

УДК 631.35:636.085

И. И. ПИУНОВСКИЙ

МЕТОДОЛОГИЯ ВЫБОРА ТИПАЖА КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства

(Поступила в редакцию 08.04.2010)

Эффективность сельскохозяйственного производства в значительной степени зависит от того, какие и с какими параметрами машины будет поставлять промышленность сельскохозяйственному производству: удобные в работе, малая металлоемкость и энергоемкость на единицу производимой продукции, надежные в эксплуатации и высокопроизводительные, а стало быть экономичные. Эти требования могут быть успешно выполнены, если правильно рассчитать оптимальные варианты производственных процессов, выбрав наиболее эффективный вариант.

Цель исследования – установить основные параметры технических средств с учетом агротехнических требований, объемов заготовки кормов, природных условий и современных возможностей машиностроительной промышленности на примере обоснования типажа кормоуборочных комбайнов для заготовки кормов из трав и силосных культур в измельченном виде (сенажа, силоса, зеленой подкормки).

Материалы и методы исследования. Объектом исследования приняты освоенные мировой промышленностью кормоуборочные комбайны в прицепном, полунавесном и навесном вариантах в агрегате к трактору и самоходном исполнении. Предлагается методика расчета основных параметров машины, отражающих выполняемый ею технологический процесс и характеризующих эффективность ее применения, включая заготовку высококачественных кормов за счет уборки кормовой культуры в лучшие агротехнические сроки.

Результаты и их обсуждение. В научных трудах по механизации процессов в сельском хозяйстве приведено не мало разработок по обоснованию оптимальных параметров сельскохозяйственной техники, проектированию производственных процессов. К родоначальникам этих работ можно отнести академика В. П. Горячкина и профессора Ф. С. Завалишина [1, 2], которые первыми обосновали сроки проведения уборочных работ исходя из динамики накопления урожая и продолжительность производственного процесса с учетом потерь выращенного урожая, его стоимости и затрат на приобретение и хранение техники, что влияет на определение оптимального срока уборочных работ.

Нами поставлена задача выработать подходы – определить типаж и основные параметры технических средств, используемых в производственном процессе, для обоснования которых предлагается следующая методология на примере уборки трав и силосных культур с заготовкой измельченного корма в виде сенажа, силоса и зеленой травяной массы для подкормки скота.

Первым условием должно быть определение с учетом ближайшей перспективы объемов планируемых работ. Так, на ближайшую перспективу в Республике Беларусь планируется ежегодно производить 5500–6000 тыс. т молока и 600–700 тыс. т говядины, для чего необходимо заготавливать 8000–9200 тыс. т сенажа, 11000–13000 тыс. т силоса и 19000–21000 тыс. т зеленой массы в виде подкормки скоту на фермах. Исходя из этого в условном (модельном) хозяйстве региона необходимо ежегодно в лучшие агротехнические сроки с учетом погодных условий, потерь при уборке и хранении заготавливать корма в таких объемах, которые позволяют определить требуемый темп уборки или необходимую пропускную способность измельчающего аппарата основной машины в технологическом процессе заготовки кормов (кормоуборочного комбайна) (табл. 1) [3].

Таблица 1. Необходимый темп уборки при заготовке кормов в модельном хозяйстве

Вид заготавливаемого корма	Объем заготовки корма, тыс. т	Агросрок уборки, дней	Темпы уборки, т/ч Пропускная способность, кг/с
Силос из кукурузы	6,0	8	$\frac{151,9}{42,2}$
Сенаж	4,3	13	$\frac{66,6}{18,5}$
Свежескошенная трава на зеленую подкормку	10,0	150	$\frac{33,9}{9,4}$

Таким образом, темп уборки, определяемый в данном случае пропускной способностью измельчающего аппарата кормоуборочного комбайна, является основной операцией, регламентирующей технологический процесс уборки и обеспечивающий связь объемов выполняемых работ в модельном хозяйстве с технологическими требованиями уборки кормовой культуры и техническими возможностями средств механизации.

Учитывая, что кормоуборочный комбайн предназначен для работы на уборке различных кормовых культур: кукуруза на силос, провяленная трава на сенаж и свежескошенная трава на зеленую подкормку, классификацию типажа комбайнов по пропускной способности следует проводить по одной культуре, а по другим делать перерасчет.

Анализом опытных данных по пропускной способности измельчающего аппарата на измельчении свежескошенной травы в зависимости от пропускной способности при измельчении кукурузы получено такое выражение:

$$Q_{з.м} = 0,6q_k \quad (1)$$

где $Q_{з.м}$ – пропускная способность измельчающего аппарата комбайна на уборке зеленой массы травы, кг/с; q_k – пропускная способность измельчающего аппарата комбайна на уборке кукурузы, кг/с.

При измельчении травы, провяленной до влажности сенажной массы (40–60%), показатель пропускной способности измельчающего аппарата в отличие от показателя пропускной способности на кукурузе при ее уборке на силос имеет параболическую зависимость следующего вида:

$$q_{п.т} = q_k^{0,78} \quad (2)$$

($q_{п.т}$ – пропускная способность измельчающего аппарата кормоуборочного комбайна при подборе провяленной травы на сенаж, кг/с).

Коэффициенты 0,6 и 0,78 являются эмпирическими величинами, которые характеризуют их средние значения и зависят от физико-механических свойств измельченного материала.

В зарубежной практике типаж кормоуборочных комбайнов определяется по пропускной способности измельчающего аппарата при уборке кукурузы на силос, их подразделяют на три класса [4].

К первому классу относятся комбайны с низкой пропускной способностью, составляющей на уборке кукурузы 10–25 кг/с. Второй класс представляют комбайны с пропускной способностью 25–40 кг/с. К третьему классу относятся комбайны с высокой пропускной способностью 40–55 кг/с и более (табл. 2).

Используя уравнения пересчета (1) и (2) пропускной способности измельчающего аппарата при уборке кукурузы на силос, получим пропускную способность на кошени трав для комбайнов первого класса – 6–15 кг/с, для комбайнов второго класса – 16–24 и третьего – 25–32 кг/с. При подборе провяленной травы пропускная способность комбайнов составит 4–11, 12–17, 14–24 кг/с соответственно.

Для обеспечения заданного темпа уборки кукурузы на силос (см. табл. 1) необходимо убирать кукурузу с преобладающей для хозяйств Республики Беларусь урожайностью 250–300 ц/га при скорости движения прогнозируемого комбайна 3,0–2,5 м/с и шириной захвата ручьевого жатки 5,6 м,

Таблица 2. Техническая характеристика кормоуборочных комбайнов

Фирма, модель	Агрегатирование*	Мощность двигателя, кВт	Диаметр измельчителя, мм	Количество ножей, шт.	Масса с жаткой, кг
<i>Комбайны III класса (40–55 кг/с и более)</i>					
Claas Jaguar 900	С	445	630	24	10440
Claas Jaguar 880	С	354	630	24	10200
Claas Jaguar 860	С	305	630	24	10200
John Deere 6910	С	301	660	12–48	10200
Case IH	С	310	630	48	13800
Case IH Manmut 7400	С	355	630	48	–
Mengede SF-7000	С	320	640	12	10000
Полесье-800	С	331	630	24	12835
<i>Комбайны II класса (25–40 кг/с)</i>					
Claas Jaguar 690	С	206	600	5,10	9090
Claas Jaguar 820	С	228	630	20	9250
Claas Jaguar 840	С	262	630	20	9600
Fortschritt E281	С	125	800	6,12	6670
Fortschritt E282	С	162	660	5,10	8460
John Deere 4720	П	125–221	609	40	4008
John Deere 5830	С	213	610	40	7456
Fox Brady 6460	С	147	406	8	6228
К-Г-6 «Полесье»	С	180	1100	3, 8, 12	9250
Fox Brady 6860	С	167	406	8	6874
Gehe CB 1226	П	до 221	460	9	2825
Hesston 7155	П	129	406	8	2174
Hesston 7165	П	184	406	8	2459
Hesston 7730	С	228	610	12	13854
Massey Ferguson 684	П	до 184	406	8	–
New Holland 2100	С	239	610	12	8765
New-Idea 868	С	172	460	8	7097
Case IH Mammut 6900	С	274	630	48	–
Kemper Champion 3000	ПН	184	1100	5,10	2200
John Deere 6610	С	184	660	12–48	9550
John Deere 6710	С	228	660	12–48	9870
John Deere 6810	С	265	660	12–48	10170
<i>Комбайны I класса (10–25 кг/с)</i>					
New Holland 718	П	40	610	12	1325
New Holland 790	П	до 110	476	12	1753
New Holland 1600	П	132	610	12	3832
Zweegers Zoner MH80	Н	22	730	9	398
Zweegers Zoner MH160	Н	55	730	18	817
New-Idea 660	П	до 70	460	12	1682,
New-Idea 680	П	74–140	460	12	1868
Fox Brady 4310	П	55–129	406	8	2810
John Deere 3970	П	до 140	457	48	2400
Taarup 105	Н	до 55	1000	24	1096
Taarup 605B	П	59–88	560	12	1910
Zweegers Zoner MH320	Н	103	730	36	1697
Kemper Champion 1200	ПН	50–110	–	6,12	–
КСК-100А	С	147	750	12	8690
КПКУ-75	П	121	750	12	5500
КПИ-2,4	П	44	600	8	3900
КДП-3000	П	110	–	–	4350

* П – прицепной; С – самоходный; Н – навесной; ПН – полунавесной.

подобно восьмиручевой жатки комбайнов Jaguar 850, 870, 900. При этом пропускная способность измельчителя составит около 42 кг/с, что соответствует классификации типажа кормоуборочных комбайнов, принятую за рубежом, третьего класса, обеспечивающих пропускную способность 40–55 кг/с и более на кукурузной массе.

Такой комбайн при кошении травы с измельчением обеспечивает пропускную способность 20–27 кг/с, а при подборе провяленной травы на сенаж – 15–19 кг/с.

Для обеспечения требуемого темпа заготовки сенажа (см. табл. 1) пропускная способность измельчителя должна составлять 18,5 кг/с, что в пересчете на кукурузный силос составляет 42,6 кг/с. Такую пропускную способность обеспечивают машины третьего класса классификации типичных кормоуборочных комбайнов.

Для обеспечения пропускной способности измельчителя кормоуборочного комбайна на заготовке сенажной массы 18,5 кг/с должны быть выдержаны следующие технологические и технические параметры: рабочая скорость машины – 2,5 м/с (9 км/ч); средняя урожайность зеленой массы – 135 ц/га (провяленной – 68 ц/га), на промежуточных и однолетних посевах – 110 ц/га (55 ц/га), многолетних трав – 160 ц/га (80 ц/га); подбираемый валок должен быть сформирован с ширины захвата в среднем 10,9 м (при максимальной урожайности – 9,2 и минимальной – 13,4 м). Для образования такого валка на сгребании травы необходимо применять широкозахватные грабли типа LINER3000 или LINER 1550 twin, а также создать валкообразователи-сдваиватели валков соответствующей ширины захвата. Для подбора валков комбайн должен быть оснащен подборщиком шириной захвата не менее 3 м.

Для заготовки зеленой подкормки в среднем хозяйстве кормоуборочный комбайн должен работать 150 дней в году и убирать, в соответствии с технологическим регламентом кормления скота, около 71 т травяной массы в течение 3 ч ежедневно, что обеспечивает пропускную способность 9,4 кг/с по свежескошенной траве, или в пересчете на пропускную способность по кукурузе 16,0 кг/с.

В соответствии с классификацией кормоуборочных комбайнов такой тип машины относится к первому классу и может быть изготовлен в прицепном к трактору, навесном или полунавесном исполнении. Один комбайн может заготовить зеленую подкормку для фермы с поголовьем около 400 усл. гол. крупного рогатого скота.

Таким образом, для заготовки кормов из трав и силосных культур с измельчением на ближайшую перспективу необходимо иметь для хозяйств республики два типа кормоуборочных комбайнов с пропускной способностью на кукурузе 42,6 кг/с и 16 кг/с, из которых первый в самоходном исполнении, а второй в агрегате с трактором в прицепном, навесном или полунавесном исполнении.

Дальнейшими расчетами определяются базовые параметры перспективных кормоуборочных комбайнов: необходимая мощность двигателя на привод рабочих органов машин и их масса.

Анализом пропускной способности кормоуборочных комбайнов на уборке кукурузы, их массы и мощности двигателя существующих лучших зарубежных образцов определены коэффициенты соотношений параметров (табл. 3).

Таблица 3. Коэффициенты соотношений параметров существующих зарубежных кормоуборочных комбайнов

Тип кормоуборочного комбайна	Коэффициенты соотношений	
	K_1	K_2
Самоходный III класса	233,0±37	10,0±1,5
Прицепной I класса	154,0±66	8,8±3,8
Навесной I класса	70,0±30	5,6±2,4
Полунавесной I класса	95,2±40,8	7,6±3,3

Примечания. 1. Коэффициент K_1 , позволяющий определить массу прогнозируемого комбайна, представляет отношение силы его тяжести с кукурузной жаткой (кН) к пропускной способности (кг/с).

2. Коэффициент K_2 , позволяющий определить мощность прогнозируемого комбайна, представляет отношение мощности двигателя (л.с.) к пропускной способности (кг/с).

Используя коэффициенты соотношений для лучших зарубежных комбайнов, можно определить основные параметры перспективных комбайнов требуемой пропускной способности (табл. 4), где масса комбайна приведена со сменными адаптерами (жаткой для травы, кукурузы, подборщиком и транспортной тележкой).

Таблица 4. Основные параметры прогнозируемых кормоуборочных комбайнов

Тип кормоуборочного комбайна	Пропускная способность, кг/с			Мощность двигателя (средняя), л. с.	Масса комбайна (средняя), кг
	кукурузный силос	сенаж	зеленая трава		
Самоходный	42,6	18,5	25,1	426	12446
Прицепной	16,0	7,0	9,4	144	4609
Навесной	16,0	7,0	9,4	91	3265
Полунавесной	16,0	7,0	9,4	122	3668

Предлагаемая методика может быть использована для определения параметров перспективной техники других технологических процессов возделывания и уборки сельскохозяйственных культур.

Выводы

1. Основной машиной для заготовки кормов из трав и силосных культур с измельчением является кормоуборочный комбайн, обеспечивающий скашивание с измельчением и одновременной погрузкой в транспортное средство, а также подбор провяленной травы из валков с измельчением и погрузкой в кузов автомобиля или прицепа.

Кормоуборочный комбайн должен не только качественно измельчать кормовую культуру, но и выполнять ее уборку в строго регламентированные агротехнические сроки, что обеспечивается пропускной способностью его измельчающего аппарата.

По пропускной способности кормоуборочные комбайны подразделяются на три класса: первый класс с пропускной способностью равной 10–25 кг/с, второй – 25–40 и третий – 40–55 кг/с и более.

2. Анализом объемов заготовки кормов в хозяйствах республики на ближайшую перспективу в режимах технологических процессов приготовления в модельном хозяйстве силоса из кукурузы, сенажа из провяленных трав и зеленой подкормки скоту на фермах и комплексах установлена требуемая пропускная способность для кормоуборочных комбайнов: на заготовке силоса – 42,2 кг/с, сенажа – 18,5 и зеленой подкормки – 9,4 кг/с, что обеспечивается двумя типами кормоуборочных комбайнов: в самоходном и в агрегате с трактором в прицепном или навесном (полунавесном) исполнении.

По аналогии с широко распространенными зарубежными образцами определены основные параметры прогнозируемых комбайнов.

Литература

1. Горячкин, В. П. Собрание сочинений: в 3 т. / В. П. Горячкин. – Т. 1. – М.: Колос, 1965. – 719 с.
2. Завалишин, Ф. С. Основы расчета механизированных процессов в растениеводстве / Ф. С. Завалишин. – М.: Колос, 1973. – 319 с.
3. Оптимизация состава средств механизации для растениеводства: метод. рекомендации / под ред. И. С. Нагорского. – Минск, 2004. – 38 с.
4. Ключков, А. В. Заготовка кормов зарубежными машинами: учеб. пособие / А. В. Ключков, В. А. Попов, А. В. Адашь. – Горки, 2001. – 202 с.

I. I. PIUNOVSKIY

METHODOLOGY OF THE CHOICE OF TYPE OF FORAGE HARVESTERS

Summary

The main technical parameters (capacity, power, mass) and the type of forage harvesters are determined on the basis of the analysis of requested amounts of fodder lay for stock-breeding products manufacturing for the nearest perspective in the republic of Belarus and technologies of preparing silage, haylage and green grasses fodder within the optimal agrotechnical dates.