

$$\text{Тогда длина ротора } b_i = \frac{b_1}{\varepsilon^i} = \frac{b_1}{\sqrt[i]{(p_0/p_i)^i}}.$$

Например, длина ротора *I* ступени трехступенчатого насоса производительностью 90 м³/ч составляет 100 мм, ротора *II* ступени – 65 мм, ротора *III* ступени – 40 мм (таблица 35).

Таблица 35 – Длина роторов насоса

Ступень	Трехступенчатый насос		
	Абсолютное повышение рабочего давления, кПа	Относительный коэффициент	Длина ротора, мм
Первая ступень	25–47	1,90	100
Вторая ступень	47–73	1,54	65
Третья ступень	73–100	1,37	40

Заключение

Отношения давлений во всех ступенях трехступенчатого вакуумного насоса следует принимать различными, так как при этом условия затраты энергии в многоступенчатом цикле минимальные. Полученные номинальные значения межступенчатых давлений составляют: $\varepsilon_{cmI} = 1,90$; $\varepsilon_{cmII} = 1,54$; $\varepsilon_{cmIII} = 1,37$. Минимальное рабочее давление трехступенчатого насоса производительностью 90 м³/ч составляет 25 кПа.

27.07.11

Литература

1. Пластинин, П.И. Поршневые компрессоры. Теория и расчет. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 2000. – Т. I. – 456 с.: ил. – (Учебники и учеб. пособия для студентов высших учебных заведений).

УДК 631.313.6

**И.М. Лабоцкий, А.Д. Макуть,
И.М. Ковалева**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации
сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

ОБОСНОВАНИЕ СХЕМЫ И ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ АГРЕГАТА ДЛЯ ЛУЩЕНИЯ ЖНИВЬЯ, ДОИЗМЕЛЬЧЕНИЯ И ЗАДЕЛКИ В ПОЧВУ ПОЖНИВНЫХ ОСТАТКОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙ- СТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Введение

Достичь существенного сокращения затрат при уборке зерновых, рапса, кукурузы на силос и зерно можно путем повышения производительности комбайнов, применяя высокий срез, а также распределение и заделку в почву пожнивных остатков этих культур непосредственно на поле. При этом способе исключаются операции подбора, вывоза, скирдования остатков, а заделка их в почву повышает ее плодородие и снижает затраты на удобрение почвы.

Сдерживающими факторами использования этого приема являются большие объемы остатков, а также отсутствие специализированной техники для реализации способа. Так, при уборке зерновых и рапса на каждом гектаре остается до 30 ц соломы и стерни, кукурузы на силос – до 50 ц, при уборке кукурузы на зерно – более 170 ц/га остатков. Большое количество остатков и сорной растительности обостряет проблему их использования и обработки полей, в первую очередь осложняется работа почвообрабатывающих и посевных машин [1].

Применение известных машин для реализации способа (фрезерных культиваторов, роторных измельчителей, дисковых луцильников, борон и других) вследствие низкой производительности сдерживает темпы работ, при этом агротехнические сроки подготовки почвы под сев озимых и других культур растягиваются. Практика сжигания остатков неприемлема из-за невозможности экологического ущерба.

Создание высокопроизводительного агрегата, обеспечивающего лущение жнивья, доизмельчение и заделку в почву пожнивных остатков сельскохозяйственных культур, является актуальной задачей.

Тенденции развития техники для лущения жнивья, доизмельчения и заделки в почву пожнивных остатков

Технологические и технические подходы к процессам лущения жнивья, доизмельчения и заделки в почву пожнивных остатков определяются состоянием и свойствами остатков. Общие виды полей с пожнивными остатками представлены на рисунке 107. Так, при уборке кукурузы на силос на поле остаются корневища, а также стерня высотой до 40 см. Эти остатки, благодаря защитному восковому налету, плохо разлагаются в почве, сохраняясь в ней до года.

Установлено, что только измельчение на отрезки до 150 мм с их расплющиванием ускоряет разложение остатков в 7–8 раз [1].

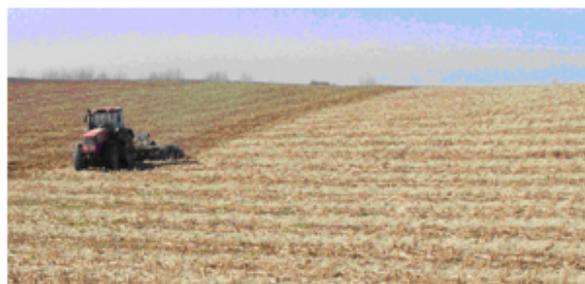
При уборке кукурузы на зерно применяют специальные жатки (приставки), которыми освобожденная от початков масса измельчается и рассеивается по полю, но при этом нетронутыми остаются корневища. Следует отметить, что остатки по полю распределяются неравномерно. Основная масса укладывается в виде валка вслед за комбайном.

Сегодня изменилась стратегия использования соломы зерновых, при этом на технологические нужды расходуют порядка 30%, а остальную часть дробят измельчителями комбайнов и рассеивают по полю. Из-за несовершенства конструкции измельчителя не обеспечивается распределение измельченной соломы по всей ширине захвата жатки. Основная масса тоже укладывается в виде валка вслед за комбайном. Солома, используемая на технологические нужды, в неизмельченном виде укладывается зерноуборочным комбайном в валки. Далее валки соломы подбирают и прессуют в тюки или рулоны. В зависимости от урожайности культуры, ширины жатки комбайна, влажности соломы масса погонного метра валка соломы достигает 7 кг, при этом длина стеблей нахо-

дится в пределах от 0,5 до 1,0 м. При неблагоприятных погодных условиях не удается своевременно подобрать солому. Оставшиеся промокшие валки не позволяют работать почвообрабатывающей технике. Необходимо применять дополнительные меры по измельчению и разделке таких валков соломы. На практике проводят измельчение и распределение пожнивных остатков по полю специальными машинами-мульчировщиками (рисунок 108).



а)



б)



в)



г)

Рисунок 107 – Общие виды полей с пожнивными остатками:
 а) кукурузы, убранной на силос; б) кукурузы, убранной на зерно;
 в) соломы зерновых; г) сидератов



**Рисунок 108 – Общий вид мульчировщика ИС-7,1
 фирмы «Kverneland group» (Норвегия)**

Исследования показали, что измельчение остатков может быть достигнуто в случае применения машин с рабочими органами роторного типа, работающими без контакта с почвой. Такие мульчировщики изготавливают с горизонтальной или вертикальной осью вращения рабочих органов. В зарубежной

практике находят применение как те, так и другие. Рабочими органами служат различные по форме и размеру ножи, шарнирно закрепленные на валу ротора, которыми эта машина подхватывает на высоте от 8 см и измельчает пожнив-ные остатки на частицы более 150 мм и распределяет их по полю. Мульчи-ровщики используют для послеуборочного измельчения стеблей кукурузы, хлопка, сорго и др. с целью последующей качественной заделки [2–4].

Подобные роторные рабочие органы применяют в отечественных кормо-уборочных машинах (косилка-измельчитель КИР-1,5), а также в некоторых конструкциях уборочных комбайнов для среза и удаления ботвы.

Мульчировщики с вертикальным расположением ротора фирм QUIVOGNE, STROM (Чехия) относительно просты и достаточно работос-пособны лишь в малогабаритном исполнении. Они оборудуются прямыми ножа-ми, вращающимися в горизонтальной плоскости, а из-за ограниченных разме-ров диаметра ротора имеют небольшую ширину захвата (1,0–1,5 м). В секци-онном исполнении рабочий захват мульчировщиков МС-4500, МС-6000 уве-личен (рисунок 109), однако при этом значительно усложнен привод рабочих органов, машина получается громоздкой и маломаневренной [5].

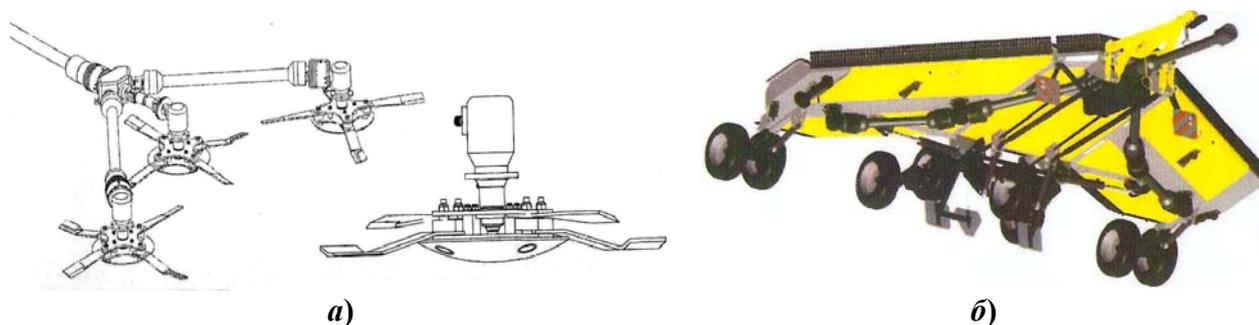


Рисунок 109 – Схема (а) и общий вид (б) мульчировщика МС-6000 фирмы STROM (Чехия)

Принципиальным недостатком мульчировщиков является то, что они не заделывают остатки в почву, а корневища растений остаются целыми. Заделку остатков, измельчение корневищ необходимо выполнять другими специаль-ными почвообрабатывающими машинами, следовательно, нести дополнител-ные расходы, что растягивает агротехнические сроки выполнения полевых ра-бот. Из-за этого недостатка мульчировщики не получили широкого распро-странения.

Применение фрезерных машин (рисунок 110), которыми за один проход измельчают остатки и заделывают их в почву, тоже не решает проблему.

Существенными недостатками являются высокая энергоемкость и низкая производительность – от 1 до 2,2 га/ч, а также невысокая долговечность рабо-чих органов при работе, особенно на каменистых почвах. Кроме того, этими машинами нарушается структура почвы, а на легких почвах их применение неприемлемо [6].



Рисунок 110 – Фреза RG-350 фирмы «ALPEGO» (Италия)

Для лущения жнивья, доизмельчения и заделки в почву пожнивных остатков сельскохозяйственных культур и сорной растительности зарубежные фирмы производят разнообразный ассортимент техники с дисковыми рабочими органами. Эти машины (рисунок 111) имеют два ряда вырезных полусферических дисков диаметром до 610 мм, расставленных на 25 см, которыми хорошо разрезаются и измельчаются грубые растительные остатки. При высокой рабочей скорости агрегат обеспечивает равномерное рыхление почвы и качественную заделку измельченной массы в обработанный слой. Жесткая установка дисков с углом атаки 20° и углом наклона 15° позволяет легко заглубляться на почвах любого типа, независимо от степени их уплотнения.

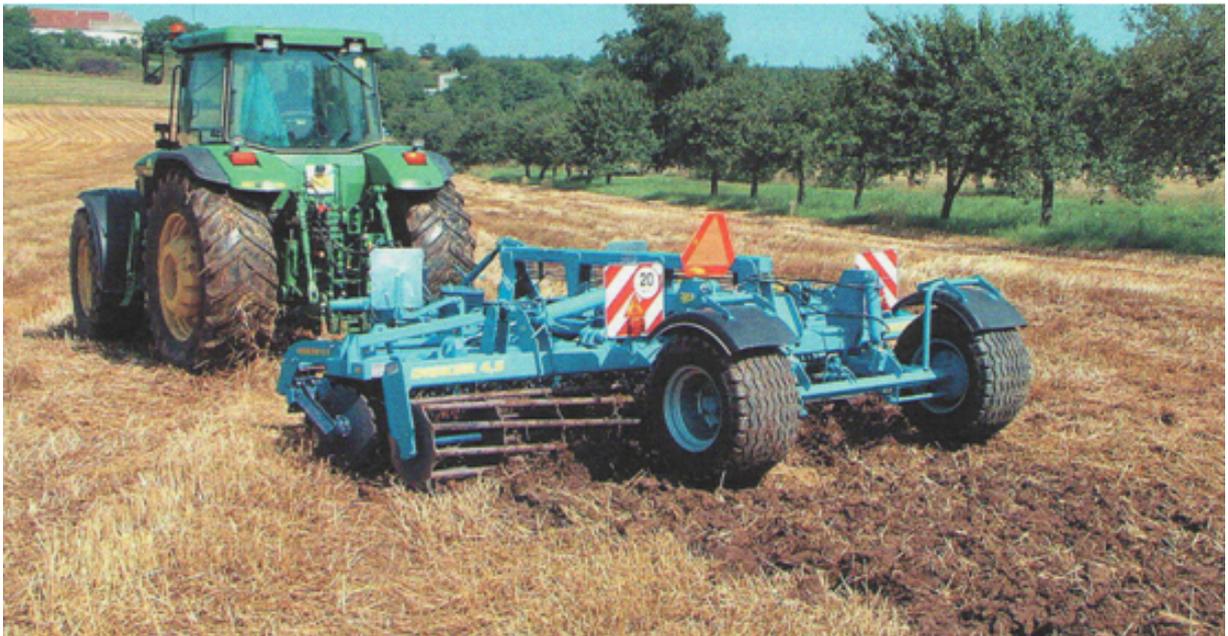


Рисунок 111 – Общий вид агрегата с дисковыми рабочими органами для лущения жнивья фирмы «Alpedo» (Италия)

Каждый диск надежно крепится на отдельной стойке на подшипниковом узле, выдерживающем значительные динамические нагрузки. Индивидуальная шарнирная подвеска стоек обеспечивает равномерное заглубление агрегата по всей ширине захвата, независимо от изменения микрорельефа поля и в случае наезда отдельных дисков на незначительные препятствия.

Второй ряд дисков смещен относительно первого на 12,5 см. Такое взаимное положение дисковых рабочих органов обеспечивает сплошную обработку почвы, независимо от ее глубины.

Расстояние между рядами дисков составляет 107 см, что позволяет компактно разместить на раме все рабочие органы.

Открытая конструкция рамы со значительным междисковым пространством исключает забивание агрегата при наличии на поле большого количества органического материала (соломы).

Регулировку глубины обработки выполняют прикатывающие катки. Такое их использование исключает необходимость установки дополнительных опорных колес.

Сельхозпроизводителям эти машины поставляют фирмы «Gregoire Besson» и «Kuhn», Франция; «Kverneland», Норвегия; «Spearhead», Дания; «Alpego», Италия и другие. Просматривается тенденция к увеличению производительности машин и многоцелевому их применению. Так, путем увеличения ширины захвата и рабочих скоростей фирмы решают задачу повышения производительности. Наибольшее распространение получили машины с шириной захвата от 4 до 6 м, работающие на скоростях от 10 до 12 км/ч и агрегирующиеся с тракторами с мощностью двигателя от 200 до 320 л.с. Эти агрегаты выполняют лущение жнивья, классическую разделку сидератов, стерни с остатками и заправку их в почву; разделявают пахоту; подготавливают почву и формируют ложе под посев сельскохозяйственных культур. Предусматривается оснащение машин устройствами для навески сеялок, высевающих промежуточные культуры [7, 8].

Схема и основные параметры агрегата

На основании анализа конструкций лучших зарубежных аналогов с учетом условий применения разработана технологическая схема и конструкция агрегата для лущения жнивья и заделки в почву пожнивных остатков. Агрегат должен выполнять несколько операций: лущение стерни, доизмельчение, плющение пожнивных остатков, подрезание корневищ растений, оборот пласта почвы с остатками и корневищами, уплотнение почвы.

Схемы экспериментального агрегата и рабочих органов представлены на рисунке 112 и 113. Агрегат (рисунок 112) состоит из прицепного устройства 1, рамы 2, установленных на балках 3 и 4, двух рядов рабочих органов, прикатывающего катка 5, колесного хода 6 с гидросистемой 7. Рабочий орган (рисунок 113) содержит рессорную стойку 8, к нижнему концу которой присоединена подшипниковая опора 9 с осью вращения 10, которая наклонена к горизонту

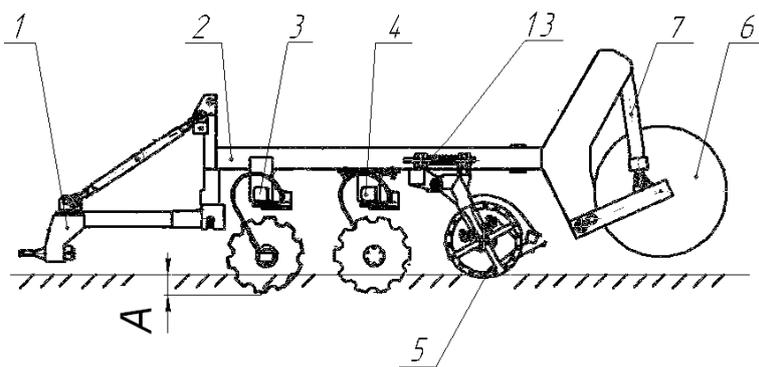


Рисунок 112 – Схема агрегата

носительно вертикальной оси на угол от 5 до 30°. Глубина обработки устанавливается механизмом 13 в пределах от 3 до 16 см.

под углом β . На оси 10 неподвижно закреплены два сферических диска 11 и 12. Диаметры дисков выполнены так, что режущие части обеспечивают подрезание слоя почвы на одинаковую глубину A , кроме того, рабочий орган может поворачиваться относительно вертикальной оси на угол от 5 до 30°.

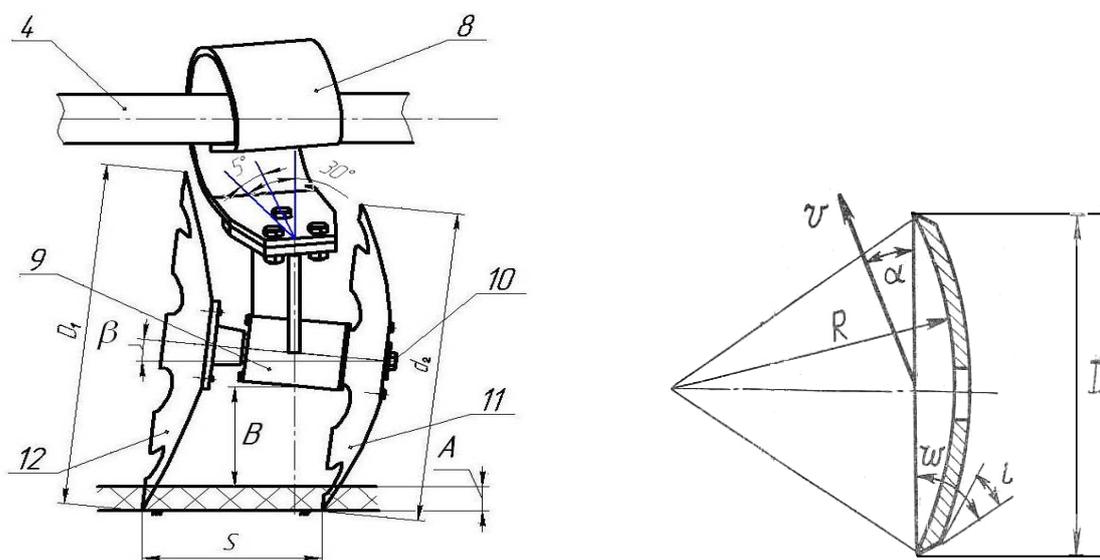


Рисунок 113 – Схема рабочего органа агрегата и диска

Работает агрегат следующим образом. Прицепным устройством 1 (рисунок 112) агрегат присоединяется к трактору (на схемах не показан), далее посредством гидросистемы 7 опускается колесный ход 6, агрегат переводится в транспортное положение, и после переезда на поле перевод в рабочее положение осуществляется путем подъема колесного хода 6 гидросистемой 7. Далее механизмом 13 изменяется положение катка 5 относительно рамы 2 и устанавливается требуемое заглубление дисков 11 и 12 на глубину A . При движении агрегата диски 11 и 12, вращаясь на осях 10, наклоненных к горизонту под углом β , разрезают пожнивные остатки, подрезают слой почвы с корневищами растений и оборачивают его. Благодаря наклону дисков вследствие косого резания облегчается перерезание остатков. Кроме того, при вращении с разными окружными скоростями обеспечивается резание со скольжением, чем и достигается улучшение условий для измельчения остатков. Дисковыми рабочими органами, установленными на последующей балке 4, осуществляется повтор-

ное измельчение и заделка в почву остатков. Поскольку диски второго ряда смонтированы с некоторым смещением в поперечном направлении относительно дисков первого ряда, обеспечивается доизмельчение остатков на частицы, равные или меньшие, чем шаг S установки дисков (рисунок 113). Катками, установленными за вторым рядом дисковых рабочих органов, осуществляется плющение частиц растительных остатков и уплотнение почвы. Плющение частиц – это важный прием, способствующий ускорению разложения остатков кукурузы, так как разрушается влагозащитная восковая оболочка и облегчается проникновение во внутреннюю часть стеблей влаги и микроорганизмов. Исследованиями [1] установлено, что продолжительность разложения частиц, измельченных на отрезки, например, до 100 мм одинакова для расплющенных частиц длиной 200 мм. Кроме того, плющение стеблей кукурузы и заделка их в почву является эффективным способом борьбы с вредителями кукурузы, в том числе с кукурузным мотыльком.

Дисковые рабочие органы широко применяются в сельскохозяйственных машинах, поэтому довольно обстоятельно изучены и обоснованы их параметры, отдельные выводы и результаты будут использованы в настоящей работе.

Основными параметрами диска, определяющими его действие на пожнивные остатки и почву, являются: диаметр диска D ; радиус кривизны R ; угол установки диска к направлению движения агрегата α ; угол наклона плоскости вращения лезвия к вертикали β ; углы резания ω и заострения l режущей кромки диска, а также другие параметры.

Глубина обработки почвы A и диаметр диска связаны соотношением

$$D = k \cdot A, \quad (1)$$

где k – коэффициент, равный для дисковых плугов $3 \div 3,5$; для луцильников $5 \div 6$; для борон $4 \div 6$ [9].

В рассматриваемом случае диаметр диска должен быть достаточным для предотвращения забивания зазора между почвой и корпусом дисков пожнивными остатками, поэтому значение коэффициента (k) следует определить (уточнить) экспериментальным путем, исходя из укладки, распределения остатков на поверхности почвы.

Во избежание заклинивания пожнивных остатков, пласта подрезаемой почвы, глыб и комков между дисками должно быть достаточное расстояние S . По данным [9], значение расстояния принимается из условия

$$S \geq 1,5 \cdot A. \quad (2)$$

Это условие также не учитывает распределения пожнивных остатков на поверхности почвы. С другой стороны, шаг установки определяет длину частиц пожнивных остатков, на которые следует их измельчить. Так, исходя из агротехнических требований, частиц длиной 150 мм должно быть не менее 80% [10]. Поскольку агрегат имеет два ряда дисковых рабочих органов, при этом дисковые рабочие органы второго ряда установлены так, что проходят

посередине расстояния между дисками первого ряда, то максимальное значение шага S не должно быть более 300 мм. На основании изложенного значение шага установки дисков будет

$$1,5 \cdot A \leq S \leq 300. \quad (3)$$

Благодаря наклону от вращения дисков к горизонту, плоскость вращения лезвия диска наклоняется к вертикали, поэтому дисковые рабочие органы выполняют и функцию рабочих органов дискового плуга, что позволяет не только перерезать (измельчать) пожнивные остатки на поверхности почвы, но и осуществлять подрезание корневищ сорной растительности, оборачивать пласты почвы, укрывать остатки. Для обеспечения равной по глубине обработки почвы каждым диском их диаметры различаются, а величины диаметров связаны соотношением

$$D = d + 2 \cdot S \cdot \operatorname{tg} \beta, \quad (4)$$

где D – диаметр большего диска;

d – диаметр меньшего диска;

S – шаг установки дисков;

β – угол наклона оси вращения дисков.

Значение угла β принимается равным углу наклона диска в вертикальной плоскости, по данным ряда разработчиков, изменяется в пределах от 4 до 10°. Для экспериментального образца примем $\beta = 6^\circ$.

Качество работы, энергозатраты агрегата с дисковыми рабочими органами в общем случае определяют угол атаки дисков, скорость движения агрегата и глубина обработки почвы [9]. Поскольку взаимодействие этих факторов на показатели работы не поддается аналитическому расчету, нами проведены исследования по определению основных показателей процесса лущения жнивья, доизмельчения и заделки в почву пожнивных остатков. Первая серия (отсеивающих) опытов проводилась с целью определения качественных показателей работы агрегата, а именно влияния конструктивных параметров на работоспособность агрегата. Согласно зависимости (1) определено значение диаметра дисков при максимальной глубине обработки почвы $A = 100$ мм. Значение коэффициента $k = 4$ принято исходя из условия обеспечения работоспособности дисковых плугов, лущильников и борон. При этих условиях диаметр дисков принят $D = 400$ мм. Значение шага приняли $S = 250$ мм согласно зависимости (2) и условию (3). С учетом принятых численных значений величин выражений диаметр большего диска будет $D = 460$ мм. С учетом принятых допущений изготовлены экспериментальный образец и рабочие органы агрегата (рисунок 114). Схема и конструкция агрегата защищены патентами № 6602 и № 6470 «Агрегат дисковый».



Рисунок 114 – Общий вид экспериментального агрегата для лущения жнивья, доизмельчения и заделки в почву пожнивных остатков сельскохозяйственных культур АПО-6,5

Заключение

Операция лущения жнивья, заделки в почву с доизмельчением пожнивных остатков сельскохозяйственных культур позволяет улучшить условия работы почвообрабатывающих машин, повысить плодородие почвы и снизить затраты на производство сельскохозяйственной продукции. Для ее выполнения применяют агрегаты с активными рабочими органами, мульчировщики, осуществляющие только измельчение остатков, а также фрезерные машины, обеспечивающие измельчение остатков и заделку их в почву, которые не получили широкого распространения из-за низкой производительности и высокой энерго- и металлоемкости. Наибольшее применение получили в мировой практике агрегаты с подпружиненными дисковыми рабочими органами, выполняющие лущение жнивья, измельчение и заделку в почву пожнивных остатков.

21.04.11

Литература

1. Спирин, А.П. Мульчирующая обработка почвы / А.П. Спирин. – М.: Изд-во ВИМ, 2001. – С. 5-29.
2. Спирин, А.П. Полевой стеблейизмельчитель / А.П. Спирин // Техника в сельском хозяйстве. – 1981. – № 8. – С. 58-59.
3. Чудин, Е.И. Комплексная механизация возделывания кукурузы за рубежом: обзорная информация / Е.И. Чудин; ЦНИИТЭИ. – М.: В/О «Союзсельхозтехника», 1975. – С. 4-7.
4. Протокол приемочных испытаний опытного образца агрегата для измельчения и заделки в почву пожнивных остатков сельскохозяйственных культур АПО-6,5 № 253 Б ½–2010 / ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2010. – С. 4-55.
5. Тракторные мульчировательные машины МС 4500; МС 6000: проспект / Фирма «SIROM». – Прага, 2010. – С. 2-5.
6. Культиватор ROTODENT RG 300-350-400: проспект / Фирма «Alpego». – Gambellara, 2009. – С. 3.

7. Комбинированный почвообрабатывающий агрегат Рубин 9: проспект / Фирма «Lemken». – Дюссельдорф, 2010. – С. 2-4.
8. Дискopak полунавесной: проспект / Фирма «Gregoire-Besson». – Монтини, 2008. – С. 1-4.
9. Сельскохозяйственная техника. Машины почвообрабатывающие. Правила установления показателей назначения. Технический кодекс установившейся практики: ТКП 079–2007 (02150)СТО АИСТ 104.6–2003. – Введ. 06.08.07. – Минск: Минсельхозпрод, 2008. – 27 с.

УДК 636.084

С. Винницки, Е.Л. Юговар
(Технологический институт природопользования (ИТР), Познаньский филиал, г. Познань, Республика Польша),
Л. Навроцки
(Опольский политехнический университет, г. Ополе, Республика Польша),
В.О. Китиков
(РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь)

ОТРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ ТОЧНОГО ЖИВОТНОВОДСТВА ПРИ КОРМЛЕНИИ КОРОВ ПО СИСТЕМЕ PMR

Введение

Кормление коров и механизация этого технологического процесса являются одним из основных элементов, влияющих на продуктивность коров, себестоимость продукции, продолжительность жизни и другие производственные и экономические показатели. Важным здесь также является способ подачи корма, особенно при беспривязном содержании, когда наблюдается принцип доминирования, и коровы, стоящие низко в иерархии стада, недополучают корм (Kolb 1987). Поэтому рационально применять раздачу корма в виде смешивания всех компонентов кормового рациона. Таким образом обеспечивается стабильное пищеварение и профилактика болезней пищеварительного тракта и обмена веществ.

В практике ведущих мировых производителей молока применяется два варианта:

- смесь целого кормового рациона (TMR);
- смешанная основная часть рациона (PMR).

В общем случае система TMR пригодна в молочных стадах, когда возможно разделение на технологические группы. Каждая из них получает различные смеси. Такие условия имеются в больших стадах. Система PMR пригодна для меньших стад и при наличии доильных роботов.

Потребление корма должно быть соизмеримо с молочной продуктивностью животных. В кормлении коров встречаются два критических момента:

- в пике лактации, когда по физическим причинам коровы с высокой молочностью не могут потребить достаточно много корма;
- в конце лактации, когда существует опасность перекорма и ожирения.