

DOI 10.5281/zenodo.10135005

EDN MMUCCP

УДК 631.316.2:631.316.6

Джабборов Н. И., Добринов А. В., Комоедов А. Д.

ОЦЕНКА РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО АГРЕГАТА С АДАПТИВНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»

Реферат. Разработка специализированных машин для рыхления почвы и уничтожения сорной растительности и обоснование рациональных режимов их работы, которые бы отвечали требованиям стандартов экологической безопасности, энергосбережения, качества выполнения операций является одним из ключевых направлений развития интенсивного и органического производства растениеводства в АПК. Цель исследований – получение экспериментальных данных, позволяющих выявить закономерности изменения энергетических параметров и агротехнических показателей работы экспериментального образца комбинированного почвообрабатывающего агрегата с адаптивными рабочими органами. Объектом исследований являлся технологический процесс рыхления, подрезания и вычесывания сорной растительности, выполняемый комбинированным почвообрабатывающим агрегатом КПМ-2.7 в агрегате с трактором класса 1.4. По результатам агротехнической оценки работы КПМ-2.7 степень крошения почвы составила 94–97 %, гребнистость – 4,5 см, средняя глубина обработки почвы и подрезания корневой системы сорной растительности – 12 см, степень подрезания сорной растительности – 100 %. Средняя скорость движения МТА находилась в пределах 1,83–3,33 м/с. Основная часть (92 %) подрезанной растительности была поднята пружинной бороной на поверхность почвы. На основе экспериментальных данных получены эмпирические зависимости, описывающие закономерности изменения вероятностно-статистических характеристик тягового сопротивления, среднего значения производительности КПМ-2.7 в агрегате с трактором Беларус-82.1 и его тягового КПД. Результаты исследований свидетельствуют о том, что комбинированный почвообрабатывающий агрегат КПМ-2.7 обеспечивает рациональную загрузку двигателя ММЗ Д-243S2 трактора Беларус-82.1 в диапазоне рабочих скоростей от 2,5–3,0 м/с. Значение КПД подтверждает эффективность конструкции разработанной машины КПМ-2.7 при агрегатировании с трактором Беларус-82.1. Выявленные закономерности изменения тягового сопротивления, производительности, тягового КПД трактора и показатели качества технологического процесса позволяют обосновать рациональные параметры и режимы работы КПМ-2.7 с адаптивными рабочими органами для поверхностной и мелкой обработки почвы с уничтожением сорной растительности с мощной корневой системой.

Ключевые слова: поверхностная, мелкая обработка почвы, рыхление, подрезание сорняков, почвообрабатывающий агрегат, адаптивные рабочие органы, тяговое сопротивление, производительность, КПД.

Для цитирования: Джабборов Н. И., Добринов А. В., Комоедов А. Д. Оценка работы комбинированного почвообрабатывающего агрегата с адаптивными рабочими органами // Таврический вестник аграрной науки. 2023. № 3(35). С. 52–63. EDN: MMUCCP. DOI: 10.5281/zenodo.10135005.

For citation: Dzhabborov N. I., Dobrinov A. V., Komoeedov A. D. Evaluation of the work of a combined tillage unit with adaptive working bodies // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2023. No. 3(35). P. 52–63. EDN: MMUCCP. DOI: 10.5281/zenodo.10135005.

Введение

Разработка конструкций технических средств, которые отвечают требованиям стандартов экологической безопасности, энергосбережения, качества выполнения операций является одним из ключевых направлений развития интенсивного и органического производства растениеводства в современном АПК. Разрабатываемые технические средства позволят повысить производительность труда и создать благоприятные условия для роста растений, что обеспечит стабильную урожайность сельскохозяйственных культур [1–4].

Современные биологизированные технологии запрещают использование средств химической защиты растений, в частности гербицидов, и базируются на принципах активного использования севооборотов и агротехнических мероприятий, подразумевающих механическую обработку почвы как одну из экологически безопасных мер борьбы с сорной растительностью [5]. Как известно, на обработку почвы при возделывании той или иной культуры затрачивается 35–45 % энергии [6]. В отличие от культурных растений сорняки более устойчивы к неблагоприятным условиям окружающей среды и способны противостоять мерам борьбы с ними. На ранних стадиях вегетации культур, сорная растительность выносит большую часть питательных веществ и влаги из почвы, что негативно сказывается на урожайности и наносит вред сельхозтоваропроизводителю [7, 8].

Сейчас существует большое количество конструкций сельскохозяйственных машин, которые способны проводить различные технологические операции по поверхностной и мелкой обработке почвы, в том числе по уничтожению сорной растительности, однако, заявленные производителем их технические возможности часто не отвечают в полном объеме агротехническим требованиям, которые предъявляют к указанным видам работ [9–11].

Анализ технических средств для поверхностной и мелкой обработки почвы и уничтожения сорняков показал, что применяемые в настоящее время лапы культиваторов и плоскорежущие орудия имеют недостаточную ширину захвата, не имеют возможности изменения угла крошения и непригодны для обработки на большой глубине. Такие рабочие органы не позволяют изменить площадь их фронтальной проекции (поверхности) для снижения тягового сопротивления, не обеспечивают качественный срез мощной корневой системы многолетних сорных растений, периодически забиваются и оставляют некоторое их количество на поле [12, 13].

Одним из главных негативных факторов, полученных на основе практики, является достаточно высокая энергоемкость самого процесса обработки почвы [14, 15].

На основе проведенного анализа с целью повышения эффективности технологических процессов обработки почвы по биологизированным технологиям производства органической продукции в институте агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (г. Санкт-Петербург) в 2021–2022 гг. был разработан экспериментальный образец комбинированного почвообрабатывающего агрегата (КПМ-2.7) для поверхностной и мелкой обработки почвы с адаптивными рабочими органами (рисунок 1).

Основная отличительная особенность КПМ-2.7 заключается в предложенной новой конструкции рабочих органов серповидной формы, адаптированных к участкам полей с разнообразной сорной растительностью, использование которых обеспечивает полное подрезание однолетних и многолетних сорняков, имеющих мощную корневую систему, рыхление на заданную глубину, а при установке блока пружинных борон – одновременное вычесывание сорной растительности на поверхность [16].



Рисунок 1 – Общий вид комбинированного почвообрабатывающего агрегата КПМ-2.7

Цель исследований – получение экспериментальных данных, позволяющих выявить закономерности изменения энергетических параметров и агротехнических показателей работы экспериментального образца комбинированного почвообрабатывающего агрегата с адаптивными рабочими органами.

Материалы и методы исследований

Объектом исследований является технологический процесс рыхления, подрезания и вычесывания сорной растительности, выполняемый комбинированным почвообрабатывающим агрегатом КПМ-2.7 в агрегате с трактором класса 1.4.

В таблице 1 приведена техническая характеристика КПМ-2.7.

Таблица 1 – Техническая характеристика КПМ-2.7

Параметр		Значение
Тяговый класс трактора		1.4–2
Тип машины		навесная
Рабочая скорость, м/с (км/ч)		1,67–2,78 (6–10)
Рабочая ширина захвата, м:		2,7
Производительность в час, га	основного времени	1,62–2,70
	сменного времени	1,38–2,30
Габаритные размеры, длина/ширина/высота, мм:		2800/2700/1400
Масса машины, кг		910
Глубина обработки почвы, см		5–14
Количество основных рабочих органов (серпообразные лапы), шт.		6
Количество пружинных зубьев, шт.		18
Междуследие основных рабочих органов, мм		840
Транспортная скорость, км/ч		не более 20

Исследования работы экспериментального образца комбинированного почвообрабатывающего агрегата КПМ-2.7 были проведены на территории экспериментально-производственной базы института в сентябре 2022 г.

Агрофон – участок с массовым произрастанием сорной растительности (рисунок 2) на землях сельскохозяйственного назначения в границах территории Пушкинского района г. Санкт-Петербурга. Предшествующая операция – дискование (проведена в июне 2022 г.). Методом подсчета на закрепленных площадках (рамках 1×1 м) генеративных побегов сорных растений (плотность растений) установлено их количество, которое находилось в пределах от 3 до 5 шт./м². На рисунке 2 показано определение количества произрастания стеблей растения на 1м² поля. При этом измеряли среднюю высоту растений, которая составила 18 см на м².



Рисунок 2 – Агрофон перед проведением экспериментальных исследований

Агротехническую оценку работы комбинированного почвообрабатывающего агрегата КПМ-2.7 проводили в соответствии с ГОСТ 33687-2015. «Машины и орудия для поверхностной обработки почвы. Методы испытаний».

Условия проведения исследований, а также физико-механические свойства агрофона участка, на котором выполняли исследования работы КПМ-2.7 сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Условия проведения исследований

Показатель	Значение
Температура атмосферного воздуха, °С	11
Площадь участка, га	0,5
Длина гона поля, м	100
Влажность почвы, %	22
Относительная влажность воздуха, %	74
Средняя скорость ветра, м/с	3,8
Направление ветра	западный, юго-западный
Тип почвы	среднесуглинистая дерново-подзолистая
Рельеф поля, °	1–2
Количество камней, шт./м ²	0,005
Средние размеры камней, мм	250–350
Засоренность поля, шт./м ²	1–2
Твердость почвы до обработки в слое 0–7 см и 0–14 см, МПа	0,21/0,49

Энергетическую оценку комбинированного почвообрабатывающего агрегата КПМ-2.7, агрегируемого с трактором Беларус-82.1 проводили методом буксирования. В качестве буксирующего энергетического средства использовали трактор ДТ-75 (рисунок 3). При этом между энергетическими средствами устанавливали S-образный тензодатчик для передачи сигналов на измерительно-информационную систему ИП-264 разработки ФГНУ «РосНИИТиМ», с помощью которой, используя специальное программное обеспечение «Исследователь» (версия 5.6), проводили обработку полученных данных.



Рисунок 3 – Определение тягового сопротивления комбинированного почвообрабатывающего агрегата КПМ-2.7 методом буксирования

Результаты и их обсуждение

Перед определением показателей качества выполнения технологического процесса для комбинированного почвообрабатывающего агрегата КПМ-2.7 были установлены рациональные скоростные режимы работы применительно к конкретным условиям исследований и глубина обработки.

На рисунке 4 представлены результаты подрезания сорных растений рабочими органами машины серповидной формы.



Рисунок 4 – Подрезанная корневая система сорняка

На рисунке 5 представлены результаты вычесывания подрезанных сорных растений блоком пружинных зубьев бороны, установленной после основных рабочих органов.



Рисунок 5 – Вычесанная на поверхность участка после подрезания корневой системы сорная растительность

На рисунке 6 представлен общий вид участка после работы комбинированного почвообрабатывающего агрегата КПМ-2.7.



Рисунок 6 – Общий вид участка, обработанного агрегатом КПМ-2.7

По результатам обработки полученных экспериментальных данных степень крошения почвы составила 94–97 %, средняя высота гребней и глубина борозд после прохода агрегата – 4,5 см, средняя глубина обработки почвы и подрезания корневой системы сорной растительности – 12 см, что является достаточно глубокой обработкой для удаления сорняков. Кроме того, степень подрезания сорной растительности составила 100 %, то есть, сорняки были подрезаны полностью на всем участке поля. Средняя скорость движения МТА при энергооценке варьировала в пределах 1,83–3,33 м/с, при этом на каждой скорости обеспечивалось полное подрезание сорняков. Результаты показали, что основная часть (92 %) подрезанных корней и стеблей была поднята пружинной бороной на поверхность почвы, что позволило избежать дальнейшего прорастания сорняков.

В таблице 3 приведены значения кинетической энергии \mathcal{E}_k агрегата в зависимости от скорости V_p его движения при средней глубине обработки почвы 12 см.

Таблица 3 – Экспериментальные данные по тяговому сопротивлению и кинетической энергии КПМ-2.7 в агрегате с МТЗ-82.1 в зависимости от скорости его движения

Скорость движения агрегата, V_p , м/с	Кинетическая энергия агрегата, \mathcal{E}_k , кг·м ² /с ² (Вт) / кВт
1,83	8673,65/8,67
2,22	12764,56/12,76
3,33	28720,25/28,72

С повышением скоростного режима работы от 1,83 м/с до 3,33 м/с кинетическая энергия агрегата увеличивается с 8,67 кВт до 28,72 кВт, то есть в 2,31 раза. Величина кинетической энергии существенно влияет на динамику движения агрегата. Саморегулирование баланса между движущей силой агрегата и сопротивлением почвообрабатывающей машины, которое имеет случайный характер, зависит от силы инерции и кинетической энергии, следовательно, чем больше величина кинетической энергии агрегата, тем устойчивее его работа и движение.

На рисунках 7–9 представлены графические зависимости вероятностно-статистических характеристик: тягового сопротивления R_a , среднего квадратического отклонения тягового сопротивления σ_R , коэффициента вариации тягового сопротивления V_R агрегата, а на рисунке 10 – плотность распределения тягового сопротивления R_a КПМ-2.7 в агрегате с трактором Беларусь-82.1 от скорости движения V_p .

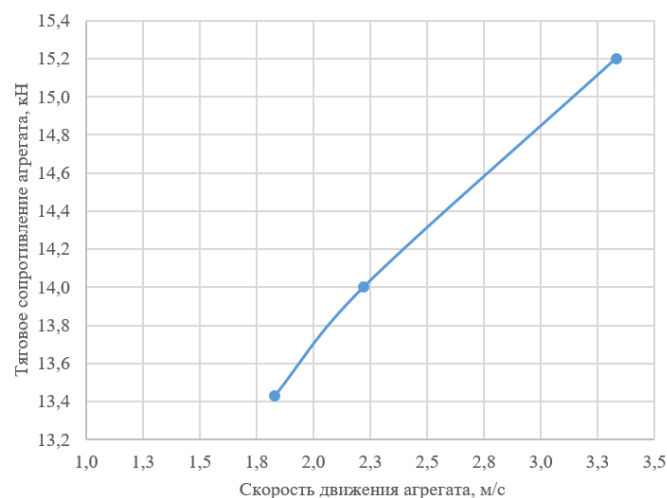


Рисунок 7 – Зависимость тягового сопротивления R_a КПМ-2.7 в агрегате с трактором Беларусь-82.1 от скорости движения V_p

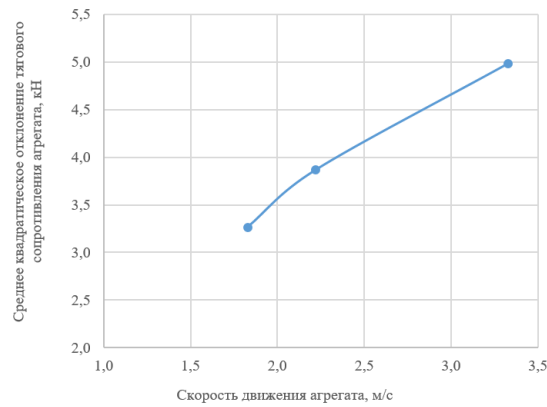


Рисунок 8 – Зависимость среднего квадратического отклонения тягового сопротивления σ_R КПМ-2.7 в агрегате с трактором Беларус-82.1 от скорости движения V_p

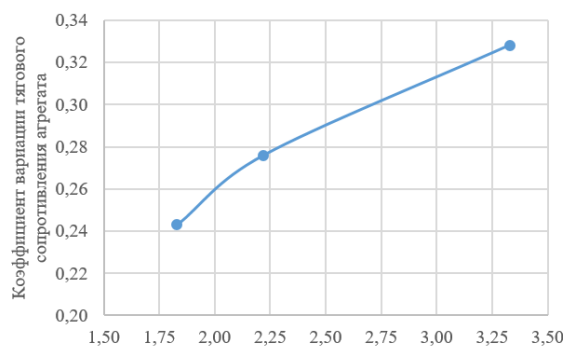


Рисунок 9 – Зависимость коэффициента вариации тягового сопротивления V_R КПМ-2.7 в агрегате с трактором Беларус-82.1 от скорости движения V_p

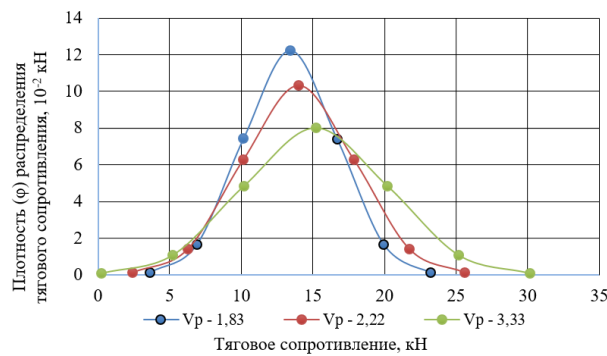


Рисунок 10 – Плотность (ϕ) распределения тягового сопротивления R_a КПМ-2.7 в агрегате с трактором Беларус-82.1 в зависимости от скорости движения V_p при глубине обработки почвы 12 см

С повышением рабочей скорости почвообрабатывающего агрегата КПМ-2.7 наблюдалось изменение вероятностно-статистических характеристик тягового сопротивления R_a . Так, в диапазоне рабочих скоростей от 1,83 м/с до 3,33 м/с среднее значение тягового сопротивления агрегата варьировало от 13,43 кН до 15,2 кН, то есть увеличивалось на 13,2 %, а его среднее квадратическое отклонение – от 3,263 кН до 4,985 кН. В указанных пределах изменения рабочих скоростей коэффициент вариации тягового сопротивления увеличился от 0,243 до 0,328.

Эмпирические частоты тягового сопротивления почвообрабатывающего агрегата КПМ-2.7 выравнивались по теоретическим частотам закона Гаусса.

Вероятность согласия $P(\chi^2)$ находилась в пределах 0,79–0,81, что свидетельствует о высокой степени соответствия колебаний тягового сопротивления R_a нормальному закону распределения (закону Гаусса).

Установлена закономерность изменения тягового сопротивления КПМ-2.7 в агрегате с трактором Беларус-82.1, которая описывается эмпирической зависимостью:

$$R_a = -0,2536V_p^2 + 2,4888V_p + 9,7249. \quad (1)$$

Закономерность изменения среднего квадратического отклонения σ_R (кН) тягового сопротивления КПМ-2.7 можно представить в виде эмпирической зависимости:

$$\sigma_R = -0,35286V_p^2 + 2,96883V_p - 0,98777, \quad (2)$$

Выявлена закономерность изменения коэффициента вариации v_R (%) тягового сопротивления КПМ-2.7, которая описывается уравнением:

$$v_R = -2,51790V_p^2 + 18,65904V_p - 1,41385, \quad (3)$$

На рисунке 11 представлена зависимость производительности W_q комбинированного почвообрабатывающего агрегата КПМ-2.7 в агрегате с трактором Беларус-82.1 от скорости движения V_p .

Данный график показывает, что при увеличении скорости движения агрегата с 1,83 м/с до 3,33 м/с производительность увеличивается от 1,48 до 2,65 га/ч, то есть на 79 %.

Закономерность изменения производительности комбинированного почвообрабатывающего агрегата КПМ-2.7 с трактором Беларус-82.1 описывается следующей эмпирической зависимостью:

$$W_q = 0,0328V_p^2 + 0,6107V_p + 0,2525, \text{ га/ч} \quad (4)$$

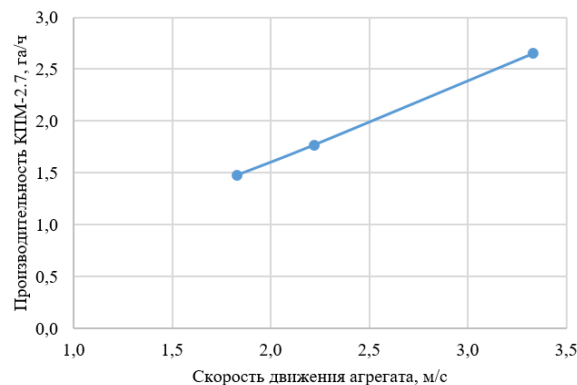


Рисунок 11 – Зависимость производительности W_q КПМ-2.7 в агрегате с трактором Беларус-82.1 от скорости его движения V_p

На рисунке 12 представлена графическая зависимость условного тягового КПД $\eta_{ту}$ трактора Беларус-82.1 при работе с КПМ-2.7.

При увеличении скорости движения агрегата с 1,83 м/с до 3,33 м/с условный тяговый КПД увеличивается с 0,41 до 0,85, то есть на 107 %.

Установлена эмпирическая зависимость, описывающая закономерность изменения условного тягового коэффициента полезного действия трактора Беларус-82.1 в агрегате с КПМ-2.7:

$$\eta_{ту} = 0,0102V_p^2 + 0,2409V_p - 0,0649, \% \quad (5)$$

Эмпирические зависимости (1–5) справедливы в диапазоне рабочих скоростей от 1,83 до 3,33 м/с КПМ-2.7 в агрегате с трактором Беларус-82.1 при глубине обработки почвы $h_{см} = 12$ см.

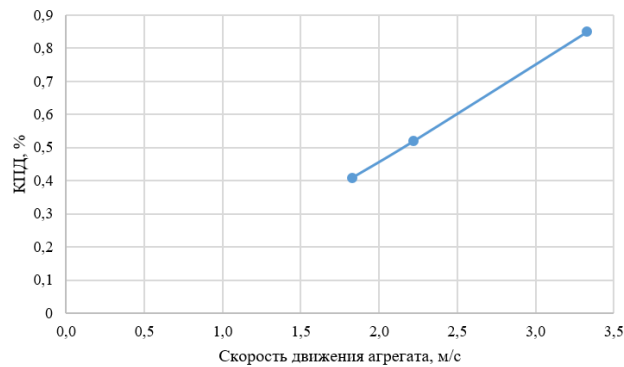


Рисунок 12 – Зависимость условного тягового КПД трактора Беларус-82.1 при работе с КПМ-2.7 от скорости движения V_p

Анализ изменения КПД (см. рисунок 10) показывает, что комбинированный почвообрабатывающий агрегат КПМ-2.7 обеспечивает рациональную загрузку двигателя ММЗ Д-243S2 трактора Беларус-82.1 в диапазоне рабочих скоростей от 2,5–3,0 м/с. Значение КПД также свидетельствует о совершенстве конструкции разработанной машины КПМ-2.7 при работе с трактором Беларус-82.1.

В целом, результаты экспериментальных исследований свидетельствуют о том, что почвообрабатывающий агрегат КПМ-2.7 с адаптивными серпообразными рабочими органами обеспечивает рациональную загрузку трактора Беларус-82.1 и качественное выполнение технологического процесса поверхностной и мелкой обработки почвы, включая подрезание и вычёсывание сорной растительности.

Выводы

Установлены показатели качества технологического процесса, такие как глубина обработки, гребнистость поверхности почвы, степень её рыхления, качество подрезания и вычёсывания сорной растительности, по которым произведена оценка работы машины КПМ-2.7 с адаптивными серпообразными рабочими органами в агрегате с трактором класса 1.4.

На основе экспериментальных данных получены эмпирические зависимости, описывающие закономерности изменения вероятностно-статистических характеристик тягового сопротивления, среднего значения производительности КПМ-2.7 в агрегате с трактором Беларус-82.1 и его тягового КПД.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что комбинированный почвообрабатывающий агрегат КПМ-2.7 обеспечивает рациональную загрузку двигателя ММЗ Д-243S2 трактора Беларус-82.1 в диапазоне рабочих скоростей от 2,5–3,0 м/с.

Значение КПД подтверждает эффективность конструкции разработанной машины КПМ-2.7 при агрегатировании с трактором Беларус-82.1. Выявленные закономерности изменения тягового сопротивления, производительности, тягового КПД трактора и показатели качества технологического процесса позволяют обосновать рациональные параметры и режимы работы КПМ-2.7 с адаптивными рабочими органами для поверхностной и мелкой обработки почвы с уничтожением сорной растительности с мощной корневой системой.

Литература

1. Валиев А. Р. Энергоресурсосберегающие технические средства для адаптивных систем обработки почвы // Материалы выездного заседания Бюро секции механизации, электрификации и автоматизации Отделения сельскохозяйственных наук РАН «Высокотехнологическое импортопереживание при возделывании сельскохозяйственных культур, восстановлении сенокосов и пастбищ. Подготовка специалистов для проектирования, создания и внедрения импортопереживающей инновационной техники в сельскохозяйственное производство». Казань: Казанский ГАУ, 2015. С. 143–151.

2. Юдина Е. М., Юдин М. О., Журий И. А. Перспективы создания отечественных комбинированных агрегатов для обработки почвы // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 1. С. 46–50.
3. Труфляк Е. В. Интеллектуальные технические средства в сельском хозяйстве // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 4. С. 25–34.
4. Колчин Н. Н., Зволинский В. Н. Задачи и проблемы возрождения отечественного сельскохозяйственного машиностроения // Тракторы и сельхозмашины. 2020. Т. 87. № 1. С. 77–81. DOI: 10.31992/0321-4443-2020-1-77-81.
5. Джаббаров Н. И., Добринов А. В. Обоснование конструктивных параметров рабочего органа для рыхления почвы и уничтожения сорных растений в органическом земледелии // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15. № 1(72). С. 23–33. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_1_23.
6. Максимов В. И., Максимов И. И. Энергетический подход к оценке почвообрабатывающих машин и орудий // Тракторы и сельхозмашины. 2008. № 5. С. 25–28.
7. Бухтояров Н. И., Пашута А. О., Солодовникова М. П. Развитие системы земельных отношений в аграрной сфере. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет, 2016. 190 с.
8. Баздырев Г. И. Эффективность длительного применения почвозащитных технологий // Известия ТСХА. 2005. Вып. 4. С. 32–39.
9. Греков С. Е., Цепляев А. Н., Абезин В. Г. Разработки и обоснование конструкции рабочего органа для поверхностной и мелкой обработки почвы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2010. № 4(20). С. 186–194.
10. Добринов А. В., Джаббаров Н. И., Чугунов С. В. Сравнительная оценка эффективности рабочих органов для обработки почвы и уничтожения сорных растений // Известия НВ АУК. 2022. № 2(66). С. 465–480. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-57.
11. Яковлев Н. С., Назаров Н. Н., Рассомахин Г. К., Маркин В. В., Черных В. И. Изменение верхнего слоя почвы в зависимости от вида ее обработки // Вестник ВСГУТУ. 2019. № 1(72). С. 63–68.
12. Яковлев Н. С., Блынский Ю. Н., Назаров Н. Н., Черных В. И. Качество обработки почвы в зависимости от размера лап, скорости агрегата и влажности почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 4. С. 97–103.
13. Греков С. Е. Обоснование оптимальных параметров рабочего органа для поверхностной обработки почвы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2010. № 3 (19). С. 198–205.
14. Яковлев Н. С., Блынский Ю. Н., Назаров Н. Н. Влияние ширины культиваторных лап на качество обработки почвы // Вестник АГАУ. 2016. № 8. С. 156–162.
15. Абдрахманов Р. К. Машины и орудия для междурядной обработки почвы (конструкция, расчет, эксплуатация). Казань: Изд-во Казанского университета, 2001. 148 с.
16. Патент РФ 2769225. «Рабочий орган для рыхления почвы и уничтожения сорной растительности» // Авторы: Джаббаров Н. И., Добринов А. В., Сергеев А. В., Чугунов С. В., Шамонин В. И.: Патентообладатель ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ». 29.03.2022. Бюлл. № 10. 9 с.

References

1. Valiev A. R. Resource-saving tillage implements for adaptive tillage systems // Materials of the visiting meeting of the Bureau of the Section of Mechanization, Electrification and Automation of the Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences “High-tech import advance in the cultivation of agricultural crops, restoration of hayfields and pastures. Training of specialists for the design, creation and implementation of the import-advanced innovative equipment in agricultural production”. Kazan: Kazan State Agrarian University, 2015. P. 143–151.
2. Yudina E. M., Yudin V. O., Zhuriy I. A. Prospects for the creation of domestic combined aggregates for tillage // Izvestiya of Velikiye Luki State Agricultural Academy. 2015. No. 1. P. 46–50.
3. Truflyak E. V. Intellectual technical means in agriculture // Izvestiya of Velikiye Luki State Agricultural Academy. 2015. No. 4. P. 25–34.
4. Kolchin N. N., Zvolinsky V. N. Tasks and problems of the revival of domestic agricultural engineering // Tractors and agricultural machinery. 2020. Vol. 87. No. 1. P. 77–81. DOI: 10.31992/0321-4443-2020-1-77-81.
5. Dzabbarov N. I., Dobrinov A. V. Validation of the design parameters of the tillage tool developed for soil loosening and clean weeding in organic farming. // Vestnik of Voronezh State Agrarian University. 2022. Vol. 15. No. 1. P. 23–33. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_1_23.
6. Maksimov V. I., Maksimov I. I. Energy approach to the assessment of tillage machines and implements // Tractors and agricultural machinery. 2008. No. 5. P. 25–28.
7. Bukhtoyarov N. I., Pashuta A. O., Solodovnikova M. P. Development of the system of land relations in the agrarian sphere. Voronezh: Voronezh State Agrarian University, 2016. 190 p.

8. Bazdyrev G. I. Effectiveness of long-term application of soil protection technologies // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2005. Iss. 4. P. 32–39.
9. Grekov S. E., Tseplyaev A.N., Abezin A.G. Working body for surface and shallow soil cultivation construction development and substantiation // Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education. 2010. No. 4(20). P. 186–194.
10. Dobrinov A. V., Dzhabborov N. I., Chugunov S. V. Comparative assessment of the efficiency of working parts for soil treatment and destruction of weeds // Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education. 2022. No. 2(66). P.465–480. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-57.
11. Yakovlev N. S., Nazarov N. N., Rassomakhin G. K. Markin V. V., Chernykh V. I. The topsoil layer changing depending on the type of its treatment // ESSUTM Bulletin. 2019. No. 1(72). P. 63–68.
12. Yakovlev N. S., Blynsky Yu. N., Nazarov N. N., Chernykh V.I. Tillage quality depending on hoe size, unit's speed and soil moisture // Siberian Herald of Agricultural Science. 2016. No. 4. P. 97–103.
13. Grekov S. E. Substantiation of optimal parameters of the working body for surface tillage // Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education. 2010. No. 3 (19). P. 198–205.
14. Yakovlev N.S., Blynsky Yu. N., Nazarov N. N. Studying the effect of hoe blade size on tillage quality // Bulletin of Altai State Agricultural University. 2016. No. 8. P.156–162.
15. Abdrakhmanov R. K. Machines and tools for row-to-row tillage (design, calculation, operation). Kazan: Kazan University Publ., 2001. P. 148.
16. RF Patent No. 2769225. "Working member for soil loosening and weeds destruction" // Authors: Dzhabborov N. I., Dobrinov A. V., Sergeev A.V., Chugunov S.V., Shamoin V.I. Patent holder: Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM". 29.03.2022. Bull No. 10. 9 p.

UDC 631.316.2:631.316.6

Dzhabborov N. I., Dobrinov A. V., Komoedov A. D.

EVALUATION OF THE WORK OF A COMBINED TILLAGE UNIT WITH ADAPTIVE WORKING BODIES

Summary. *Development of specialized machines for soil loosening and weed destruction, and at the same time justification of rational modes of operation, which would meet the requirements of environmental safety and energy saving standards, as well as quality of operations, is one of the key areas for the development of intensive and organic crop production in the agro-industrial complex. The purpose of the research was to obtain experimental data that make it possible to identify patterns of changes in energy parameters and agrotechnical performance of an experimental sample of a combined tillage unit with adaptive working bodies. The object of the research was the technological process of loosening, cutting and combing out weeds performed by a combined tillage unit KPM-2.7 in an aggregate with a class 1.4 tractor. According to the results of the agrotechnical assessment of the work of KPM-2.7, the degree of soil crumbling was 94–97%, the height of ridges – 4.5 cm, the average depth of soil tillage and, accordingly, cutting of the root system of weeds – 12 cm, the quality of weeds cutting – 100%. Average speed of MTA varied within 1.83-3.33 m/s. In addition, the main part (92%) of the weeds that were cut by the studied unit was raised by a spring harrow to the soil surface. Based on experimental data, empirical dependences were obtained; they describe the patterns of change in the probabilistic-statistical characteristics of traction resistance, the average value of the KPM-2.7 performance in the assembly with the Belarus-82.1 tractor and its traction efficiency. The research results indicate that the combined tillage unit KPM-2.7 provides rational loading of the MMZ D-243S2 engine of Belarus-82.1 in the operating speed range from 2.5-3.0 m/s. The efficiency value confirms the effectiveness of the design of the KPM-2.7 when it is aggregated with Belarus-82.1. The revealed patterns of changes in traction resistance, productivity, traction efficiency of the tractor and indicators of the quality of the technological process make it possible to substantiate the rational parameters and operating modes of the KPM-2.7 with adaptive working bodies for surface and shallow tillage, as well as for destruction of weeds with a powerful root system.*

Keywords: *surface and shallow tillage, loosening, cutting weeds, tillage unit, adaptive working bodies, traction resistance, productivity, efficiency.*

Джабборов Нозим Исмоилович, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела агроэкологии в растениеводстве, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр ВИМ»; 196634, Россия, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филътровское шоссе, 3; e-mail: nozimjon-59@mail.ru.

Добринов Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела агроэкологии в растениеводстве, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр ВИМ»; 196634, Россия, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филътровское шоссе, 3; e-mail: a.v.dobrinov@yandex.ru.

Комоедов Алексей Дмитриевич, младший сотрудник отдела агроэкологии в растениеводстве, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр ВИМ»; 196634, Россия, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филътровское шоссе, 3; e-mail: komoedov.alexej@yandex.ru.

Dzhabborov Nozim Ismoilovich, Dr. Sc. (Techn.), professor, leading researcher, Department of agroecology in crop production, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM; 3, Filtrovskoye Shosse, Tyarlevo, Saint Petersburg, 196634, Russia; nozimjon-59@mail.ru.

Dobrinov Aleksandr Vladimirovich, Cand. Sc. (Techn.), associate professor, senior researcher, Department of agroecology in crop production, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM; 3, Filtrovskoye Shosse, Tyarlevo, Saint Petersburg, 196634, Russia; a.v.dobrinov@yandex.ru.

Komoedov Aleksey Dmitrievich, junior researcher, Department of agroecology in crop production, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM; 3, Filtrovskoye Shosse, Tyarlevo, Saint Petersburg, 196634, Russia; komoedov.alexej@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию – 18.08.2023.

Дата принятия к печати – 21.09.2023