

# ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК 631.354.2.076

DOI: 10.53083/1996-4277-2026-257-3-60-67

И.А. Лонцева, И.В. Бумбар,  
В.А. Мунгалов, В.А. Сенников  
I.A. Lontseva, I.V. Bumbar,  
V.A. Mungalov, V.A. Sennikov

## ВЫБОР КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ АКСИАЛЬНО-РОТОРНОЙ МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

### SELECTION OF DESIGN AND OPERATING PARAMETERS OF AXIAL-ROTOR THRESHING AND SEPARATING SYSTEM FOR GRAIN HARVESTING COMBINE

**Ключевые слова:** роторная МСС, мощность двигателя, энергопотребление, приведённая подача, ширина захвата жатки, Yafeng New Age 9166.

Рассматривается влияние конструктивных и технологических параметров зерноуборочных комбайнов на мощность двигателя и показатели качества технологического процесса на уборке зерновых культур и сои. Актуальность исследования обусловлена необходимостью выбора модели роторного зерноуборочного комбайна для повышения эффективности уборки в условиях, когда средняя урожайность составляет 20-25 ц/га. Проведен сравнительный анализ технических и эксплуатационных характеристик отечественных и зарубежных зерноуборочных комбайнов с аксиально-роторной молотильно-сепарирующей системой (МСС). Рассмотрены основные факторы, влияющие на потребление мощности двигателя комбайна, включая жатвенную часть. Используются теоретические методы определения мощности двигателя, необходимой для выполнения технологического процесса и движения комбайна. Установлена зависимость потребляемой мощности от ширины захвата жатки, которая имеет линейный характер. Определено, что около 50% мощности двигателя используется на выполнение технологического процесса, связанного с работой МСС и режущего аппарата. Проведен анализ оптимального значения приведенной подачи массы в комбайн с учетом средней урожайности для условий Амурской области, которое составило 9 кг/с, обеспечивая минимальные потери и дробление зерна. Потребляемая мощность двигателя распределена неравно-

мерно, значительная доля приходится на технологический процесс. Линейная зависимость необходимой мощности от ширины захвата жатки позволяет выбрать оптимальный её размер. Оптимальное значение приведенной подачи обеспечивает минимальный уровень потерь и повреждения зерна. Рекомендуется использование комбайнов с характеристиками, близкими к YAFENG NEW AGE 9166, для условий Амурской области. Исследование позволило определить ключевые параметры, влияющие на эффективность работы зерноуборочных комбайнов с аксиально-роторными МСС, что способствует повышению эффективности зернопроизводства.

**Keywords:** rotor threshing and separating system, engine power, energy consumption, corrected feeding rate, reaper width, Yafeng New Age 9166 grain harvester.

The influence of design and technological parameters of grain harvesters on engine power consumption and quality indices of the technological process during harvesting of cereal crops and soybean is discussed. The relevance of this study is due to the need for selecting a rotary harvester model that enhances harvest efficiency under conditions where average yield ranges from 2.0 to 2.5 t ha. The technical and operational characteristics of domestic and foreign grain harvesters equipped with axial-rotor threshing-separating systems (TSS) were compared. The key factors affecting engine power consumption were examined including the reaping section. Theoretical methods were employed to determine the required engine power necessary for per-

forming the technological process and moving the harvester. It was found that there existed a linear dependence between consumed engine power and the width of the reaper cutter bar. Approximately 50% of the engine total power was utilized in executing the technological processes associated with TSS operation and cutting mechanisms. An optimal value of the corrected feeding rate was analyzed considering the average yield specific to the Amur Region conditions which resulted in an optimum of 9 kg s ensuring minimal losses and damage to grains. Engine power distribution showed unevenness

with a significant portion allocated towards the technological process itself. This linear relationship allows for choosing an appropriate size of the reaper bar. An optimized corrected feeding rate ensures minimum levels of loss and grain damage. It is advised to use harvesters with specifications similar to those of Yafeng New Age 9166 for agricultural operations in the Amur Region. The research findings identified the critical parameters influencing the performance of grain harvesters equipped with axial-rotor TSS contributing significantly to improving grain production efficiency.

**Лонцева Ирина Александровна**, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск, Российская Федерация, e-mail: largoil@mail.ru.

**Бумбар Иван Васильевич**, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск, Российская Федерация, e-mail: tesimapk@dalgau.ru.

**Мунгалов Владимир Анатольевич**, к.т.н., декан, факультет механизации сельского хозяйства, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск, Российская Федерация, e-mail: mungalov\_voff@mail.ru.

**Сенников Вячеслав Анатольевич**, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск, Российская Федерация, e-mail: sennikovva@mail.ru.

**Lontseva Irina Aleksandrovna**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Far Eastern State Agricultural University, Blagoveshchensk, Russian Federation, e-mail: largoil@mail.ru.

**Bumbar Ivan Vasilevich**, Dr. Tech. Sci., Prof., Far Eastern State Agricultural University, Blagoveshchensk, Russian Federation, e-mail: tesimapk@dalgau.ru.

**Mungalov Vladimir Anatolevich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Dean, Farming Mechanization Dept., Far Eastern State Agricultural University, Blagoveshchensk, Russian Federation, e-mail: mungalov\_voff@mail.ru.

**Sennikov Vyacheslav Anatolevich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Far Eastern State Agricultural University, Blagoveshchensk, Russian Federation, e-mail: sennikovva@mail.ru.

### Введение

Развитие технологий комбайновой уборки зерновых культур в современных условиях ставит перед аграриями ряд ключевых задач: повышение эффективности производства, улучшение качественных показателей, минимизация потерь урожая и экономия ресурсов. Важнейшими направлениями совершенствования являются увеличение производительности техники, сокращение издержек, обеспечение полноты сбора урожая с наименьшим уровнем повреждения зерна.

Современные зерноуборочные комбайны преимущественно оснащены классической схемой молотильно-сепарирующих устройств (МСУ). Однако машины с роторными системами демонстрируют значительное преимущество в производительности и качестве зерна, способствуя увеличению объемов собранного урожая [1, 2]. При этом многообразие моделей и марок на рынке усложняет логистику поставок запасных частей, увеличивает расходы на хранение оборудования, ремонт и обучение сотрудников. Выбор оптимальной модели комбайна становится важным экономическим решением, учитывая

совокупность технологических характеристик и финансовых факторов.

В последние годы особое внимание уделяют комбайнам с роторным типом молотильного устройства. Роторные молотильно-сепарирующие системы демонстрируют значительное превосходство над классическими барабанными аналогами благодаря большей площади обмолота и сепарации с растениями и высокой эффективности работы с влажной и трудносепарируемой зерновой массой. Применение роторных конструкций требует увеличения энергозатрат и расходования большего количества ресурсов вследствие повышенной механической нагрузки двигателя комбайна. Следовательно, подбор соответствующего типа машин должен осуществляться исходя из конкретных региональных особенностей и специфики возделывания культуры [2, 3].

Компании-производители, такие как «Ростсельмаш», «Case» «John Deere», «Claas» и другие, предлагают различные модификации зерноуборочных комбайнов с роторными МСУ. Например, серия комбайнов Togum от «Ростсельмаш» оснащена усовершенствованными роторными МСУ, обеспечивающими высокую

производительность и качество уборки урожая. По своему конструктивному устройству роторные МСС имеют особенности. Так, одной из первых моделей был комбайн с поперечным расположением ротора (КЗР-10 «Полесье-Ротор»). Модели с двумя роторами для сепарации зерна встречаются в моделях «New Holland», «Claas». Наибольшее распространение в России и в Дальневосточном регионе получили комбайны с аксиально-роторным МСС. Такие модификации используются не только на уборке зерновых культур, но и на уборке сои.

На сегодняшний день стоимость сельскохозяйственной техники из стран Европы и Америки высока, а альтернативные модели из Китая значительно ниже по цене, что делает их более привлекательными, особенно для Дальнего Востока РФ и Амурской области. В связи с этим возникает необходимость проведения анализа влияния технических характеристик роторных зерноуборочных комбайнов на эксплуатационно-технологические показатели.

**Цель** исследования – провести анализ влияния конструктивных параметров и режимов работы аксиально-роторной МСС на энергетические затраты и технологические показатели зерноуборочных комбайнов.

**Задачи** исследования:

- провести сравнительный анализ энергоэффективности и технических показателей современных моделей роторных комбайнов;

- выделить и оценить доли затрат энергопотребления зерноуборочного комбайна с аксиально-роторной МСС;

- установить оптимальные соотношения технических и эксплуатационных показателей при соблюдении агротехнических требований.

### Объекты и методы

Роторные комбайны отличаются от классических и гибридных своим щадящим подходом к обмолоту и высокой производительностью. Они универсальны и подходят для уборки различных культур, особенно легко травмируемых. Наряду с этим сохраняется тенденция увеличения мощности двигателя внутреннего сгорания комбайна и технических характеристик, связанных с протеканием технологического процесса [4]. В таблице 1 приведены основные технические характеристики отечественных и зарубежных зерноуборочных комбайнов с роторными МСС, используемые в Амурской области.

Представленные в таблице роторные зерноуборочные комбайны по техническим характеристикам относятся к высокопроизводительным машинам. Их эффективная работа зависит от мощности двигателя, которая расходуется на срез и обмолот растений, а также на передвижение комбайна.

Таблица 1

### Краткая характеристика зерноуборочных комбайнов с роторными МСС

Марка	Страна производитель	Мощность двигателя, кВт/л.с	Масса комбайна, кг	Ширина захвата, м	Объем бункера, м <sup>3</sup>	Размеры МСУ, диаметр, м/длина, м
Torum 750	Россия	313/425	16350±490	7/9	10,5	762/3200
Torum 780	Россия	372/506	16350±490	7/9	12,0	762/3200
Case IH Axial-Flow 6150	США	306/411	15481	7,6	10,57	762/2794
Case IH Axial-Flow 6088	США	246/330	14515	7,6	10,57	762/2794
Yafeng New Age 9166	Китай	220/300	12500	9	9,6	660/3085

Уравнение баланса мощности комбайна представляет собой сумму мощностей, затрачиваемых на технологический процесс и на передвижение:

$$N_{\text{двиг}} = (N_{\text{мсу}} + N_{\text{реж}}) + (N_{\text{пер}} + N_{\text{транс}} + N_{\text{вспом}} + N_{\text{хол}}), \quad (1)$$

где  $N_{\text{мсу}}$  – мощность, потребляемая МСС, кВт;

$N_{\text{реж}}$  – мощность, потребляемая жатвенной частью (при прямом комбайнировании), кВт;

$N_{\text{пер}}$  – затраты мощности на преодоление сопротивления движению, кВт;

$N_{\text{транс}}$  – механические потери мощности в трансмиссии, кВт;

$N_{\text{вспом}}$  – мощность потерь на привод вспомогательных механизмов гидравлика, электроника, кондиционер и пр., кВт;

$N_{\text{хол}}$  – мощность потерь на холостой ход трение в узлах, не совершающих полезной работы, кВт.

Мощность, необходимая для передвижения комбайна, представляющая собой сумму величин  $N_{\text{пер}} + N_{\text{транс}} + N_{\text{вспом}} + N_{\text{хол}}$ , рассмотрена А.А. Бахтеревым, Г.А. Иовлевым, А.Г. Несговоровым [5].

Поскольку полезная мощность на выполнение технологического процесса представляет собой  $N_{\text{мсу}} + N_{\text{реж}}$ , то увеличение суммарной полезной мощности на выполнение технологического процесса зависит состояния убираемой культуры и работы жатвенной части.

Мощность, потребляемая молотильно-сепарирующей системой  $N_{\text{мсу}}$ :

$$N_{\text{мсу}} = N_{\text{тс}} + N_{\text{мол}} + N_{\text{тр}} + N_{\text{сеп}} + N_{\text{вент}}, \quad (2)$$

где  $N_{\text{тс}}$  – мощность, затрачиваемая на преодоление трения и сопротивление воздуха (до 5% от  $N_{\text{мол}}$ ), кВт;

$N_{\text{мол}}$  – мощность на обмолот, кВт;

$N_{\text{тр}}$  – мощность на транспортировку массы, кВт;

$N_{\text{сеп}}$  – мощность на сепарацию, кВт;

$N_{\text{вент}}$  – мощность на вентиляцию, кВт.

Мощность, затрачиваемая на обмолот  $N_{\text{мол}}$  для однороторной МСС:

$$N_{\text{мол}} = \frac{M_{\text{мол}} \cdot \omega}{10^3} = \frac{k \cdot R \cdot F_{\text{уд}} \cdot \omega}{10^3} = \frac{k \cdot R \cdot \mu \cdot p \cdot S \cdot \omega}{10^3}, \quad (3)$$

где  $M_{\text{мол}}$  – момент силы при обмолоте;

$k$  – коэффициент, зависящий от культуры (0,3-0,8);

$R$  – радиус ротора, м;

$F_{\text{уд}}$  – сила воздействия при обмолоте;

$\mu$  – коэффициент трения массы о деку;

$p$  – давление массы на деку, Н;

$S$  – площадь деки, м<sup>2</sup>;

$\omega$  – угловая скорость, рад/с.

Мощность, затрачиваемая на перемещение массы  $N_{\text{тр}}$ :

$$N_{\text{тр}} = \frac{F_{\text{тр}} \cdot v_{\text{пр}}}{10^3} = \frac{m \cdot g \cdot \mu \cdot \cos \alpha \cdot v_{\text{пр}}}{10^3}, \quad (4)$$

где  $F_{\text{тр}}$  – сила трения, Н;

$m$  – масса вороха в роторе, кг;

$v_{\text{пр}}$  – скорость продвижения массы, м/с;

$\alpha$  – угол наклона деки.

Мощность на сепарацию,  $N_{\text{сеп}}$ :

$$N_{\text{сеп}} = \frac{k_{\text{сеп}} \cdot Q_{\text{р}} \cdot \omega^2 \cdot R^2}{10^3 \cdot \eta} = \frac{k_{\text{сеп}} \cdot B \cdot v_{\text{дв}} \cdot Y_{\text{з}} \cdot \lambda \cdot \omega^2 \cdot R^2}{3,6 \cdot 10^5 \cdot \eta}, \quad (5)$$

где  $Q_{\text{р}}$  – подача массы в ротор, кг/с;

$k_{\text{сеп}}$  – коэффициент сепарации;

$B$  – ширина захвата жатки, м;

$v_{\text{дв}}$  – рабочая скорость комбайна, км/ч;

$Y_{\text{з}}$  – урожайность культуры, ц/га;

$\lambda$  – коэффициент подачи;

$\eta$  – КПД привода, 0,85.

Мощность на вентиляцию,  $N_{\text{вент}}$ :

$$N_{\text{вент}} = \frac{Q \cdot \Delta P}{10^3 \cdot \eta}, \quad (6)$$

где  $Q$  – количество подаваемого воздуха, м<sup>3</sup>/с;  
 $\Delta P$  – теоретический напор вентилятора, Па;  
 $\eta$  – КПД вентилятора (0,6-0,8).

Представленные в выражениях (3)-(6) параметры имеют динамические значения, которые зависят от условий уборки и технических характеристик.

### Результаты исследований и их обсуждение

Мощность, потребляемая жатвенной частью  $N_{\text{реж}}$ , зависит от состояния срезаемых растений, густоты стеблестоя, режущего аппарата, скорости движения, ширины жатки. В целом мощность расходуется на привод мотовила, срез стеблей, транспортировку срезанной массы и дополнительные потери.

Теоретическая зависимость мощности двигателя зерноуборочного комбайна от ширины захвата жатки при постоянной скорости и урожайности является линейно-пропорциональной.

Для условий Амурской области на основе статистического анализа и аппроксимации экспериментальных значений построена зависимость мощности двигателя, приходящаяся на работу жатвенной части от ширины захвата при уборке зерновых культур (рис. 1).

Из представленной на рисунке зависимости следует, что чем меньше ширина захвата, тем меньше мощности требуется на её рабочие органы (режущий аппарат, шнек, мотовило). Зависимость между величинами носит линейный характер и описывается уравнением:

$$N_{\text{реж}} = 0,51 \cdot B - 1,05. \quad (7)$$

Коэффициент корреляции  $R=0,994$ .

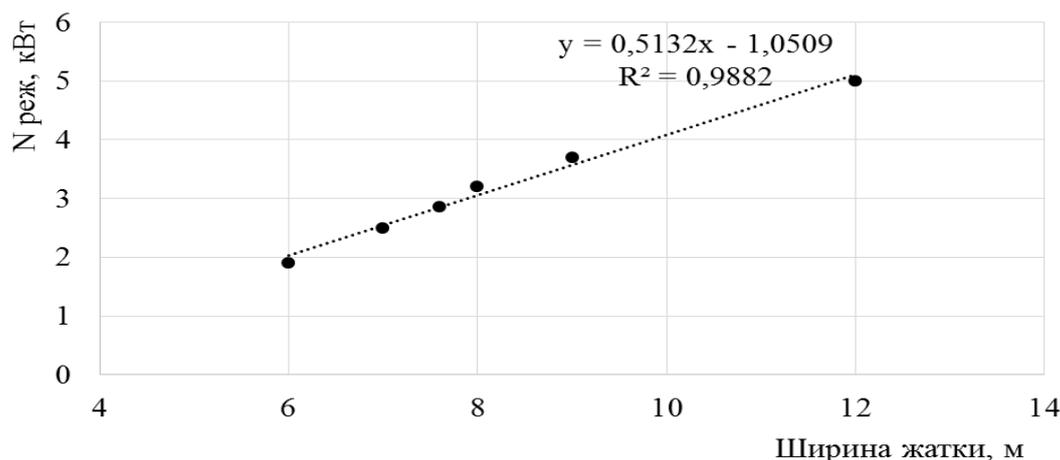


Рис. 1. Зависимость потребления мощности от ширины захвата жатки

Анализ технических характеристик зерноуборочных комбайнов позволяет судить о том, что удельная энергонасыщенность зерноуборочных комбайнов увеличивается от поколения к поколению, особенно начиная с 2000-х годов. В настоящее время рекомендуемая удельная энергонасыщенность зерноуборочных комбайнов с аксиально-роторной системой составляет  $N_{\text{дво}} = 22-24 \frac{\text{кВт}}{\text{кг/с}}$  [4, 5]. Для обеспечения рекомендуемой (оптимальной) удельной энергонасыщенности необходимо обеспечить соответствующую подачу убираемой массы в аксиально-роторное молотильное устройство.

Подача массы  $q$  зависит от скорости, ширины захвата, урожайности:

$$q = \frac{B \cdot v_{\text{дв}} \cdot (Y_z + Y_c)}{360}, \quad (8)$$

где  $Y_z + Y_c$  – урожайность хлебной массы с учетом зерна и соломы, ц/га;

$B$  – ширина захвата жатки, м;

$v_{\text{дв}}$  – скорость комбайна при выполнении технологического процесса, км/ч.

Урожайность зерновых культур и сои в Амурской области значительно ниже, чем в других регионах страны. Средняя показатель составляет 20-25 ц/га, соотношение зерна к соломе на зерновых культурах 1:1,5, на сое урожайность до 30 ц/га, а соотношение зерновой и соломенной частей 1:1. Оптимальная загрузка роторной МСС возможна за счёт выбора оптимальной скорости движения и ширины захвата.

Исходя из характеристик роторных комбайнов и с учётом среднего показателя урожайности определили среднюю приведённую подачу. Результаты показателей работы зерноуборочных комбайнов представлены в таблице 2.

Таким образом, для обеспечения оптимальной производительности при средней урожайности 20-25 ц/га необходимо работать на скоростях 10-18 км/ч. Однако рекомендуемые скорости (особенно на уборке сои) не должны превышать 10 км/ч. Повышение скоростей влечёт уве-

личение потерь зерна за комбайном. Исходя из полученных значений, а также с учётом специфики обмолота в МСС для регионов с урожайностью зерновой массы менее 40 ц/га использование роторных комбайнов нецелесообразно, так как процесс происходит за счёт перетирания. При этом рекомендуется использование роторных комбайнов на уборке культур при повышенной влажности, что соответствует условиям Амурской области.

Таблица 2

Оптимальные параметры зерноуборочных комбайнов на уборке зерновых культур

Марка	Приведенная подача $q$ , кг/с	Ширина захвата, м	Скорость, км/ч	Ширина захвата, м	Скорость, км/ч	Урожайность общая $Y_z + Y_c$ , ц/га
Torum 750	14	7	14	9	11	50
Torum 780	18	7	18	9	14	50
Case IH Axial-Flow 6150	13	7,6	12	-	-	50
Case IH Axial-Flow 6088	11	7,6	10	-	-	50
Yafeng New Age 9166	10	7	9	9	8	50

В.Е. Бердышев и Ю.М. Шрейдер по результатам проведенных ими исследований утверждают, что комбайны с аксиально-роторными МСС обладают не только более высокой пропускной способностью, но и обеспечивают снижение потерь зерна в 2-4 раза и уменьшение его дробления в 1,5-3 раза по сравнению с классическими барабанными моделями комбайнов [6, 7].

Связь между приведённой подачей массы в комбайн, потерями зерна и дроблением проводилась на различных машиноиспытательных станциях (МИС) страны. В результате получены следующие зависимости [6-8].

Зависимость потерь от подачи описывается экспоненциальной кривой:

$$П = 0,246e^{0,0805q}. \quad (9)$$

Зависимость дробления от приведённой подачи описывается полиномом второй степени:

$$Д = 0,03q^2 - 0,1249q + 1,9288. \quad (10)$$

Представленные зависимости позволяют провести графический анализ выбора оптимальных параметров путем совмещения графиков (рис. 2).

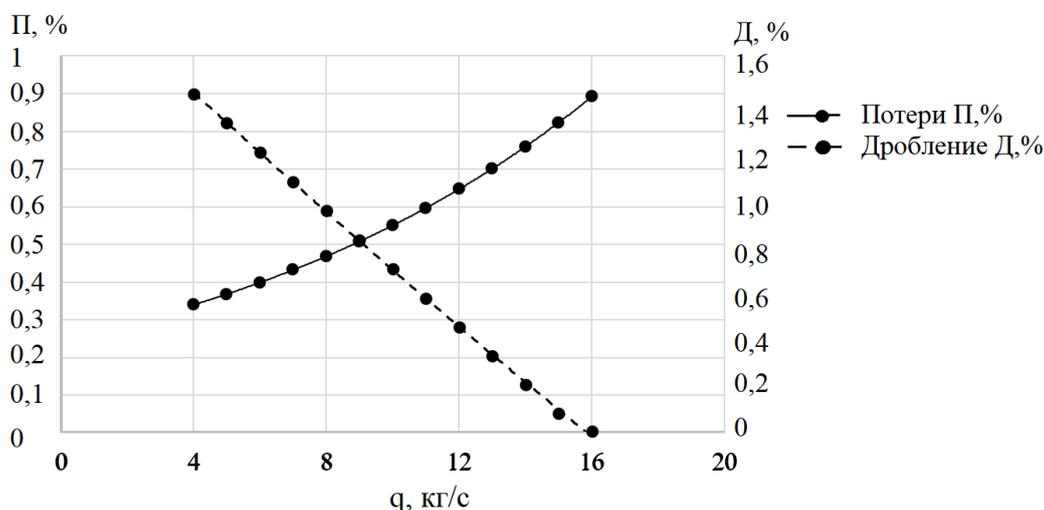


Рис. 2. Зависимость изменения потерь и дробления зерна от приведённой подачи

Из рисунка 2 следует, что чем меньше подача в МСС, тем меньше суммарные потери зерна. С увеличением подачи повышается процент потерь зерна.

Зависимость дробления демонстрирует обратную зависимость. Чем выше подача, тем меньше дробление. При незагруженном роторе зерновая масса многократно подвергается механическому воздействию рабочих органов, в связи с чем происходит повреждение. Исходя из аналитической зависимости, при уборке высокоурожайной массы дробление может достигать 0% при пропускной способности 16 кг/с.

С учётом полученных зависимостей, представленных на диаграммах, следует, что оптимальное значение приведенной подачи при минимальных потерях и дроблении должно составлять 9 кг/с.

### Выводы

1. Мощность двигателя зерноуборочного комбайна при выполнении технологического процесса распределяется между различными системами неравномерно. До 50% идет на выполнение технологического процесса, связанного с работой молотильно-сепарирующего устройства и режущего аппарата.

2. Получена зависимость потребляемой мощности от ширины захвата жатки. Эта зависимость носит линейный характер.

3. Установлено, что оптимальное значение для приведенной подачи при сохранении общего значения потерь и дробления зерна составляет 9 кг/с.

4. Исходя из анализа роторных зерноуборочных комбайнов для условий уборки в Амурской области рекомендуется машина с техническими характеристиками, схожими с Yafeng New Age 9166.

### Библиографический список

1. Совершенствование уборки сои, зерновых и кукурузы в условиях Амурской области: монография / И. В. Бумбар, П. В. Тихончук, А. А. Кувшинов [и др.]. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2023. – 283 с. – ISBN 978-5-9642-0581-4. – DOI 10.22450/9785964205814. – EDN OFWSRL. – Текст: непосредственный.

2. Ломакин, С. Г. Анализ технического уровня зерноуборочных комбайнов «РОСТЦЕЛЬ-МАШ» / С. Г. Ломакин, В. Е. Бердышев. – DOI 10.26897/1728-7936-2017-6-34-42. – Текст: непо-

средственный // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». – 2017. – № 6(82). – С. 34-42. – EDN ZWKXWR.

3. Оценка эффективности работы зерноуборочного комбайна с аксиально-роторным молотильно-сепарирующим устройством / В. И. Орбинский, В. П. Шацкий, Н. М. Дерканосова [и др.]. – DOI 10.17238/issn2071-2243.2020.1.12. – Текст: непосредственный // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 13, № 1 (64). – С. 12-18. – EDN BAYGKV.

4. Белов, М. И. Параметры роторов молотильно-сепарирующих устройств зерноуборочных комбайнов / М. И. Белов, Ю. М. Шрейдер. – Текст: электронный // Universum: технические науки: электронный научный журнал. – 2015. – № 11 (22). – URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/2769>.

5. Бахтерев, А. А. Совершенствование процесса обмолота зерновых культур / А. А. Бахтерев, Г. А. Иовлев, А. Г. Несговорцов. – Текст: непосредственный // Теория и практика мировой науки. – 2017. – № 10. – С. 51-60. – EDN ZQNLXV.

6. Бердышев, В. Е. Комплексный показатель качества работы зерноуборочного комбайна / В. Е. Бердышев. – Текст: непосредственный // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2010. – № 2 (18). – С. 143-150. – EDN MQHNXN.

7. Шрейдер, Ю. М. Повышение эффективности зерноуборочных комбайнов с аксиально-роторными молотильно-сепарирующими устройствами / Ю. М. Шрейдер. – Текст: непосредственный // Техника и оборудование для села. – 2015. – № 2. – С. 16-19. – EDN TIMNLV.

8. Зеленская, О. В. Влияние приведенной подачи на потери и дробление зерна при уборке / О. В. Зеленская. – Текст: непосредственный // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2010. – № 4 (27). – С. 50-51. – EDN NEAYZD.

### References

1. Sovershenstvovanie uborki soi, zernovykh i kukuruzy v usloviyakh Amurskoy oblasti / I. V. Bumbar, P. V. Tikhonchuk, A. A. Kuvshinov [i

dr.]. – Blagoveshchensk: Dalnevostochnyy GAU, 2023. – 283 s. – DOI 10.22450/9785964205814.

2. Lomakin, S. G. Analiz tekhnicheskogo urovnya zernouborochnykh kombaynov "Rostselmash" / S. G. Lomakin, V. E. Berdyshev // Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V.P. Goryachkina". – 2017. – No. 6 (82). – S. 34-42. – DOI 10.26897/1728-7936-2017-6-34-42.

3. Otsenka effektivnosti raboty zernouborochnogo kombayna s aksialno-rotornym molotilno-separiruyushchim ustroystvom / V. I. Orobinskiy, V. P. Shatskiy, N. M. Derkanosova [i dr.] // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2020. – T. 13, No. 1 (64). – S. 12-18. – DOI 10.17238/issn2071-2243.2020.1.12.

4. Belov M.I., Shreyder Yu.M. Parametry roto-rov molotilno-separiruyushchikh ustroystv zernouborochnykh kombaynov // Universum: tekhnicheskie nauki : elektron. nauchn. zhurn.

2015. № 11 (22). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/2769>.

5. Bakhterev, A. A. Sovershenstvovanie protsessa obmolota zernovykh kultur / A. A. Bakhterev, G. A. Iovlev, A. G. Nesgovorov // Teoriya i praktika mirovoy nauki. – 2017. – No. 10. – S. 51-60.

6. Berdyshev, V. E. Kompleksnyy pokazatel kachestva raboty zernouborochnogo kombayna / V. E. Berdyshev // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie. – 2010. – No. 2 (18). – S. 143-150.

7. Shreyder, Yu. M. Povyshenie effektivnosti zernouborochnykh kombaynov s aksialno-rotornymi molotilno-separiruyushchimi ustroystvami / Yu. M. Shreyder // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. – 2015. – No. 2. – S. 16-19.

8. Zelenskaya, O. V. Vliyaniye privedennoy podachi na poteri i drobleniye zerna pri uborke / O. V. Zelenskaya // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2010. – No. 4 (27). – S. 50-51.



УДК 621.316.11

DOI: 10.53083/1996-4277-2026-257-3-67-73

И.В. Наумов, А.А. Багаев, С.В. Подъячих,  
Д.А. Иванов, Н.Б.Ж. Нтсама  
I.V. Naumov, A.A. Bagaev, S.V. Podyachikh,  
D.A. Ivanov, N.B.J. Ntsama

## ОЦЕНКА УРОВНЯ НЕСБАЛАНСИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК НА ПРИМЕРЕ ИРКУТСКОГО ГАУ ИМ. А.А. ЕЖЕВСКОГО

### ASSESSING THE LEVEL OF UNBALANCED ELECTRICITY CONSUMPTION BY AGRICULTURAL ENTERPRISES: CASE STUDY OF THE IRKUTSK STATE AGRICULTURAL UNIVERSITY NAMED AFTER A.A. YEZHEVSKY

**Ключевые слова:** несбалансированные режимы, показатели небаланса, балансирующее устройство, качество и потери электрической энергии.

Целью исследования является анализ несбалансированных режимов работы электрических сетей низкого напряжения, обусловленных несимметрично-несинусоидальным электропотреблением в административных и офисных зданиях. В качестве объекта выбрано учебное заведение – Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского. Для достижения поставленной цели решены задачи, в числе которых обоснование научно-методологической базы оценки несбалансиро-

ванных режимов; разработка специализированного технического средства балансировки и доказательство его эффективности по минимизации несбалансированных режимов и их последствий в электрических сетях. На основании реальных измерений в действующей внутренней электрической сети учебного заведения произведены расчет и анализ исследуемых показателей несбалансированности при отсутствии в сети разработанного балансирующего устройства (БУ) и при внедрении в исследуемую сеть имитационной модели данного устройства. В результате произведенных исследований установлено, что в действующей электрической сети вуза показатели небаланса, характеризующие качество