

УДК 631.17:631.354.3

DOI: 10.52463/22274227_2021_37_56

В.Л. Астафьев, И.И. Султанов

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СООТНОШЕНИЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ С ЖАТКАМИ ДЛЯ ОЧЁСА И ПРЯМОГО КОМБАЙНИРОВАНИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СТЕРНЕВЫХ КУЛИС В СЕВЕРНОМ РЕГИОНЕ КАЗАХСТАНА

КОСТАНАЙСКИЙ ФИЛИАЛ ТОВАРИЩЕСТВА С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР АГРОИНЖЕНЕРИИ»,
КОСТАНАЙ, РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

V.L. Astafyev, I.I. Sultanov

JUSTIFICATION OF A RATIONAL RELATION OF GRAIN HARVESTERS WITH STRIPPER HEADERS AND DIRECT COMBINING HEADERS WHEN FORMING STUBBLES COULISES IN THE NORTHERN REGION OF KAZAKHSTAN

KOSTANAI BRANCH LIMITED LIABILITY PARTNERSHIP «SCIENTIFIC PRODUCTION CENTER
OF AGRICULTURAL ENGINEERING», KOSTANAI, REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Владимир Леонидович Астафьев

Vladimir Leonidovich Astafyev

доктор технических наук, профессор

vladast01@mail.ru

Ильдар Ильфарович Султанов

Ildar Ilfarovich Sultanov

магистр техники и технологий

Sultanow95@mail.ru

Аннотация. Основной лимитирующий фактор повышения урожайности в северном регионе Казахстана – это влага. Наиболее засушливый период – первая половина вегетации. Основным источником влаги в почве в начале вегетации является влага осенне-зимних осадков. Накопление зимних осадков представляло большую производственную проблему. По результатам проведенных исследований выявлен наиболее эффективный способ снегонакопления путем формирования стерневых кулис. Цель исследования состоит в обосновании оптимального соотношения зерноуборочных комбайнов с очесывающими жатками и хедерами на прямом комбайнировании с формированием стерневых кулис. Методика научного исследования предусматривает проведение теоретического моделирования уборочного процесса с формированием стерневых кулис. Исходные данные к расчету принимались по результатам приемочных и сравнительных испытаний зерноуборочных комбайнов, проведенных аккредитованным испытательным центром Костанайского филиала КазНИИМЭСХ. Моделированием уборочного процесса выведена формула для расчета рационального соотношения зерноуборочных комбайнов с хедерами и очесывающими жатками на прямом комбайнировании с формированием стерневых кулис в условиях северного региона Казахстана. Установлено, что рациональное соотношение зерноуборочных комбайнов с хедерами и очесывающими жатками прямо пропорционально количеству проходов зерноуборочных комбайнов с указанными жатками и обратно пропорционально величине их рабочих скоростей и коэффициентов использования сменного времени. Для исключения простаивания зерноуборочных комбайнов на прямом комбайнировании с формированием стерневых кулис в условиях северного региона Казахстана количество хедеров должно превышать количество очесывающих жаток: в 1,5 раза при проходе очесывающей жатки за каждым проходом хедера; в 3 раза при проходе очесывающей жатки через два прохода хедера.

Ключевые слова: снегонакопление, формирование стерневых кулис, обоснование рационального соотношения хедеров и очесывающих жаток.

Abstract. The main limiting factor for increasing yields in the northern region of Kazakhstan is moisture. The driest period is the first half of vegetation. The main source of moisture in the soil at the beginning of the vegetation is the moisture of autumn-winter precipitation. The accumulation of winter precipitation was a big production problem. Based on the results of the studies, the most effective method of snow accumulation was revealed by forming stubble links. The aim of the study is to substantiate the optimal ratio of harvesters with the combine harvesters and headers on direct harvesting with the formation of stubble links. The method of scientific research provides for theoretical modeling of the harvesting process with the formation of stubble links. The initial data for calculation were accepted based on the results of acceptance and comparative tests of combine harvesters conducted by the accredited test center of the Kostanay branch of KazNIIMES. By modeling the harvesting process, a formula was derived for calculating the rational ratio of harvesters with hedgers and combing collars on direct harvesting with the formation of stubble links in the northern region of Kazakhstan. It has been found that the rational ratio of harvesters with hedgers and combing harvesters is directly proportional to the number of passes of harvesters with said harvesters and inversely proportional to the value of their operating speeds and use factors of shift time. To prevent the downtime of harvesters on direct harvesting with the formation of stubble coils in the northern region of Kazakhstan, the number of headers should exceed the number of harvesters: 1.5 times during the passage of the stubble harvest behind each passage of the cutting apparatus; 3 times at passage of combing reaper through two passes of cutting apparatus.

Keywords: snow accumulation, formation of stubble coulisses, cutting apparatus, combing reaper, justification of the ratio.

Введение. Северный Казахстан является основным зерносеющим регионом Республики Казахстан. Здесь производится более 75% зерна по республике. Средняя урожайность зерновых культур в регионе составляет около 12 ц/га с ко-

лебаниями от 8 ц/га в засушливые годы до 20 ц/га – во влажные. Основной лимитирующий фактор повышения урожайности в зональных условиях – это влага. Среднегодовая норма осадков в данном регионе составляет 190-360 мм, из них

около 60% – в вегетационный период. Наиболее засушливые летние месяцы – май и июнь. Они сопровождаются сильными сухими ветрами-суховьями, иссушающими почву. Анализ погодно-климатических условий показывает, что основным источником влаги в почве в начале лета является влага осенне-зимних осадков. За счет осенне-зимних осадков можно обеспечить потребность растений во влаге в первую половину лета. В середине июля обычно выпадают летние осадки. Таким образом, за счет осенне-зимних осадков закладывается основа будущего урожая. Следует отметить, что накопление зимних осадков представляло большую проблему. Снег может переноситься ветром в степных районах на большие расстояния от места первоначального выпадения. Поэтому в хозяйствах в разное время применяли различные способы его накопления:

- посев кулис на чистых парах;
- закладка гербицидного пара;
- снеговалкование;
- сплошной о́чес;
- формирование стерневых кулис.

Ранее нами проводился анализ применяемых способов накопления снега. Установлено, что первые три способа снегонакопления обеспечивают увеличение снегонакопления по сравнению со стерневым фоном от 1,8 до 2,5 раз, однако требуют дополнительных затрат на свое осуществление от 7 до 32 USD/га. Последние два способа не требуют дополнительных вложений, однако при формировании стерневых кулис накапливается в 1,5 раза больше снега, чем при сплошном о́чесе, и до 3,5 раз больше, чем по стерневому фону. Поэтому по результатам проведенных исследований был сделан вывод о явной эффективности формирования стерневых кулис перед другими способами накопления снежной влаги. Исследования показали, что для условий Костанайской области наиболее предпочтительны стерневые кулисы шириной 1,5-3,0 метра при межкулисном расстоянии 7-18 метров [1]. Более поздние наши исследования позволили уточнить, что в условиях снежных зим расстояние между кулисами должно составлять 5...14 м, в малоснежные зимы – 5...7 м, ширина кулис – 1,0...1,5 м [2]. Следует отметить, что в условиях

Павлодарской области и региона Южного Урала учеными также отмечается высокая эффективность и увеличение влагонакопления почвы по фону стерневых кулис в 1,8-2,3 раза [3, 4].

Формирование стерневых кулис можно выполнять двумя способами:

- сочетанием смежных проходов зерноуборочных комбайнов с жатками для о́чеса и прямого комбайнирования [5, 6];
- применением хедера с установленным по его центру о́чесывающим адаптером для формирования стерневых кулис [1, 7].

По первому способу, в связи с различием скоростных режимов на прямом комбайнировании и сплошном о́чесе, технологический процесс формирования стерневых кулис целесообразно составлять из двух этапов. На первом этапе выполняют проходы жаток прямого комбайнирования на полную ширину захвата, оставляя для о́чесывающих жаток нескошенные полосы шириной 2-4 м через один или два прохода жатки прямого комбайнирования. На втором этапе выполняют о́чес оставленных полос о́чесывающими жатками на высоких скоростных режимах [6]. Следует отметить, что с внедрением технологического точного земледелия в сельское хозяйство, в частности автоматического вождения с использованием GPS-навигации, при реализации этого способа нескошенные полосы на первом этапе целесообразно осуществлять на полную ширину захвата о́чесывающей жатки.

По второму способу технологический процесс формирования стерневых кулис выполняется за один этап, включающий прямое комбайнирование на ширину захвата хедера с узкой полосой о́чеса кулисы шириной 1,0-1,5 метра.

При реализации первого способа большое значение имеет правильный подбор количества комбайнов с хедерами и о́чесывающими жатками. Это связано с тем, что при выборе несоответствующего условиям соотношения между хедерами или о́чесывающими жатками, лишние уборочные агрегаты будут простаивать, обуславливая неоправданные затраты на уборку урожая. С учетом изложенного, при формировании стерневых кулис научный и производственный интерес представляет обоснование оптимального соотношения количества комбайнов с о́че-

сывающими жатками и хедерами. Цель исследования: обоснование оптимального соотношения комбайнов с очёсывающими жатками и хедерами на прямом комбайнировании при формировании стерневых кулис.

Методика. Методика предусматривает проведение теоретического моделирования уборочного процесса с формированием стерневых кулис. Исходные данные для проведения расчетов: ширина захвата, скорость движения, коэффициенты использования сменного времени, коэффициенты готовности уборочных агрегатов с комбайнами РСМ-101 «Вектор», «Енисей КЗС-950» и «Енисей КЗС-954» на прямом комбайнировании и сплошном очёсе принимались по результатам приемочных и сравнительных испытаний, проведенных испытательным центром ДГП «ЦелинНИИМЭСХ» (Костанайского филиала КазНИИМЭСХ) [8-10].

Сформулируем условие задачи. Допустим, на поле площадью S выполняются уборочные работы с формированием стерневых кулис. Известно, что формирование стерневых кулис осуществляется сочетанием смежных проходов зерноуборочных комбайнов с жатками для очёса и прямого комбайнирования. При этом проход очёсывающей жатки осуществляется или через каждый проход хедера, или через два прохода хедера. Известны ширина захвата, рабочая скорость, коэффициенты использования сменного времени, коэффициенты готовности зерноуборочных комбайнов с очёсывающими жатками и хедерами, при этом скорость комбайна с очёсывающей жаткой выше, чем комбайна с хедером. Известно также, что срок выполнения работы комбайнов с хедерами и комбайнов с очёсывающими жатками примерно равный, однако ввиду различия скоростных режимов начало работы комбайнов с очёсывающими жатками сдвинуто по времени и начинается несколько позже, чем работа комбайнов с хедерами. С таким одинаковым смещением по времени происходит выполнение уборочных работ по всем полям.

Необходимо определить рациональное соотношение уборочных агрегатов на прямом комбайнировании и очёсе, обеспечивающее одинаковые затраты времени на выполнение работы хедерами и очёсывающими жатками.

Результаты. Выразим площадь поля через площади выполненной работы комбайнами с хедерами и очёсывающими жатками:

$$S = S_x + S_o, \quad (1)$$

где S – площадь поля, га; S_x – площадь поля, убранная прямым комбайнированием, га; S_o – площадь поля, убранная очёсом, га.

Выразим составляющие площади поля через производительность комбайнов с применяемыми жатками:

$$S_x = 0.1 \cdot N_x \cdot B_x \cdot V_x \cdot K_B \cdot K_{смх} \cdot K_{тгх} \cdot T_x, \quad (2)$$

и

$$S_o = 0.1 \cdot N_o \cdot B_o \cdot V_o \cdot K_o \cdot K_{смо} \cdot K_{тго} \cdot T_o, \quad (3)$$

где N_x и N_o – количество комбайнов соответственно с хедерами и очёсывающими жатками, ед; B_x и B_o – ширина захвата соответственно хедером и очёсывающих жаток, м; V_x и V_o – рабочая скорость движения соответственно комбайнов с хедерами и очёсывающими жатками, км/ч; K_B – коэффициент использования ширины захвата жаток, принимаем равным для двух типов жаток; $K_{смх}$ и $K_{смо}$ – коэффициент использования сменного времени соответственно комбайнов с хедерами и очёсывающими жатками; $K_{тгх}$ и $K_{тго}$ – коэффициент технической готовности соответственно комбайнов с хедерами и очёсывающими жатками; T_x и T_o – срок работы на поле соответственно комбайнов с хедерами и очёсывающими жатками.

Выразим составляющие площади поля через число проходов соответствующих жаток:

$$S_x = n_x \cdot B_x \cdot L, \quad (4)$$

и

$$S_o = n_o \cdot B_o \cdot L, \quad (5)$$

где n_x и n_o – количество проходов соответственно хедером и очёсывающей жаткой. По условию задачи $n_x = n_o$, если проход очёсывающей жатки следует проходом хедера; $n_x = 2n_o$, если проход

очёсывающей жатки происходит через два прохода хедера; L – длина гона, м.

Приравняем правые части выражений (2) и (4), а также (3) и (5) и найдем из полученных уравнений срок выполнения работы:

$$T_x = \frac{n_x \cdot L}{0,1 \cdot N_x \cdot B_x \cdot V_x \cdot K_B \cdot K_{СМК} \cdot K_{ТГХ}}, \quad (6)$$

$$T_o = \frac{n_o \cdot L}{0,1 \cdot N_o \cdot V_o \cdot K_B \cdot K_{СМО} \cdot K_{ТГО}}, \quad (7)$$

Найдем соотношение $N_x:N_o$, учитывая, что $T_x = T_o$, и $K_{ТГХ} = K_{ТГО}$:

$$N_x:N_o = \frac{V_o \cdot K_{СМО}}{V_x \cdot K_{СМК}}, \text{ при } n_x = n_o, \quad (8)$$

и

$$N_x:N_o = \frac{2 \cdot V_o \cdot K_{СМО}}{V_x \cdot K_{СМК}}, \text{ при } n_x = 2n_o, \quad (9)$$

Таким образом, рациональное соотношение зерноуборочных комбайнов с хедерами и очёсывающими жатками прямо пропорционально количеству проходов зерноуборочных комбайнов с указанными жатками и обратно пропорционально величине их рабочих скоростей и коэффициентов использования сменного времени.

Ниже представлены результаты расчета соотношения хедеров и очёсывающих жаток для условий региона при следующих исходных данных: рабочая скорость движения комбайна с хедером и очёсывающей жаткой соответственно 7 км/ч и 9 км/ч; коэффициент использования сменного времени зерноуборочных комбайнов с хедером и очёсывающей жаткой соответственно 0,70 и 0,85 (таблица).

Таблица – Соотношение хедеров и очёсывающих жаток при формировании стерневых кулис

Показатели	при $n_x = n_o$	при $n_x = 2n_o$
$N_x:N_o$	1,5	3,0

Таким образом, для исключения простоя зерноуборочных комбайнов с хедерами и очёсы-

вающими жатками на уборочных работах с формированием стерневых кулис в условиях северного региона Казахстана соотношение между хедерами и очёсывающими жатками должно быть равным: 1,5 – при проходе очёсывающей жатки за каждым проходом хедера; 3 – при проходе очёсывающей жатки через два прохода хедера.

Выводы. 1 Моделированием уборочного процесса выведена формула для расчета соотношения зерноуборочных комбайнов с хедерами и очёсывающими жатками на прямом комбайнировании с формированием стерневых кулис в условиях северного региона Казахстана. Установлено, что соотношение зерноуборочных комбайнов с хедерами и очёсывающими жатками прямо пропорционально количеству проходов зерноуборочных комбайнов с указанными жатками и обратно пропорционально величине их рабочих скоростей и коэффициентов использования сменного времени.

2 Для исключения простоя зерноуборочных комбайнов на прямом комбайнировании с формированием стерневых кулис в условиях северного региона Казахстана количество хедеров должно превышать количество очёсывающих жаток: в 1,5 раза – при проходе очёсывающей жатки за каждым проходом хедера; в 3 раза – при проходе очёсывающей жатки через два прохода хедера.

Список литературы

1 Астафьев В.Л., Иванченко П.Г. Выбор рационального способа снегонакопления и характеристика технических средств для его осуществления // Вестник Курганской ГСХА. 2016. № 1 (17). С. 45-50.

2 Astafyev V.L., Ivanchenko P.G., Kirkilevskiy V.V. Assessment of snow accumulation and justification of parameters of stubble coulisses in the arid steppe of northern Kazakhstan // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2019. Vol. 10. Issue 03. Pp. 1392–1405.

3 Кабыкенов Т.А. Мустафаев Б.А. Золотарев А.Н. Снегонакопительная роль очёсанной стерни в засушливых условиях Павлодарской области // Научные основы повышения продуктивности сельскохозяйственных культур в условиях северо-востока Казахстана: сборник науч-

ных трудов. Павлодар. 2003. С. 78-82.

4 Константинов М.М., Глушков И.Н. К вопросу обоснования оптимальной доли площади поля под стерневыми кулисами, формируемыми при работе порционной жатки в целях снегозадержания // Современные концепции научных исследований: сборник научных работ X Международной научно-практической конференции. Москва. 2015. С. 57-59.

5 Кабыкенов Т.А. Мустафаев Б.А. Золотарев А.Н. Влагонакопление на основе создания стерневых кулис с помощью очёсывающих устройств // Научные основы повышения продуктивности сельскохозяйственных культур в условиях северо-востока Казахстана: сборник научных трудов. Павлодар. 2003. С. 82-85.

6 Способ формирования стерневых кулис: пат. 32133 Республика Казахстан № 2015/1417.1; 91/04 / Астафьев В.Л., Иванченко П.Г., Пигарев Е.В.; заявл. 10.12.15; опубл. 15.06.2017, Бюл. № 11. 3 с.

7 Астафьев В.Л. Рациональный способ формирования стерневых кулис в Северном Казахстане // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2019. № 1. Т. 13. С. 9-13.

8 Протокол приемочных и сертификационных испытаний жатки очёсывающей навесной ЖО-6 № 23-456-2012 от 01.11.2012 // Костанайский филиал КазНИИМЭСХ. 2012. 64 с.

9 Протокол приемочных испытаний комбайна зерноуборочного самоходного РСМ-101 «Вектор» № 9-39-2004 от 01.12.2004 // ДГП «ЦелинНИИМЭСХ». 2004. 144 с.

10 Протокол сравнительных испытаний зерноуборочных комбайнов «Енисей КЗС 954» и «Енисей КЗС 950» № 13-43-2004 от 01.12.2004. // ДГП «ЦелинНИИМЭСХ». 2004. 37 с.

List of reference

1 Astafyev V.L., Ivanchenko P.G. Selection of a rational method of snow accumulation and characteristics of technical means for its implementation // Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2016. № 1 (17). Pp. 45-50.

2 Astafyev V.L., Ivanchenko P.G., Kirkilevskiy V.V. Assessment of snow accumulation and jus-

tification of parameters of stubble coulisses in the arid steppe of northern Kazakhstan // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2019. Vol. 10. Issue 03. Pp. 1392-1405.

3 Kabykenov T.A. Mustafayev B.A. Zolotarev A.N. The snow-accumulating role of stubble in the arid conditions of Pavlodar region // Scientific foundations of increasing the productivity of crops in the north-east of Kazakhstan: a collection of scientific works. Pavlodar. 2003. Pp. 78-82.

4 Konstantinov M.M., Glushkov I.N. On the question of justifying the optimal share of the field area under the stubble scenes formed during the operation of the batch harvest for snow retention purposes // Modern concepts of scientific research: a collection of scientific works of the X International Scientific and Practical Conference. Moscow. 2015. Pp. 57-59.

5 Kabykenov T.A. Mustafayev B.A. Zolotarev A.N. Moisture accumulation based on the creation of stubble masks using cleaning devices // Scientific foundations for increasing the productivity of crops in the north-east of Kazakhstan: a collection of scientific works. Pavlodar. 2003. Pp. 82-85.

6 Method for forming stubble coulisses: pat. 32133 Republic of Kazakhstan № 2015/1417.1; 91/04 / Astafyev V.L., Ivanchenko P.G., Pigarev E.V.; application. 10.12.15; publication. 15.06.2017, Bul. № 11. 3 p.

7 Astafyev V.L. Rational method of formation of stubble coulisses in Northern Kazakhstan. // Agricultural Machinery and Technologies. 2019. № 1. Vol. 13. Pp. 9-13.

8 Protocol of acceptance and certification tests of the mounted stripper header JO-6 / Protocol № 23-456-2012 from 01.11.2012 // Kostanay branch «KazSRIMEA». 2012. 64 p.

9 Protocol of acceptance and certification tests self-propelled combine harvester RSM-101 «Vector» № 9-39-2004 from 01.12.2004. // SSE «ZelinSRIMEA». 2004. 144 p.

10 Protocol of comparative tests of combine harvesters «Enisey KZS 954» and «Enisey KZS 950» № 13-43-2004 from 01.12.2004. // SSE «ZelinSRIMEA». 2004. 37 p.