 3

#### Доля выделенных легких компонентов и потери зерна

| Угол наклона пластин $\beta$ , ° | Доля выделенных легких компонентов вороха, $\mu$ % | Доля вынесенного зерна $\gamma$ , % |
|----------------------------------|--|-------------------------------------|
| 55                               | 15,1   | 0,71                                |
| 65                               | 8,1  | 0,30                                |
| 75                               | 8,5  | 0,11                                |

Графические зависимости доли выделенных компонентов вороха и доли вынесенного зерна от угла наклона пластин представлены на рисунке 5.

Анализ графических зависимостей позволяет выделить область значений угла наклона пластин, где имеет место повышение доли выделенных компонентов вороха при допустимых потерях зерна. При увеличении угла наклона пластин жалюзийной решетки, от 65° до 75°, имеет место как снижение доли вынесенного зерна, так и стабилизация с небольшим увеличением доли вынесенных легких компонентов вороха. Наиболее приемлемые результаты достигнуты при угле наклона пластины жалюзийной решетки, равном 75°. При этом доля выделенных легких компонентов вороха составила 8,5% при доле вынесенного зерна, равной 0,11%.



*Рис. 5. Результаты экспериментальных исследований, полученные при изменении угла наклона пластин жалюзийной решетки*

### Выводы

Результаты опыта формируют базу для дальнейших исследований с целью увеличения доли вынесенных легких компонентов вороха. При этом при планировании последующих экспериментальных исследований целесообразно ориентироваться на область угла наклона пластин в районе  $75^\circ$  с соответствующим выбором центра плана и оценкой влияния дополнительного фактора, такого как расстояние между пластинами.

### Библиографический список

1. Савин, В. Ю. Определение состава очесанного вороха при уборке пшеницы с использованием прицепного очесывающего устройства / В. Ю. Савин. – Текст: непосредственный // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2016. – № 4 (51). – С. 96-99.
2. Ковлягин, Ф. В. Уборка зерновых культур методом очеса / В. Ф. Ковлягин, Г. Г. Маслов. – Текст: непосредственный // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1991. – № 8. – С. 5-6.
3. Сравнительная оценка очесывающих адаптеров различных конструкций / Э. В. Жал-

нин [и др.]. – Текст: непосредственный // Научно-технический бюллетень ВИМ. – 1992. – № 83. – С. 21-24.

4. Влияние состава очесанного зернового вороха на предварительную сепарацию свободного зерна / Ожерельев В.Н. [и др.]. – Текст: непосредственный // Тракторы и сельхозмашины. – 2024. – Т. 91, № 5. – С. 553-561.

5. А.с. № 1165278 СССР, МПК А01D41/08. Устройство для обмолота растений на корню / И. К. Голубев [и др.]. – Заявка № 3633051/30-15 от 24.05.1983; опубл. 07.07.1985, Бюл. № 25. – Текст: непосредственный.

6. Болдин, А. П. Основы научных исследований и УНИРС: учебное пособие / А. П. Болдин, В. А. Максимов. – Москва: Московский автомобильно-дорожный институт, 2002. – 276 с. – Текст: непосредственный.

7. Леженкин, И. А. Статистическая модель содержания половеи в очесанном ворохе озимой пшеницы. / И. А. Леженкин. – Текст: непосредственный // Вестник Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенка. – 2013. – № 132. – С. 355-360.

## References

1. Savin V.Yu. Opredelenie sostava ochesan-nogo vorokha pri uborke pshenitsy s ispolzovaniem pritsepnogo ochesyvayushchego ustroystva // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrar-nogo universiteta. – 2016. – No. 4 (51). – S. 96-99.
2. Kovlyagin F. V. Uborka zernovykh kultur metodom ochesa / V. F. Kovlyagin, G. G. Maslov // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo kho-zyaystva. – 1991. – No. 8. – S. 5–6.
3. Sravnitel'naya otsenka ochesyvayushchikh adapterov razlichnykh konstruktsiy / E. V. Zhalnin [i dr.] // Nauchno-tekhnicheskii byulleten VIM. – 1992. – No. 83. – S. 21-24.
4. Vliyanie sostava ochesannogo zernovogo vo-rokha na predvaritelnuyu separatsiyu svobodnogo zerna / Ozherelev V.N. [i dr.] // Traktory i selkhoz-mashiny. – 2024. – T. 91. – No. 5. – S. 553-561.
5. A.S. No. 1165278 SSSR, MPK A01D41/08. Ustroystvo dlya obmolota rasteniy na kornyu / I.K. Golubev [i dr.]. – Zayavka No. 3633051/30-15 ot 24.05.1983; opubl. 07.07.1985, byul. No. 25.
6. Boldin A. P. Osnovy nauchnykh issledovaniy i UNIRS: uchebnoe posobie / A. P. Boldin, V. A. Maksimov. – Moskva: MADI, 2002. – 276 s.
7. Lezhenkin I.A. Statisticheskaya model sodержaniya polovy v ochesannom vorokhe ozimoy pshenitsy. / I.A. Lezhenkin // Vestnik Khar-kovskogo natsionalnogo tekhnicheskogo universi-teta selskogo khozyaystva imeni Petra Vasilenka. – 2013. – No. 132. – S. 355-360.



УДК 631.3

DOI: 10.53083/1996-4277-2025-253-11-83-90

А.В. Тур, В.И. Беляев

A.V. Tur, V.I. Belyaev

## ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ПОСЕВНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ПОСЕВА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ И ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

### RATIONAL SEEDING UNIT SELECTION FOR DIFFERENTIAL SOWING OF SPRING WHEAT AND MINERAL FERTILIZER APPLICATION IN THE ALTAI REGION

**Ключевые слова:** машинно-тракторный агрегат (МТА), яровая пшеница, дифференцированный посев и внесение удобрений, зона плодородия поля, индекс вегетации NDVI, расход топлива, производительность, эксплуатационные и приведенные затраты.

Представлено обоснование выбора рационального посевного агрегата для дифференцированного посева и внесения удобрений с учётом неоднородности почвенных характеристик по участкам полей. Основная цель работы – повышение эффективности выполнения дифференцированного посева и внесения минеральных удобрений за счет обоснования рациональных параметров и режимов работы посевного агрегата. Для реализации технологии используются специализированные машины с навигационными системами и возможностью секционного управления. Коммуникация техники осуществляется

через ISOBUS-терминалы. Использование терминалов ISOBUS является наиболее распространенным техническим решением для загрузки и исполнения карт на основе индексов NDVI и их разновидностей. В ходе исследования проведены расчёты и сравнения различных вариантов посевных агрегатов на базе тракторов с мощностью двигателя 220-309 кВт и сеялок шириной захвата 6-12 м. Установлено, что наиболее эффективным вариантом МТА является применение трактора с мощностью двигателя 309 кВт и сеялки шириной захвата 9 м. Величина эксплуатационных и приведенных затрат при этом минимальна 637,5 и 987,2 руб/га соответственно). Проведенные расчеты позволяют обеспечить правильное комплектование посевного агрегата: подбор рациональных параметров трактора и посевного комплекса. Так как функция дифференцированного сева и внесения удобрений лишь немного удорожает и утяжеляет МТА, затраты увеличиваются незначи-