

Обоснование параметров хедеров и жаток-хедеров к зерноуборочным комбайнам различных классов в режиме неполной загрузки молотилки

Владимир Леонидович Астафьев¹,
доктор технических наук, профессор, директор,
e-mail: vladast01@mail.ru;

Рафаэль Фархадович Ташмухамедов²,
магистрант, e-mail: tashmuhamedov_rafael@mail.ru;

Ульяна Владимировна Живулько³,
кандидат экономических наук, доцент,
e-mail: u.zhivulko@mail.ru

¹Костанайский филиал Научно-производственного центра агроинженерии, г. Костанай, Республика Казахстан;

²Костанайский региональный университет имени А. Байтурсынова, г. Костанай, Республика Казахстан;

³Южно-Уральский Государственный аграрный университет, г. Челябинск, Российская Федерация

Реферат. Показали, что на севере Казахстана зерноуборочные комбайны 4, 5 и 6 классов не обеспечивают требуемого уровня производительности из-за низкой урожайности. Растягивание периода уборки повышает потери продукции. Установили, что уборочные машины работают в режиме неполной загрузки молотилки. Выявили несоответствие типоразмеров применяемых жатвенных машин зональным особенностям региона. (*Цель исследования*) Обосновать параметры хедеров и жаток-хедеров к зерноуборочным комбайнам в режиме неполной загрузки молотилки. (*Материалы и методы*) Выполнили технико-экономические расчеты по критерию эксплуатационных затрат на прямом комбайнировании при урожайности от 0,5 до 2,5 тонны на гектар. Расчет проводили по зерноуборочным комбайнам *Vector-410* (4 класс), *Acros-550* (5 класс), *Essil-760* (6 класс), агрегатируемым с жатками различной ширины захвата. (*Результаты и обсуждение*) Определили, что для комбайна *Vector-410* в диапазоне урожайности 0,5-1,5 тонны на гектар рациональная ширина захвата хедера составляет 9 метров, а при урожайности 2,0-2,5 тонны на гектар – 7-9 метров. Для комбайна *Acros-550* при урожайности 0,5-1,0 тонны на гектар рациональная ширина захвата жатки-хедера равна 16 метров, при 1,5 тонны на гектар – 9-12 метров, а при 2,0-2,5 тонны на гектар – 7-9 метров. Для комбайна *Essil-760* этот показатель составляет 16; 12 и 9 метров соответственно. (*Выводы*) Установили, что при урожайности 0,5-2,0 тонны на гектар из сравниваемых зерноуборочных комбайнов 4, 5 и 6 классов наиболее низкие эксплуатационные затраты обеспечивают *Acros-550* и *Essil-760*; при урожайности 2,0 тонны на гектар – *Vector-410*; при урожайности 2,5 тонны на гектар эффективнее *Acros-550*.

Ключевые слова: класс зерноуборочного комбайна, урожайность, загрузка молотилки, ширина захвата жатки, эксплуатационные затраты.

■ **Для цитирования:** Астафьев В.Л., Ташмухамедов Р.Ф., Живулько У.В. Обоснование параметров хедеров и жаток-хедеров к зерноуборочным комбайнам различных классов в режиме неполной загрузки молотилки // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2021. Т. 15. №1. С. 34-40. DOI 10.22314/2073-7599-2021-15-1-34-40.

Parameters Substantiation of Headers and Reaper-Headers for Various Classes Combine Harvesters in the Incomplete Loading Mode of the Thresher

Vladimir L. Astaf'ev¹,
Dr.Sc.(Eng.), professor, director,
e-mail: vladast01@mail.ru;

Rafael F. Tashmukhamedov²,
master's student,
e-mail: tashmuhamedov_rafael@mail.ru;

Ulyana V. Zhivul'ko³,
Ph.D.(Eng.), associate professor,
e-mail: u.zhivulko@mail.ru

¹Kostanay branch of Scientific Production Center of Agricultural Engineering, Kostanay, Republic of Kazakhstan;

²Kostanay University named after A. Baitursynov, Kostanay, Republic of Kazakhstan;

³South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk, Russian Federation

Abstract. The authors showed that in Kazakhstan northern region grain harvesters of 4, 5 and 6 classes did not provide the required level of productivity due to low yields. Longer harvesting period increased product losses. It was found that the harvesting

machines were working in the incomplete loading mode of the thresher. The authors revealed the discrepancy between the standard sizes of the used reaping machines and regional zonal features. (*Research purpose*) To substantiate the parameters of headers and reaper-headers for combine harvesters in the incomplete loading mode of the thresher. (*Materials and methods*) The authors performed technical and economic calculations according to the criterion of operating costs for direct combining with a yield of 0.5 to 2.5 tons per hectare. The calculation was carried out for combine harvesters Vector-410 (class 4), Acros-550 (class 5), Essil-760 (class 6), aggregated with headers of different working widths. (*Results and discussion*) The authors determined that for the combine Vector-410 the rational width of the header was 9 meters in the yield range of 0.5-1.5 tons per hectare, and with a yield of 2.0-2.5 tons per hectare – 7-9 meters. For the combine Acros-550 the rational width of the reaper-header was 16 meters with a yield of 0.5-1.0 tons per hectare, with 1.5 tons per hectare - 9-12 meters, and with 2.0-2.5 tons per hectare – 7-9 meters. For the combine Essil-760 these values were 16; 12 and 9 meters respectively. (*Conclusions*) It was found that when comparing grain harvesters of 4, 5 and 6 classes with a yield of 0.5-2.0 tons per hectare, the lowest operating costs were provided by Acros-550 and Essil-760; with a yield of 2.0 tons per hectare - Vector-410; with a yield of 2.5 tons per hectare the Acros-550 was more effective. **Keywords:** combine harvester class, yield, thresher loading, header width, operating costs.

For citation: Astaf'ev V.L., Tashmukhamedov R.F., Zhivul'ko U.V. Obosnovanie parametrov khederov i zhatok-khederov k zernouborochnym kombaynam razlichnykh klassov v rezhime nepolnoy zagruzki molotilki [Parameters substantiation of headers and reaper-headers for various classes combine harvesters in the incomplete loading mode of the thresher]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2021. T. 15. N1. 34-40 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2021-15-1-34-40.

Уборка – это наиболее ответственный этап производства продукции растениеводства. Доля уборочного процесса может достигать 50% расходов на производство зерна. Затраты на выполнение уборочного процесса зависят от стоимости и производительности применяемой техники, качества ее работы. В условиях северного региона Казахстана применяют комбайны 3, 4, 5 и 6 классов. Анализ показывает, что в последние годы растет доля техники 4, 5 и 6 классов [1]. Однако в засушливых зональных условиях региона современные зерноуборочные комбайны высоких классов зачастую не обеспечивают требуемого уровня производительности.

Среднегодовалая урожайность зерновых в регионе составляет около 1,1 т/га, при варьировании в южных и северных районах от 0,8 до 2,0 т/га [1-7]. При этом в условиях конкретного хозяйства отклонение от среднего показателя по годам составляет $\pm 0,5$ т/га. В связи с низкой урожайностью в условиях северного региона Казахстана зерноуборочные комбайны часто работают в режиме неполной загрузки молотилки. Но даже при такой урожайности зерновое производство рентабельно. Значительный уровень солнечной инсоляции гарантирует получение зерна с высоким содержанием протеина. Известно, что комбайны 5-6 классов эффективны при уборке зерновых урожайностью 4,0-6,0 т/га. Это в 3-5 раз превышает среднюю зональную урожайность. Низкая урожайность не позволяет в полной мере реализовать производительность комбайнов, приводит к преждевременному выходу из строя недогружаемой системы решетной очистки, а также обуславливает повышенные потери продукции из-за растягивания сроков выполнения работ [8]. Кроме того, низкая урожайность предопределяет рост удельных энергетических затрат на 1 т намолачиваемого зерна.

Основная причина повышенных потерь при уборке – несоответствие типоразмеров применяемых жатвенных машин комбайнам в зональных условиях [9, 10]. Комбайны 4 класса поступают в регион в основном с хедерами захватом 7 м, машины 5 класса – 7-9 м, 6 класса – с хедерами и жатками-хедерами захватом 9-12 м. Результат – низкая эффективность использования техники: уборочные работы продолжаются 45-60 дней, потери урожая достигают 25% от потенциального урожая.

Типаж комбайнов выбирают по техническим характеристикам с учетом урожайности культур, допустимых в зональных условиях скоростных режимов движения, размера посевных площадей, наличия механизаторских кадров, а также погодных условий региона [1, 11-14]. В условиях недогрузки комбайна по пропускной способности важнейшее влияние на его производительность оказывает ширина захвата жатки. Обоснование параметров жатвенных машин к зерноуборочным комбайнам стало темой научных исследований [15-20]. Однако результаты не применимы в полной мере в зональных условиях северного региона Казахстана, так как получены в режиме полной загрузки молотилки зерноуборочных комбайнов по пропускной способности.

В связи с этим актуально обоснование параметров хедеров и жаток-хедеров к зерноуборочным комбайнам 4; 5 и 6 классов в условиях северного региона Казахстана.

Цель исследований – обосновать параметры хедеров и жаток-хедеров к зерноуборочным комбайнам в режиме неполной загрузки молотилки.

Поставили следующие задачи:

- установить влияние урожайности и ширины захвата жатки в режиме неполной загрузки молотилки применяемых комбайнов на скорость их движения,

производительность, эксплуатационные затраты;

- провести анализ расчетов и обосновать рациональные и оптимальные параметры хедеров и жаток-хедеров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Выполнили технико-экономические расчеты по эксплуатационным затратам на технологической операции «прямое комбайнирование» при работе наиболее распространенных в северном Казахстане зерноуборочных комбайнов:

- *Vector-410* (4 класс) в агрегате с хедерами захватом 7 и 9 м (Ростсельмаш);

- *Acros-550* (5 класс) – с хедерами захватом 7 и 9 м (Ростсельмаш) и жатками-хедерами захватом 12 и 16 м фирмы «Дон Мар» (Казахстан);

- *Essil-760* (6 класс) – с хедерами 9 м (Беларусь) и жатками-хедерами захватом 12 и 16 м фирмы «Дон Мар» (Казахстан).

Скорость движения комбайнов при заданной урожайности и полной загрузке молотилки рассчитывали по известной формуле с учетом коэффициента зональных условий [21, 22]:

$$V_p = \frac{10 \cdot q \cdot K_{зон}}{B \cdot \beta \cdot Y \cdot (\delta + 1)}, \quad (1)$$

где V_p – рабочая скорость, м/с;

q – пропускная способность комбайна, кг/с;

$K_{зон}$ – коэффициент зональных условий;

B – ширина захвата жатки, м;

β – коэффициент использования ширины захвата жатки;

Y – урожайность, т/га;

δ – коэффициент солоmistости.

При неполной загрузке молотилки учитывали, что в условиях региона комбайны каждого класса имеют верхний предел по рабочей скорости: *Vector-410* – 8 км/ч (с хедерами захватом до 9 м), *Acros-550* и *Essil-760* – 9 км/ч с жатками-хедерами захватом до 12 м. При агрегатировании комбайнов 5 и 6 классов с жаткой-хедером захватом 16 м верхний предел скорости в зональных условиях составляет 9 км/ч при использовании навигационных систем автоматического вождения. При ручном вождении скорость движения этих машин с жаткой захватом 16 м существенно ниже. Данные получены по результатам приемочных испытаний комбайнов и жаток на МИС при КФ ТОО «НПЦ агроинженерии».

Степень загрузки молотилки при зональной урожайности зерновых определяли по формуле:

$$C_3 = \frac{B \cdot \beta \cdot V_p \cdot Y \cdot (\delta + 1)}{10 \cdot q} \cdot 100\%. \quad (2)$$

При известной скорости движения комбайна и ширине захвата жатки-хедера рассчитали производительность за 1 ч сменного и эксплуатационного времени [11]:

$$W_{см} = 0,36 \cdot B \cdot \beta \cdot V_p \cdot K_{см} \cdot Y, \quad (3)$$

где $W_{см}$ – производительность сменного времени, т/ч;

$K_{см}$ – коэффициент использования сменного вре-

мени;

$$W_{эк} = 0,36 \cdot B \cdot \beta \cdot V_p \cdot K_{эк} \cdot Y, \quad (4)$$

где $W_{эк}$ – производительность эксплуатационного времени, га/ч;

$K_{эк}$ – коэффициент использования эксплуатационного времени.

Прямые эксплуатационные затраты на уборку определили согласно СТ РК ГОСТ 53056-2010:

$$I = 3 + \Gamma + P + A, \quad (5)$$

где I – прямые (эксплуатационные) затраты, руб/т;

3 – затраты на оплату труда обслуживающего персонала, руб/т;

Γ – затраты на горюче-смазочные материалы, руб/т;

P – затраты на ремонт и техническое обслуживание, руб./т;

A – затраты на амортизацию, руб/т.

Затраты средств на оплату труда обслуживающего персонала равны:

$$3 = \frac{L \cdot \tau \cdot K_3}{W_{см}}, \quad (6)$$

где L – количество обслуживающего персонала, чел.;

τ – оплата труда обслуживающего персонала, руб/чел.-ч;

K_3 – коэффициент начислений на зарплату.

Затраты на горюче-смазочные материалы составляют:

$$\Gamma = q_T \cdot C_T \cdot K_{см,м}, \quad (7)$$

где q_T – удельный расход топлива, кг/т;

C_T – цена топлива, руб/кг

$K_{см,м}$ – коэффициент учета стоимости смазочных материалов.

Затраты на ремонт и техническое обслуживание вычисляем по формуле:

$$P = \frac{B \cdot r_p}{W_{эк} \cdot T_3} \quad (8)$$

где B – цена техники (без НДС), руб.;

r_p – коэффициент отчислений на ремонт и техническое обслуживание техники;

T_3 – годовая зональная фактическая загрузка техники, ч.

Затраты средств на амортизацию равны:

$$A = \frac{B \cdot a}{W_{эк} \cdot T_3}, \quad (9)$$

где a – коэффициент отчислений на амортизацию техники.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Установили, что с увеличением урожайности до 1,2-2,0 т/га намолот растет, стабилизируясь затем на постоянном уровне (рис. 1).

Это происходит в случае полной загрузки молотильно-сепарирующего устройства (МСУ) комбайна по пропускной способности на указанной урожайности, когда с увеличением урожайности уменьшается скорость движения. Как видим, у каждого класса комбайна есть свой верхний предел производительности.



Таблица 1 Table 1

ЗАВИСИМОСТЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ ОТ ШИРИНЫ ЗАХВАТА МОЛОТИЛКИ ПРИ ЕЕ НЕПОЛНОЙ ЗАГРУЗКЕ
THE DEPENDENCE OF THE COMBINE HARVESTERS PRODUCTIVITY ON THE THRESHER WIDTH WHEN IT IS NOT FULLY LOADED

Марка комбайна Combine harvester brand	Класс Class	Изменение ширины захвата жатки, м Changing the reaper width, m	Повышение производительности, разы Productivity increase, times
Vector-410	4	с 7 до 9 / from 7 to 9	1,2
Acros-550	5	с 7 до 16 / from 7 to 16	2,0
Essil-760	6	с 9 до 16 / from 9 to 16	1,6

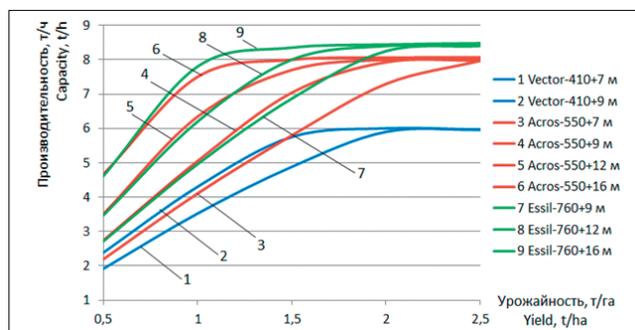


Рис. 1. Зависимость сменной производительности сравниваемых комбайнов от урожайности и ширины захвата жаток (комбайны одинаковой марки показаны одним цветом, ширина захвата хедера или жатки-хедера указана за маркой комбайна со знаком «+»)

Fig. 1. Dependence of the shift performance of the compared combines on the yield and headers' working width (combines of the same brand are shown in one color, the width of the header or reaper-header is indicated behind the combine brand with a "+" sign)

Уровень урожайности, при которой достигается этот предел, зависит от класса комбайна и ширины захвата жатки. Чем больше ширина захвата жатки, тем быстрее (на меньшей урожайности) достигается предел производительности. Установили, что в режиме неполной загрузки молотилки увеличение ширины захвата хедера (жатки-хедера) повышает производительность комбайнов в 1,2-1,6 раза (табл. 1).

Увеличение намолота комбайнов в режиме неполной загрузки молотилки путем повышения рабочей скорости невозможно, так как при низкой урожайности работа осуществляется на верхнем пределе скорости движения (табл. 2).

Таким образом, при уборке зерновых культур с низкой урожайностью в режиме неполной загрузки молотилки комбайна основным путем повышения производительности уборочного процесса стало увеличение ширины захвата жатки.

С увеличением урожайности затраты на уборку сначала снижаются, затем стабилизируются на определенном уровне (рис. 2). Такой характер изменения затрат объясняется достижением предела производительности по намолоту, то есть обеспечением загрузки МСУ по пропускной способности.

При неполной загрузке молотилки вследствие низкой урожайности время заполнения бункера комбайна прямо пропорционально ширине захвата жатки и

Таблица 2 Table 2

ВЛИЯНИЕ ШИРИНЫ ЗАХВАТА ЖАТКИ И УРОЖАЙНОСТИ НА СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ КОМБАЙНОВ И СТЕПЕНЬ ЗАГРУКИ МОЛОТИЛКИ
INFLUENCE OF THE HEADER WIDTH AND YIELD ON THE COMBINES SPEED AND THE DEGREE OF THRESHER LOADING

Ширина захвата жатки-хедера, м Width of the header, m	Урожайность, т/га Yield, t/ha	Vector-410		Acros-550		Essil-760	
		Скорость, км/ч Speed, km/h	Степень загрузки МСУ, % Degree of thresher loading, %	Скорость, км/ч Speed, km/h	Степень загрузки МСУ, % Degree of thresher loading, %	Скорость, км/ч Speed, km/h	Степень загрузки МСУ, % Degree of thresher loading, %
7	0,5	8,00	20,82	9,00	18,11	–	–
	1,0	8,00	41,64	9,00	36,21	–	–
	1,5	8,00	62,46	9,00	54,32	–	–
	2,0	7,77	81	9,00	72,43	–	–
	2,5	6,22	81	8,05	81,00	–	–
9	0,5	8,00	26,77	9,00	23,28	9,00	20,99
	1,0	8,00	53,54	9,00	46,56	9,00	41,99
	1,5	8,00	80,30	9,00	69,84	9,00	62,98
	2,0	6,05	81,00	7,83	81,00	8,68	81,00
	2,5	4,84	81,00	6,26	81,00	6,95	81,00
12	0,5	–	–	9,00	31,04	9,00	27,99
	1,0	–	–	9,00	62,08	9,00	55,98
	1,5	–	–	7,83	81,00	8,68	81,00
	2,0	–	–	5,87	81,00	6,51	81,00
	2,5	–	–	4,70	81,00	5,21	81,00
16	0,5	–	–	9,00	43,37	9,00	39,11
	1,0	–	–	8,40	81,00	9,00	78,23
	1,5	–	–	5,60	81,00	6,21	81,00
	2,0	–	–	4,20	81,00	4,66	81,00
	–	–	–	3,36	81,00	3,73	81,00

урожайности культуры. При полной загрузке молотилки, то есть при достижении верхнего предела производительности с жаткой определенной ширины захвата, время заполнения бункера комбайна остается постоянным и не зависит от ширины захвата применяемой жатки. Это следует из формулы (10):

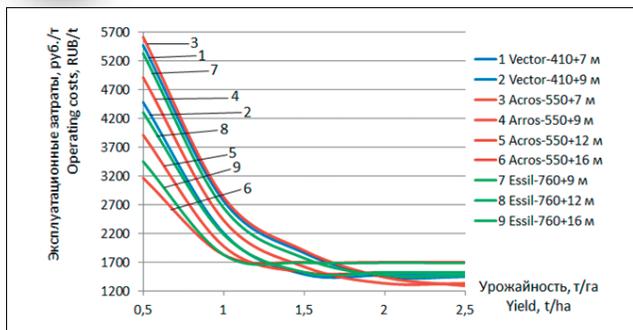


Рис. 2. Зависимость эксплуатационных затрат от урожайности и ширины захвата жатки (комбайны одинаковой марки показаны одним цветом, ширина захвата хедера или жатки-хедера указана за маркой комбайна со знаком «+»)

Fig. 2. Dependence of operating costs on the yield and header width (combines of the same brand are shown in one color, the width of the header or reaper-header is indicated behind the combine brand with a "+" sign)

$$t = \frac{V \cdot \rho}{W} \quad (10)$$

где t – время заполнения бункера комбайна, ч;

V – объем бункера комбайна, м³;

ρ – насыпная плотность зерна, т/м³.

Увеличение ширины захвата жатки при полной загрузке молотилки снижает рабочую скорость.

Чем шире жатка, тем она дороже. Например, стоимость хедера шириной захвата 7 м – 0,984 млн руб., а 16-метровой жатки-хедера – 2,625 млн руб. (разница почти в 2,5 раза!). Отсюда можно сделать вывод, что при полной загрузке молотилки следует применять жатку минимально возможной ширины захвата, обеспечивающей полную загрузку молотилки. При неполной загрузке молотилки следует стремиться применять жатку максимально возможной ширины захвата, обеспечивающей повышение производительности уборочного процесса. Расчеты свидетельствуют о том, что для комбайна каждого класса при работе в режиме неполной загрузки молотилки имеется рациональная ширина захвата жатки для каждого уровня урожайности (рис. 3-5).

Анализ представленных зависимостей с учетом поля допуска выполненных расчетов $\pm 5\%$ позволил определить рациональную ширину захвата жаток (табл. 3).

С уменьшением урожайности зерновых культур ширина захвата жаток должна увеличиваться. При неполной загрузке молотилки рекомендовано применять жатку максимально возможной ширины захвата, обеспечивающей увеличение загрузки комбайнов по пропускной способности и повышение производительности уборочного процесса.

При урожайности 0,5-2,0 т/га из сравниваемых зерноуборочных комбайнов 4, 5 и 6 классов наиболее низкие эксплуатационные затраты обеспечивает Acros-550 с жатками-хедерами захватом 16-12 м и хе-

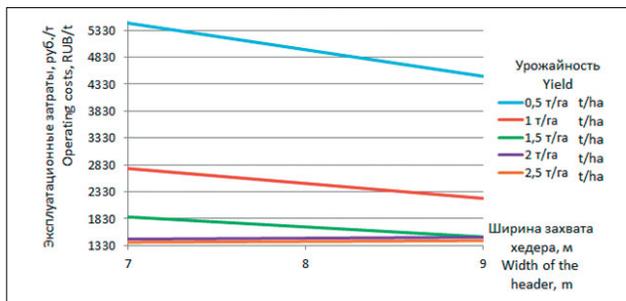


Рис. 3. Зависимость эксплуатационных затрат на уборку комбайном Vector-410 от ширины захвата хедера и урожайности

Fig. 3. Dependence of operating costs for harvesting with the Vector-410 combine on the header width and yield

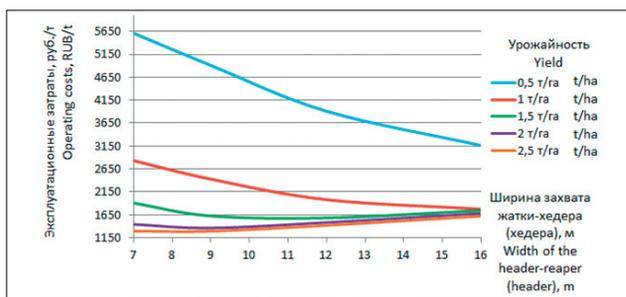


Рис. 4. Зависимость эксплуатационных затрат на уборку комбайном Acros-550 от ширины захвата жатки-хедера (хедера) и урожайности

Fig. 4. Dependence of operating costs for harvesting with the Acros-550 combine on the width of the header-reaper (header) and yield

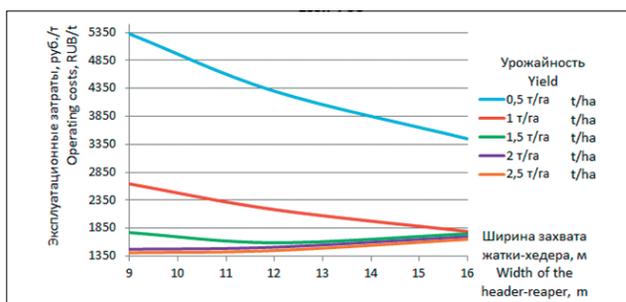


Рис. 5. Зависимость эксплуатационных затрат на уборку комбайном Essil-760 от ширины захвата жатки-хедера и урожайности

Fig. 5. Dependence of operating costs for harvesting with the Essil-760 combine on the width of the reaper-header and yield

дерами 9-7 м, а также Essil-760 с жатками-хедерами захватом 16-9 м; при урожайности 2,0 т/га – Vector-410 с хедерами захватом 7-9 м; при урожайности 2,5 т/га более эффективен Acros-550 с хедерами захватом 7-9 м.

Выводы

1. Для комбайна Vector-410 в диапазоне урожайности 0,5-1,5 т/га рациональная ширина захвата хедера составляет 9 м, а при 2,0-2,5 т/га – 7-9 м.

2. Для комбайна Acros-550 при урожайности 0,5-1,0 т/га рациональная ширина захвата жатки-хедера – 16 м, при 1,5 т/га – 9-12 м, при 2,0-2,5 т/га – 7-9 м.



Урожайность, т/га / Yield t/ha	Vector-410	Acros-550	Essil-760
0,5	9	16	16
1,0	9	16	16
1,5	9	9-12	12
2,0	7-9	9-7	9
2,5	7-9	7-9	9

3. Для комбайна *Essil-760* при урожайности 0,5-1,0 т/га рациональная ширина захвата жатки-хедера составляет 16 м, при 1,5 т/га – 12 м, при 2,0-2,5 т/га – 9 м.
 4. При урожайности 0,5-2,0 т/га из сравниваемых

зерноуборочных комбайнов 4, 5 и 6 классов наиболее низкие эксплуатационные затраты обеспечивают *Acros-550* и *Essil-760*; при 2,0 т/га – *Vector-410*; при урожайности 2,5 т/га более эффективен *Acros-550*.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Астафьев В.Л., Голиков В.А. Обоснование типажа зерноуборочных комбайнов и жаток, применяемых в регионах Казахстана // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. N4. С. 10-15

2. Двуреченский В.И. Возделывание зерновых культур на основе новой влагосберегающей технологии и современной техники. Костанай: Издательский дом. 2004. 62 с.

3. Гилевич С.И., Тарасенко В.И., Аксагов Т.М. и др. Диверсификация и No-Till как основа перехода к плодосменным севооборотам: Рекомендации. Астана: Каммедиапринт. 2011. 47 с.

4. Абдуллаев К.К., Ирмулатов Б.Р., Юрченко В.А. и др. Стратегия и тактика проведения уборки урожая и осенне-полевых работ в Акмолинской области в 2019 году: Рекомендации. Шортанды: НПЦ ЗХ им. А.И. Бараева, 2019. 34 с.

5. Kusainova A.A., Mezentseva O.V., Tusupbekov Z.A. Influence of precipitation variability and temperature conditions on the yield of grain crops in Northern Kazakhstan. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. 548. 1-7.

6. Babkenov A.T., Babkenova S.A., Abdullayev K.K., Kairzhanov Y.K. Breeding Spring Soft Wheat for Productivity, Grain Quality, and Resistance to Adverse External Factors in Northern Kazakhstan. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. 21(6). 8-12.

7. Сидоренко О.В. Мировые тенденции производства и потребления зерна // *Экономический анализ: теория и практика*. 2011. N33. С. 19-25.

8. Глушков И.Н., Герасименко И.В. Определение оптимальной ширины транспортирующего устройства порционной жатки с устройством образования кулис // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2017. 4(66). С. 135-138.

9. Чепурин Г.Е., Иванов Н.М., Кузнецов А.В. и др. Уборка и послеуборочная обработка зерновых культур в экстремальных условиях Сибири: Рекомендации. М: Росинформагротех. 2011. 175 с.

10. Константинов М.М., Глушков И.Н., Пашинин С.С. Технико-экономическое обоснование применения порционной жатки на уборке зерновых культур // *Вестник аграрной науки*. 2017. N5. С. 74-79.

11. Жалнин Э.В., Ценч Ю.С., Пьянов В.С. Методика анализа технического уровня зерноуборочных комбайнов по функциональным и конструктивным параметрам // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. N2. С. 4-8.

12. Жалнин Э.В. Методологические аспекты механизации производства зерна в России. М.: Полиграф-сервис, 2012. 368 с.

13. Файффер А. Учесть все факторы // *Новое сельское хозяйство*. 2015. N1. С. 38-40.

14. Воронкин Г.П. Неравномерность созревания и уборка зерновых культур в непогоду: Монография. Омск: ОмГАУ. 2005. 132с.

15. Чужинов П.И., Селихов В.Т. Как повысить производительность зерноуборочных машин. Алма-Ата: Кайнар. 1977. 125 с.

16. Chaab R.K., Karparvarfard S.H., Rahmanian-Koushka-ki H., Mortezaei A., Mohammadi M. Predicting header wheat loss in a combine harvester, a new approach. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2020. N2(19). 179-184.

17. Ерохин Г.Н., Коновский В.В. Влияние ширины жатки на производительность зерноуборочного комбайна // *Наука в центральной России*. 2020. 2(44). С. 35-42.

18. Zareei S., Pour S.A., Moghaddam M., Sahrayan H. Optimum setting of combine header for wheat harvesting using Taguchi method. *Research on Crops*. 2012. N13(3). 1142-1146.

19. Stefanoni W., Latterini F., Ruiz J.R., Bergonzoli S., Palmieri N., Pari L. Assessing the Camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz) Seed Harvesting Using a Combine Harvester: A Case-Study on the Assessment of Work Performance and Seed Loss. *Sustainability*. 2020. N13(1). 195.

20. Чаплыгин М.Е. Оптимизация типоразмера хедера к зерноуборочному комбайну компьютерной программой «Эко-Адаптер» // Разработка инновационных технологий и технических средств для АПК. Ч. 1. Зерноград: СКНИ-ИМЭСХ, 2014. С. 172-176.

21. Астафьев В.Л., Жалнин Э.В. Оценка эффективности зерноуборочных комбайнов различных классов в условиях Северного Казахстана // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. N3. С. 17-21.

22. Жалнин Э.В. Расчет основных параметров зерноуборочных комбайнов. М.: ВИМ. 2001. С. 10-65.

REFERENCES

1. Astaf'ev V.L., Golikov V.A. Obosnovanie tipazha zernoubo-rochnykh kombainov i zhatok, primenyaemykh v regionakh Kazakhstana [Substantiation of the type of grain harvesters and reapers used in the regions of Kazakhstan]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. Vol. 12. N4. 10-15 (In Russian).
2. Dvurechenskiy V.I. Vozdelyvanie zernovykh kul'tur na osnove novoy vlagosberegayushchey tekhnologii i sovremennoy tekhniki [Cultivation of grain crops based on new moisture-saving technology and modern technology]. Kostanay: Izdatel'skiy dom. 2004. 62 (In Russian).
3. Gilevich S.I., Tarasenko V.I., Aksagov T.M., et al. Diversifikatsiya i No-Till kak osnova perekhoda k plodsmennym sevooborotam. Rekomendatsii [Diversification and No-Till as the basis for the transition to crop rotation. Recommendations Diversification and No-Till as the basis for the transition to crop rotation. Recommendations]. Astana: Kammediaprint. 2011. 47 (In Russian).
4. Abdullaev K.K., Irmulatov B.R., Yurchenko V.A. et al. Strategiya i taktika provedeniya uborki urozhaya i osenne-polevykh rabot v Akmolinskoy oblasti v 2019 godu: Rekomendatsii [Strategy and tactics of harvesting and autumn field work in the Akmola region in 2019: Recommendations]. Shortandy: NPTS ZKH im. A.I. Baraeva, 2019. 34 (In Russian).
5. Kusainova A.A., Mezentseva O.V., Tusupbekov Z.A. Influence of precipitation variability and temperature conditions on the yield of grain crops in Northern Kazakhstan. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. 548. 1-7 (In English).
6. Babkenov A.T., Babkenova S.A., Abdullayev K.K., Kairzhanov Y.K. Breeding Spring Soft Wheat for Productivity, Grain Quality, and Resistance to Adverse External Factors in Northern Kazakhstan. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. 21(6). 8-12 (In English).
7. Sidorenko O.V. Mirovye tendentsii proizvodstva i potrebleniya zerna [World trends in grain production and consumption]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika*. 2011. N33. 19-25.
8. Glushkov I.N., Gerasimenko I.V. Opredelenie optimal'noy shiriny transportiruyushchego ustroystva portsonnoy zhatki s ustroystvom obrazovaniya kulis [Determination of the optimal width of the transporting device of the portioning header with the device for forming the wings]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2017. 4(66). 135-138 (In Russian).
9. Chepurin G.E., Ivanov N.M., Kuznetsov A.V., et al. Uborka i posleuborochnaya obrabotka zernovykh kul'tur v ekstremal'nykh usloviyakh Sibiri: Rekomendatsii [Cleaning and post-harvest processing of grain crops in the extreme conditions of Siberia: Recommendation]. Moscow: Rosinformagrotekh. 2011. 175 (In Russian).
10. Konstantinov M.M., Glushkov I.N., Pashinin S.S. Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie primeneniya portsonnoy zhatki na uborkе zernovykh kul'tur [Feasibility study of the use of a portioned header for harvesting grain crops]. *Vestnik agrarnoy nauki*. 2017. N5. 74-79 (In Russian).
11. Zhalnin E.V., Tsench Yu.S., P'yanov V.S. Metodika anali-za tekhnicheskogo urovnya zernouborochnykh kombaynov po funktsional'nym i konstruktivnym parametram [Methodology for analyzing the technical level of grain harvesters by functional and design parameters]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. Vol. 12. N2. 4-8 (In Russian).
12. Zhalnin E.V. Metodologicheskie aspekty mekhanizatsii proizvodstva zerna v Rossii [Methodological aspects of mechanization of grain production in Russia]. Moscow: Poligraf-servis, 2012. 368 (In Russian).
13. Faiffer A. Uchest' vse faktory [Consider all factors]. *Novoe sel'skoe khozyaystvo*. 2015. N1. 38-40 (In Russian).
14. Vorovkin G.P. Neravnomernost' sozrevaniya i uborka zernovykh kul'tur v nepogodu: Monografiya [Uneven ripening and harvesting of grain crops in bad weather: Monograph]. Omsk: OmGAU. 2005. 132 (In Russian).
15. Chuzhinov P.I., Selikhov V.T. Kak povysit' proizvoditel'nost' zernouborochnykh mashin [How to improve the productivity of grain harvesters]. Alma-Ata: Kainar. 1977. 125 (In Russian).
16. Chaab R.K., Karparvarfard S.H., Rahmanian-Koushkaki H., Mortezaei A., Mohammadi M. Predicting header wheat loss in a combine harvester, a new approach. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2020. N2(19). 179-184 (In English).
17. Erokhin G.N., Konovskiy V.V. Vliyanie shiriny zhatki na proizvoditel'nost' zernouborochnogo kombaina [The influence of the width of the header on the productivity of the combine harvester]. *Nauka v tsentral'noy Rossii*. 2020. 2(44). 35-42 (In Russian).
18. Zareei S., Pour S.A., Moghaddam M., Sahrayan H. Optimum setting of combine header for wheat harvesting using Taguchi method. *Research on Crops*. 2012. N13(3). 1142-1146 (In English).
19. Stefanoni W., Latterini F., Ruiz J.R., Bergonzoli S., Palmieri N., Pari L. Assessing the Camelina (Camelina sativa (L.) Crantz) Seed Harvesting Using a Combine Harvester: A Case-Study on the Assessment of Work Performance and Seed Loss. *Sustainability*. 2020. N13(1). 195 (In English).
20. Chaplygin M.E. Optimizatsiya tiporazmera khedera k zernouborochnomu kombaynu komp'yuternoy programmy «Eko-Adapter» [Optimization of the standard size of the header for the combine harvester by the computer program "Eco-Adapter"]. *Razrabotka innovatsionnykh tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv dlya APK*. Ch. 1. Zernograd: SKNIIMESKH, 2014. 172-176 (In Russian).
21. Astaf'ev V.L., Zhalnin E.V. Otsenka effektivnosti zernoubo-rochnykh kombaynov razlichnykh klassov v usloviyakh Severnogo Kazakhstana [Evaluation of the efficiency of grain harvesters of various classes in the conditions of Northern Kazakhstan]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. Vol. 12. N3. 17-21 (In Russian).
22. Zhalnin E.V. Raschet osnovnykh parametrov zernoubo-rochnykh kombaynov [Calculation of the main parameters of combine harvesters]. Moscow: VIM. 2001. 10-65 (In Russian).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 24.12.2020
The paper was submitted
to the Editorial Office on 24.12.2020

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья принята к публикации 15.02.2021
The paper was accepted
for publication on 15.02.2021