

7. Патент на полезную модель № 216021 U1 Российская Федерация, МПК С23С 16/32, С23С 16/54. Устройство для формирования износостойкого покрытия из карбида хрома на восстанавливаемой внутренней поверхности корпуса распылителя форсунки: № 2022120149: заявл. 22.07.2022: опубл. 13.01.2023 / М.Н. Ерохин, С. П. Казанцев, Н. Н. Чупятов [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева".

УДК: 631. 354

## **АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ МОЩНОСТЬЮ И ШИРИНОЙ ЗАХВАТА ЖАТКИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА**

*Медхн Тесфит Асрат, аспирант кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [noahthesas@gmail.com](mailto:noahthesas@gmail.com) or [asrattesfitmed@gmail.com](mailto:asrattesfitmed@gmail.com);*

*Левшин А.Г., д.т.н., профессор кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, научный руководитель, [alevshin@rgau-msha.ru](mailto:alevshin@rgau-msha.ru).*

***Аннотация:** анализируется взаимосвязь между увеличением ширины жатки и номинальной мощностью двигателя в зерноуборочных комбайнах и основное внимание уделяется влиянию автоматизации современных комбайнов на производительность. Рассматриваются различные факторы, которые следует учитывать в процедурах выбора режимов работы.*

***Ключевые слова:** Зерноуборочный комбайн, регрессия, оператор, датчики*

**Введение:** Зерноуборочные комбайны прошли ряд технологических усовершенствований с момента разработки первого в мире зерноуборочного комбайна в 1885 году Хью Виктором Маккеем и в сочетании с паровым двигателем Джорджем Стоктоном после использования комбайнов с приводом от лошади в 1830 году. лошадь и мул тянут / толкают, управляют трактором, через самоходную и электронную систему помощи водителю до полностью автоматизированной системы современных комбайнов [1].

С ростом сложности технологии зерноуборочных комбайнов и растущими опасениями по поводу экономических показателей точность работы захватила умы инвесторов и исследователей. Качественные и количественные потери зерна, изменчивость пропускной способности и измеренная урожайность, которые существуют между соседними рядами уборки, изучались как атрибуты потенциальной изменчивости машины/оператора [2]. Задача, стоящая перед комбайнерами, состоит не только в том, чтобы объехать поле серпантинном, скашивая там урожай;

скорее, есть сотни вещей, которые они должны наблюдать, не сводя глаз с края поля, чтобы гарантировать, что они путешествуют вдоль него с точной точностью. Поскольку невозможно собрать зерно, не двигаясь вперед, предпочтение отдается вождению, и в результате страдает эффективность уборки [2].

Тем большое количество задач в значительной степени способствует снижению утомляемости оператора и увеличению времени отклика операторов с течением времени в целом и является довольно сложным для неопытных операторов. Это влияет на всю производительность ЦО и оказывает негативное влияние на качественные и количественные аспекты и, таким образом, на экономическую рентабельность лесозаготовительной системы. Следовательно, концепция полной автоматизации на основе датчиков[2] и / или искусственный интеллект (ИИ) - введены для уменьшения задач оператора[3]. Кроме того, довольно сложно выбрать правильный СН для конкретных ситуаций, которые выгодны во всех аспектах.

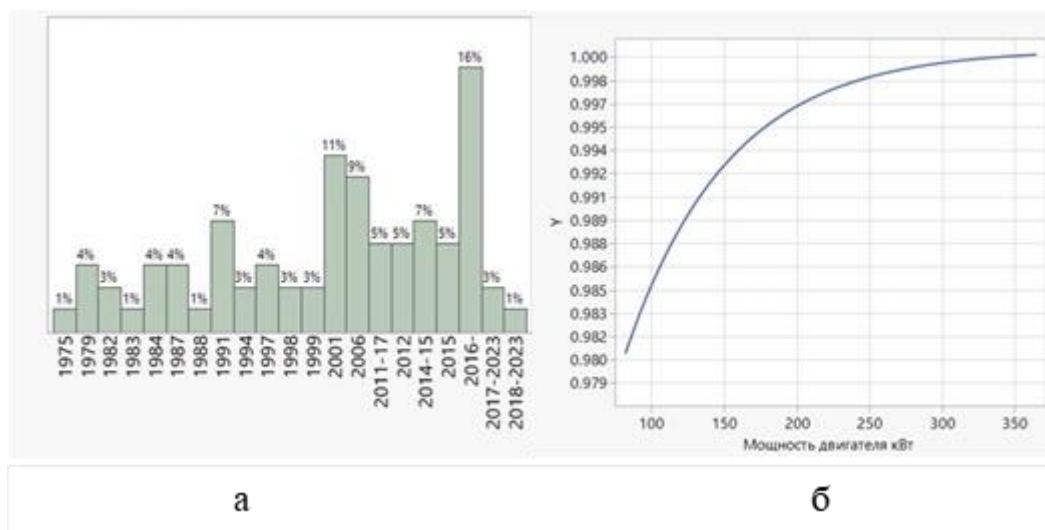
**Цели:** Цели исследования заключаются в том, чтобы определить:

1. зависимость между увеличением потребляемой мощности и шириной комбайна,
2. влияние режима работы и уровня сложности управления на производительность комбайна.

**Методология:** В статье проанализирована закономерность увеличения ширины жатки (м) зерноуборочного комбайна при увеличении номинальной мощности двигателя (кВт); изменение производительности человека-оператора и продвижение к полной автоматизации; и влияние совершенства на сложность инструментов управления технологическим процессом.

Для определения зависимости между шириной жатки и номинальной мощностью двигателя (кВт) была собрана информация по 75 моделям зерноуборочных комбайнов New Holland разных годов выпуска (1975-2023 гг. рис. 1а). Тип уравнения связи выбирается методом наименьших квадратов.

**Результат и обсуждение:** Анализ начался с подбора метода наименьших квадратов, и были зарегистрированы следующие наблюдения: фактические значения по сравнению с прогнозируемыми были относительно близки друг к другу, с  $r^2 = 0,81$  и  $P < 0,0001$ . На графике кредитного плеча не было влиятельных точек (выбросов) с  $P < 0,0001$ . В случае остатка vs. предсказанный график, однако изменчивость не была постоянной, что привело к выбору другой модели для представления данных, модели логистической регрессии.



**Рис.1. Распределение комбайнов по годам (а) и ширина захвата в зависимости от номинальной мощности комбайнов (б)**

Было обнаружено, что модель логистической регрессии с приведенным ниже уравнением лучше всего отражает взаимосвязь между шириной резания и увеличением номинальной мощности.

$$Y = \frac{1}{1 + e^{-(2.745 + 0.01435 X)}}$$

Ширина увеличивалась по мере возрастания номинальной мощности на начальных этапах с нарастающей скоростью, затем при дальнейшем увеличении мощности рост ширины прекращался.

С течением времени для повышения производительности комбайна вносятся различные технологические доработки, в результате которых требуется дополнительная мощность.

Общая производительность машины зависит от производительности каждого процессорного блока, которая, в свою очередь, зависит от набора динамических или статических ситуаций для отдельных параметров (конструктивных, эксплуатационных и параметров убираемой культуры). Для данной конструкции при изменении параметров сельскохозяйственной культуры требуется динамическое изменение рабочих параметров [4].

Пропускную способность комбайна можно повысить за счет увеличения скорости движения комбайна, но при этом увеличиваются потери режущего аппарата, увеличивается скорость подачи материала, что требует увеличения частоты вращения молотильного барабана и/или зазора подбарабана и молотильного барабана для обеспечения более высокой производительности и скорости подачи.

Предполагаемое увеличение скорости молотильного барабана (подбарабанье и зазор молотильного барабана постоянны), количество необмолоченных зерен может оставаться низким, а эффективность сепарации может повышаться, но повреждение зерна увеличивается экспоненциально.[2,4,5]; увеличивается дробление соломы, что увеличивает количество половы на очистном агрегате, что требует увеличения скорости вращения вентилятора и амплитуды колебаний решета, но увеличение

скорости вентилятора приводит к выдуванию более легких зерен, что способствует потерям решета; увеличивает скорость подачи материала в сепаратор, что может потребовать увеличения числа оборотов кривошипа соломотряса (обычные комбайны) или скорости вращения сепаратора (роторные сепараторы) или иным образом приводит к увеличению вероятности выбрасывания свободных и необмолоченных зерен. покинуть комбайн с соломенной циновкой. При увеличении зазора подбарабанья без изменения частоты вращения молотильного барабана степень повреждения зерна уменьшается, но недомолот зерен будет больше, а эффективность сепарации снижается.

Максимальная эффективность сепарации, минимальные потери при обмолоте и минимальное повреждение зерна являются результатом наилучшего сочетания скорости движения комбайна, скорости вращения молотильного барабана и зазора подбарабанья-решетки-молотильного барабана, которые являются параметрами переменного диапазона и зависят от зерна и влажность соломы, тип рассматриваемой культуры и скорость подачи материала, которая, в свою очередь, зависит от высоты среза початка.

Высота среза определяет величину подачи солоистой массы. Для различных материалов, отличных от соотношения зерна к соломе, устройства для обмолота, сепарации и очистки должны определять подходящие условия эксплуатации.

Таким образом, производительность зерноуборочного комбайна будет зависеть от соответствующего выбора оптимальных комбинаций рабочих параметров для конкретной конструкции и ситуации с культурой, что является проблемой ограничений и огромной задачей для операторов.

Зерноуборочные комбайны требуют постоянной регулировки, чтобы максимально увеличить производительность машины и свести к минимуму потери при сохранении качества зерна. Сложность технологических процессов комбинированной уборки ограничивает способность оператора выполнять множество задач и принимать оптимальные решения. Операторы очень подвержены усталости из-за необходимости контролировать процессы сбора урожая, обмолота и сепарации, а также следить за выгрузкой зерна, не прерывая работу [2].

Производительность зерноуборочного комбайна можно оценить с точки зрения квалификации оператора и уровня и автоматизации технологического процесса. Как правило, производительность операторов со временем снижается, главным образом из-за усталости, т.е. способность операторов реагировать со временем замедляется по мере того, как они становятся более утомленными [4,6].

Количество и качество пропускной способности у неопытных операторов намного ниже по сравнению с опытными операторами, поскольку они могут неохотно или медленнее понимать требуемые изменения в работе. Производительность зерноуборочного комбайна ухудшается по мере снижения производительности оператора во время длительных операций.

Постоянно растущее количество дополнительных принадлежностей, которыми нужно непрерывно управлять, подтолкнуло систему к полной автоматизации.

Следовательно, для устранения этих недостатков была реализована автоматизация рабочих параметров на основе датчиков. Чтобы оператор мог сосредоточиться на управлении и выгрузке зерна, на основных узлах обработки установлены датчики. Эти датчики автоматически контролируют рабочее состояние и производительность конкретного устройства и регулируют работу по мере необходимости.

Соответственно, высокая степень автоматизации комбайновых процессов привела к полностью автономным машинам, потребовала совершенствования сенсорной техники, внедрения механизмов точной настройки, сбора и обработки данных в режиме реального времени, а также применения алгоритмов технологического процесса. Максимизация, принятие решений и управление машиной. Это обуславливает необходимость создания мехатронных комбайнов, способных адаптироваться к пространственно изменяющейся урожайности, т. е. точного земледелия.

Для повышения и поддержания стабильной производительности уборки в одном комбайне объединены различные типы датчиков. К ним относятся датчики, измеряющие и контролируемые свойства материалов, датчики технологических параметров, датчики контроля регулировки механизмов/устройств, датчики управления машиной и контроля скорости, датчики эргономики кабины, датчики диагностики функциональности системы и датчики мультиспектральных данных дистанционного зондирования.

Вообще говоря, даже если механическая конструкция и процесс комбайна немного изменились за последние годы, функциональность зерноуборочного комбайна включает многочисленные усовершенствования в технологии датчиков и управления, повышающие общую эффективность, качество работы и условия эксплуатации [2].

Зерноуборочные комбайны сильно различаются в зависимости от их работы и уровня автоматизации. Некоторые из них зависят от возможностей оператора, в то время как другие полностью автоматизированы с высокой производительностью, динамикой в различных ситуациях, минимальными потерями зерна и максимальным качеством обработки зерна. Для внутренних систем могут потребоваться высококвалифицированные техники и операторы, а также сложные системы обслуживания и технического обслуживания.

**Заключение:** При реализации зерноуборочных комбайнов для заранее определенных целей и ситуаций следует учитывать множество факторов, одним из которых является: четкое знание общей изменчивости и уровня сложности, необходимых для конкретной задачи; урожай, ситуации, окружающая среда, социальная сфера и т.д.; Степень сложности

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,