

О КИНЕМАТИКЕ И ЭНЕРГЕТИКЕ ГУСЕНИЧНОГО КОМБАЙНА ТИПА СКГ-4 НА УБОРКЕ СОИ В УСЛОВИЯХ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

И. М. ЗАЙЦЕВ

Благовещенский СХИ

УДК 631.354.2.076 : 531.1 : 633.853.52

На уборке сои в Приамурье широко применяют самоходные гусеничные комбайны типа СКГ-4. В хозяйствах Амурской области на 1 января 1971 г. гусеничные комбайны составили 80,7% всего парка зерновых комбайнов. Однако эксплуатационные показатели их, в том числе кинематика и энергетика на загоне, исследованы недостаточно. В этой статье мы приводим данные исследований 1963—1968 гг., их анализ и выводы. Наблюдения организованы на основании разработанной методики в соответствии с ГОСТом 6652—53 и методики технического нормирования механизированных полевых работ ГОСНИТИ.

Способы работы комбайна на загоне. Известно, что способ поворота влияет на уменьшение холостой работы комбайна на загоне, а следовательно, и на его производительность. Из способов работы комбайнов на загоне при уборке зерновых применительно к сое определено пять: 1) круговой, с петлевыми односторонними поворотами; 2) круговой, с поворотами задним ходом; 3) круговой, с угловыми прокосами под углом 45° и поворотами под углом 90°; 4) круговой, с поворотами «закрытая петля»; 5) круговой, с угловыми обкосами. Эти способы приняты с учетом особенностей сои и данных паспортизации полей области (длина гона, углы подъема).

Анализ полученных данных показал, что время поворотов и технологических заездов составляло: в 1963 г. — 2,3%, 1964 г. — 1,9%, в 1966 г. — 4,6%.

При всех способах движения значительную долю пути агрегата составляют повороты и заезды. Неправильно выполненные, они увеличивают холостой путь. Сою убирают прямым комбайнированием, как правило, круговыми способами. При этом на концах загона осуществляются как беспетлевые, так и петлевые повороты. Чтобы изучить влияние выбранного способа работы комбайна на загоне, мы исследовали: а) беспетлевой поворот под углом 90°; б) поворот «закрытая петля»; в) поворот задним ходом; г) поворот «открытая петля». Все они соответствуют круговым способам движения на загоне с поворотами под углом 90°. Перечисленные повороты отличаются друг от друга длиной холостого хода, величиной выезда и заезда, простотой выполнения и качеством работы.

Поворот — необходимый технологический элемент, выполняемый комбайном на загоне. Эффективность его определяется выбранным способом движения. Таким образом, производительность гусеничного

комбайна и качество уборки во многом зависят от рациональности поворотов. Поворот происходит не мгновенно, а последовательно, по элементам, которые выполняются с разной скоростью, по прямым и сложным конфигурациям. Начало поворота принято называть въездом, а конец — выездом. Но прежде чем рассматривать повороты по элементам, нужно определить кинематические элементы гусеничного комбайна.

О кинематическом центре самоходного комбайна. Путь агрегата (его траектория) складывается из отрезков прямолинейных и криволинейных. Движение по прямой, как правило, преобладает особенно на участках большой длины; оно наиболее просто для анализа. Криволинейное движение осуществляется главным образом на поворотах и является более сложным кинематическим движением. Отдельные точки агрегата при поворотах движутся с различной скоростью и описывают различные траектории. Один из моментов, характеризующих движение агрегата, — кинематический центр агрегата. Это точка, которая при анализе обуславливает кинематику всех других точек агрегата. Так как рассматриваемый нами агрегат гусеничный, то согласно определению С. Д. Львова центр его соответствует центру давления; наиболее вероятное положение определяется пересечением продольной оси симметрии гусеничного хода с прямой, соединяющей середины опорных частей гусеницы. Кинематическими элементами являются (рис. 1): $L_{ка}$ — кинематическая длина агрегата; d_a — кинематическая ширина агрегата; $K_{ца}$ — кинематический центр агрегата; B — поперечная база агрегата.

Конструктивные и кинематические элементы самоходного гусеничного комбайна своеобразны; их величины можно использовать для теоретических расчетов. В данном случае b_k — конструктивная ширина захвата жатки и $L_{ка}$ — кинематическая длина агрегата, которая во время работы на загоне практически остается величиной постоянной, так как предполагается, что водитель, регулируя скорость движения, может обеспечить необходимое условие поворота, при котором $b_k \approx b_p$. Путем графического построения предполагаемого движения кинематического центра ($K_{ца}$) определяется путь движения агрегата во время поворота (L_n).

Беспетлевые повороты. Беспетлевые повороты под углом 90° на уборке сои применяют при фигурном (круговом) способе с угловыми прокосами под углом 45° . Угловой поворот с одновременным скашиванием сои на концах загона из-за значительных несокошенных «лунок» (огрехов) на поворотах распространения не получил. Длина холостого хода $L_x^{Бп}$ на повороте в данном случае не зависит от числа кругов и остается постоянной. Исследуется применение беспетлевого поворота при прокосах, равных $E=b_k$, $E=2b_k$, $E=3b_k$. Из него следует, что $L_{x_1}^{Бп} < L_{x_2}^{Бп} < L_{x_3}^{Бп}$ оптимальным прокосом будет прокос в два прохода, то есть $E=2b_k$. При этом не будет несокошенных участков и холостой путь обеспечит нормальный поворот, удовлетворяющий технологическим требованиям.

Поворот задним ходом. Повороты задним ходом встречаются, как правило, при круговом способе и могут использоваться при заделке загона и огрехов. Применять их на уборке сои целесообразно, так как выполнение их несложно, поворот происходит на убранной площади, не дает потерь в виде огрехов. Сдвиг почвы во время переувлажнения бывает минимальным по сравнению с другими. Однако из-за необходимости дважды переключать передачу для изменения дви-

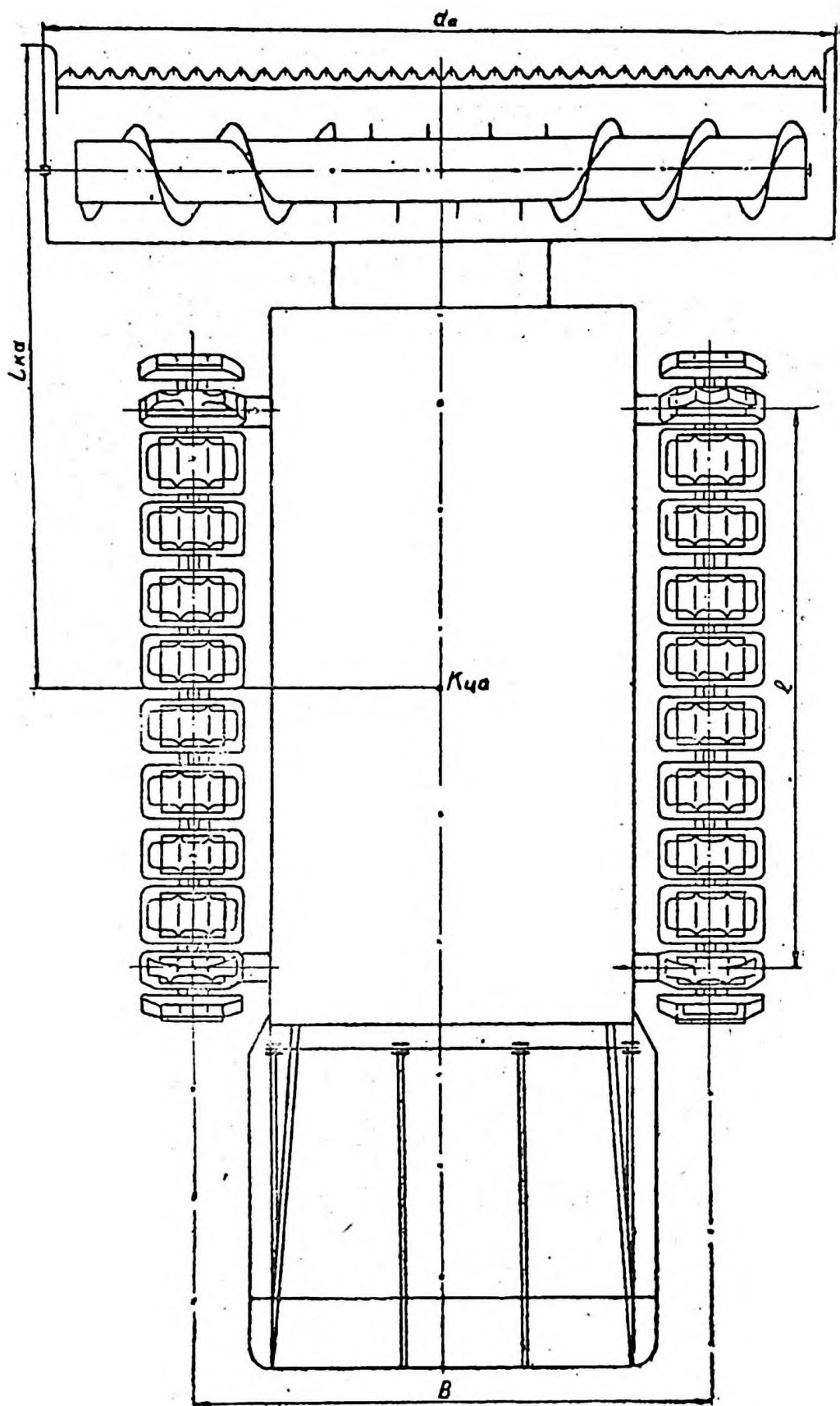


Рис. 1. Схема кинематических элементов.

жения при равном с другими поворотами пути увеличивается время поворота, снижается общая положительная оценка. Кроме того, из-за двукратного изменения направления движения агрегата на повороте повышается износ шестерен коробки передач и дисков муфты сцепления. Эти недостатки можно частично устранить за счет: а) движения агрегата задним ходом со скоростью не ниже рабочей; б) быстрого перехода на задний ход и обратно за счет использования на агрегате реверса.

Повороты задним ходом выполняются с одним, двумя и тремя криволинейными участками. Для уборки сои по технологическим особенностям подходит поворот задним ходом с одним криволинейным участком, что обеспечивает наиболее выгодный прямолинейный выезд и въезд. Длина холостого хода на поворотах не зависит от числа пройденных кругов и является величиной постоянной. При выполнении поворота центр агрегата движется прямолинейно, затем с левым радиусом поворота и снова прямолинейно. Поворотная полоса равна величине выезда и соответствует кинематической длине агрегата, т. е.

Петлевые повороты. При круговом способе движения могут применяться следующие повороты на 90° : а) «закрытая петля», б) «открытая петля».

Поворот агрегата с закрытой петлей на 90° по технологическим особенностям наиболее приемлем на уборке сои. Выезд и въезд при этом осуществляются при прямолинейном движении центра агрегата ($K_{ца}$). Длина холостого хода $L_x^{зн}$ на поворотах остается постоянной и не зависящей от количества производственных кругов.

При круговом способе движения применяют поворот «открытая петля». Из-за кажущейся простоты выполнения он получил довольно широкое распространение. При выполнении его центр агрегата ($K_{ца}$) совершает путь на пяти участках, что удлиняет время поворота. Есть участок выезда с прямолинейным движением комбайна. Поворотные полосы E на концах загонов определяются характером поворота, и их величина определена формулами, которые приводятся в табл. 1. В этой же таблице приведены формулы определения длины холостого поворота L_x и другие показатели в зависимости от вида поворота. На основании этих данных определены коэффициенты рабочих ходов ($K_{рх}$) и построен график (рис. 2).

Энергетические показатели комбайна СКГ-4 на уборке сои. Режимы работы самоходного гусеничного комбайна в течение смены чередуются в зависимости от условий работы и состояния агрегата, в конечном счете они определяют величину суммарных затрат мощности. Поэтому расход мощности комбайнового двигателя можно представить в общем виде следующим образом:

$$N_e = N_x + N_{рп} + N_{тп} \pm N_j \pm N_i + N_c,$$

где:

- N_c — номинальная эффективная мощность, л. с.;
- N_x — мощность, передаваемая на ходовую часть;
- $N_{рп}$ — мощность, потребная на холостой привод рабочих органов молотилки, л. с.;
- $N_{тп}$ — мощность, потребная на переработку поступающей растительной массы;
- N_j — мощность, потребная на преодоление инерционных сил в момент разгона или замедления, л. с.;
- N_i — мощность, потребная на преодоление подъемов, л. с.;

Таблица 1

Расчетные и фактические данные способов поворота

В и д ы поворотов	Длина поворота			Рср поворота (м)	Поворотная полоса		Время поворота (сек.)
	формула	расчет (м)	(м)		Е (м)	Е _{рас} (м)	
Односторонний поворот под углом 90°	$L_{x_1}^{6п} = 1,6 L_{ка}$	5,74		$R_{п,} = L_{ка}$	$E, = b_к$	50	
	$L_{x_2}^{6п} = b_к + 2 L_{ка}$	12,17	12,14	$R_{п,,} = 1,25 L_{ка}$	$E,, = 2 b_к$	10	25,7
	$L_{x_3}^{6п} = b_к + 3,5 L_{ка}$	17,55		$R_{п,,,} = 2,25 L_{ка}$	$E,,, = 3 b_к$	15	
Поворот задним ходом	$L_{x}^{3х} = 2,5 L_{ка} + 0,75 b_к$	12,72	11,27	$R_{п} = 0,5 b_к$	$E = L_{ка}$	3,59	28,5
Поворот „закрытая петля“	$L_{x}^{3п} = 6,7 L_{ка}$	24,04	21,09	$R_x = L_{ка}$	$E = 1,25 L_x +$	7,08	55,8
Односторонний петлевой поворот	$L_{x}^{оп} = 5,2 L_{ка}$	18,66	19,82	$R_{п} = 0,5 b_к$	$+ 0,55 b_к$	5,50	45,9
				$R_{п} = 0,86 L_{ка}$	$E = 1,1 b_к$		
				$R_{п} = 1,95 L_{ка}$			

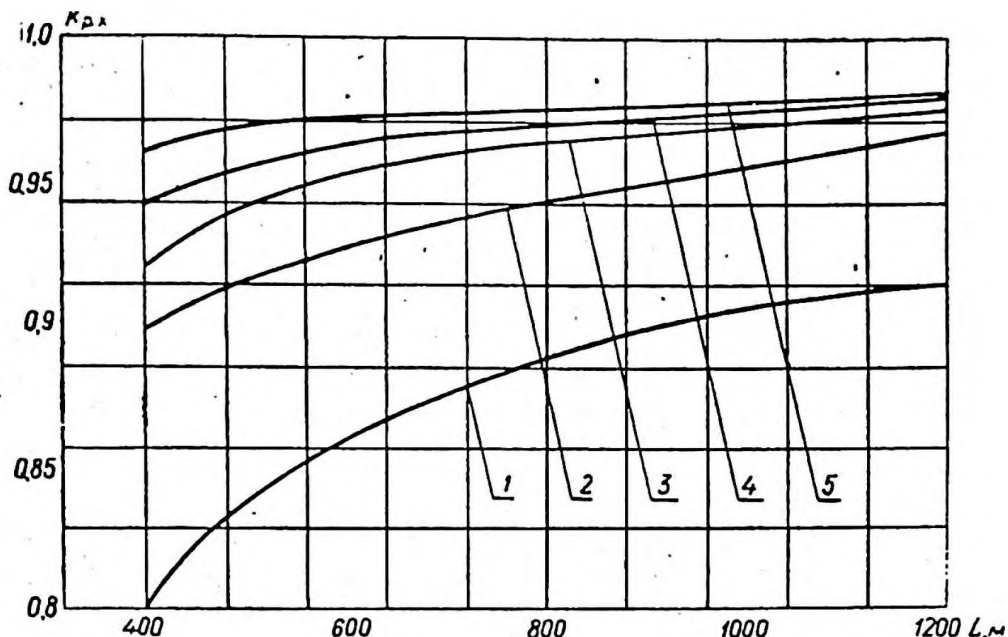


Рис. 2. Зависимость коэффициента рабочих ходов от длины холостого поворота для различных способов поворота:

1 — круговой способ с угловыми обкосами, 2 — круговой способ при повороте «закрытая петля», 3 — круговой способ с односторонними петлевыми поворотами, 4 — круговой способ с поворотами задним ходом, 5 — односторонний поворот под углом 90° при круговом способе с угловыми прокосами.

N_e — мощность, необходимая на преодоление сопротивления воздуха, л с.

На горизонтальных участках и участках с подъемом до 0,5%. $N_i = 0$, а работа комбайнового агрегата при установившемся движении будет отвечать режиму, когда $N_j = 0$.

Расходом мощности по преодолению сопротивления воздуха при скоростях до 30 км/час для тракторов и других машин рекомендуется пренебрегать. В нашем случае самой высокой была зафиксированная скорость 8,1 км/час, поэтому расходом мощности на преодоление сопротивления воздуха можно пренебречь, то есть $N_b = 0$. Тогда выражение баланса мощности будет:

$$N_{px} + N_{pp} = N_m + N_{nc} = N_{tp},$$

где:

N_m — мощность, идущая на привод молотилки;

N_{nc} — мощность, идущая на привод жатки;

N_{tp} — мощность, необходимая на выполнение технологического процесса с учетом холостого привода молотилки и жатки.

Окончательно уравнение баланса мощности самоходного гусеничного комбайнового агрегата можно записать следующим образом:

$$N_e = N_x + N_{tp}. \quad (1)$$

Следовательно, эффективная мощность двигателя во время работы расходуется в двух направлениях: на привод рабочих органов с одновременным выполнением технологического процесса (N_{tp}) и на ходовой аппарат (N_x).

Известно, что режимы работы самоходного гусеничного комбайна на загоне могут меняться от холостого хода двигателя до максимальной его загрузки (когда производится уборка, как основная цель

работы комбайна), поэтому уравнение (1) соответствует рабочему режиму комбайна на загоне.

Исследование работы гусеничного комбайна во время уборки сои методом безусловительного тензометрирования позволило получить данные о расходе мощности, топлива и производительности в зависимости от скоростного режима.

Аппаратура для безусловительного тензометрирования монтировалась на комбайне, что увеличивало маневренность, а тензометрические шкивы, установленные на коленчатый вал двигателя СМД-14 вместо заводских, обеспечили надежное получение информации. В табл. 2 приведены результаты исследования.

Характер изменения

Скорость (км/час)		Затраты мощности (л. с.)				
V	V ¹	N _{хс}	N _м	N _{тп}	N _х	N _е
06,29	1,05	4,35	17,48	21,83	28,83	50,66
0,42	1,51	4,47	18,58	23,10	32,70	55,80
0,59	2,13	4,95	20,72	25,67	35,64	61,31
1,36	4,91	4,79	27,84	32,63	38,84	71,47
1,45	5,22	5,20	29,35	34,55	40,08	75,58
2,26	8,11	4,87	31,44	36,31	43,45	79,71

Примечания: 1. Влажность зерна — 14%; соломы — 16%. 2. Влажность по 15—20 см — 23,40%. 3. Плотность почвы 0—5 см — 1,25 кг/см², 5—10.

ВЫВОДЫ

1. На уборке сои применяют беспетлевые и петлевые повороты. Техника поворотов определяется конструктивными и кинематическими элементами гусеничного самоходного комбайна, а также квалификацией водителя.

2. Выполнение элементов поворота (выезд, въезд, движение по прямой и выполнение поворота) могут быть выражены через конструктивные (b_k) и технологические ($L_{ка}$) элементы путем графического построения.

3. Все повороты характеризуются основными показателями: длиной холостого хода и минимальной шириной поворотной полосы. У беспетлевого симметричного поворота под 90° при угловых прокосах под 45° наименьшая величина холостого хода ($L_{хс}^{Бп}$); а наибольшая длина холостого хода ($L_x^{3п}$) — у поворота «закрытая петля». Оптимальной шириной прокоса при круговом способе с беспетлевыми поворотами по 90° будет прокос, равный двум проходам комбайна, то есть $E = 2b_k$.

4. Поворот, выполненный задним ходом, имеет $L_x^{3х}$ немногим больше беспетлевого и значительно меньше петлевых с закрытой и открытой петлями, но проигрывает во времени из-за переключений для изменения направления движения. Поворотная полоса (E_{min})

при этом минимальная. Наибольшая поворотная полоса (E_{\max}) у поворота «закрытая петля».

5. Условиями поворота определено, что рациональный технологический радиус должен быть равен оптимальному и быть больше конструктивного, то есть $R_{\text{пов}} = R_{\text{опт}} > R_{\text{к}}$.

6. Наиболее вероятные оптимальные эксплуатационные режимы гусеничного комбайна на уборке сои (при урожае до 13 ц/га) будут от 2,43 до 4,9 км/час.

7. Мощность, затрачиваемая на привод и работу жатки, мало зависит от нагрузки и режимов и остается фактически постоянной.

Таблица 2
основных показателей

Расход горючего (кг/час)			Обмол. масса (ц/га)		Подача (кг/сек.) q
Q	Q	W (га/час)	общ. ч _p	в т. ч. зерно h	
8,83	17,20	0,51	32,88	10,82	0,470
8,12	10,96	0,74	30,85	10,68	0,628
8,83	8,48	1,04	30,72	10,45	0,844
12,77	5,90	2,16	30,81	10,38	1,848
13,25	5	2,58	31,45	10,58	2,177
13,16	3,66	3,56	29,68	9,53	2,942

чвы 0—5 см — 13,34%, 5—10 см — 17,48%, 10—15 см — 21,50%,
см — 3,90 кг/см², 10—15 см — 6,50 кг/см², 15—20 см — 10,50 кг/см².