

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi_0.$$

И прямолинейного закона:

$$\tau = \tau_0 + \sigma \operatorname{tg} \varphi_0, \quad (4)$$

где τ_0 – начальное сопротивление сдвигу, или сцепление, при отсутствии нагрузки ($\sigma = 0$);

φ_0 – угол внутреннего трения.

Следовательно, сдвиг одной части частиц среды относительно другой произойдет, когда касательное напряжение τ вследствие внешней силы окажется равным правой части равенства (4).

В случае если среда находится в какой-либо емкости (в бункере для семян и в корпусе дозирующего устройства), то при ее равновесии выполняются условия: $\tau = 0$ на свободной поверхности и $\tau \leq f \cdot \sigma$ на поверхности сопротивления среды со стенками емкости (f – коэффициент трения среды о стенку). Для стабильной подачи посевного материала из бункера к дозирующим катушкам необходимо нарушение этого равновесия воздействием на среду активирующими конструктивными элементами, вызывающими ее текущее состояние, во время которого происходит внутреннее скольжение частиц друг относительно друга.

Заключение

Для того чтобы учесть все приведенные зависимости при разработке активирующих элементов высевающего устройства, необходимо экспериментально для трудносypучих и несypучих семян кормовых трав определить следующие показатели: относительную максимальную усадку (уплотнение) и нормальные при этом напряжения δ ; касательные напряжения τ и значения воздействующей нагрузки σ ; угол (коэффициент) внутреннего трения φ_0 .

02.09.13

УДК 631.31.06

**Н.Д. Лепешкин, А.А. Точицкий,
П.П. Костюков, Н.С. Мстиславская**
(РУП «НПЦ НАН Беларуси по
механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)

**РЕЗУЛЬТАТЫ
ИСПЫТАНИЙ АГРЕГАТА
БЕЗОТВАЛЬНОЙ
ОБРАБОТКИ ПОЧВ АБТ-4
НА СУГЛИНИСТЫХ
ПОЧВАХ**

Введение

В Республике Беларусь остается еще нерешенным вопрос обработки тяжелых по механическому составу почв, к которым относятся глинистые почвы, а также тяжелые и средние суглинки. Эти почвы содержат 25 % и более физической глины (частицы размером менее 0,01 мм).

Поэтому они обладают низкой водопроницаемостью, что вызывает переувлажнение верхнего слоя от талых вод и осадков. В результате затягиваются сроки проведения весенних полевых работ, укорачивается вегетационный период развития растений, а застой воды на поверхности полей приводит к вымоканию посевов сельскохозяйственных культур.

Пахотных земель с тяжелыми почвами в республике насчитывается 70,4 тысячи гектаров [1], а если учитывать легкие суглинки, то суглинистые почвы составляют в сумме 1053,3 тысячи гектаров (22,4 %). Самым высоким удельным весом суглинистых почв характеризуются Витебская и Могилевская области: соответственно 51,6 и 36,4 %.

Одним из приемов улучшения водопроницаемости таких почв является глубокое рыхление [2, 3, 4]. При этом обеспечивается перераспределение влаги по вертикальному профилю, улучшаются пористость и влагоемкость почвы, воздушный и тепловой режимы, а также увеличивается корнеобитаемый слой для растений.

В последние годы в странах Западной Европы все больше создается комбинированных агрегатов к энергонасыщенным тракторам, способных проводить также глубокую обработку тяжелых почв на глубину до 35 см. Они обычно оборудуются двумя рядами дисков, двумя рядами рыхлительных рабочих органов и одним рядом прикатывающих катков. Рядом фирм освоен промышленный выпуск таких агрегатов. Наиболее эффективными являются следующие модели: SL 400 фирмы «Simba» (Великобритания), Trio фирмы «Sumo» (Великобритания), Tiger MT фирмы «Horsch» (Германия) и DXRV фирмы «Gregoire-Besson» (Франция). Агрегаты отличаются друг от друга конструктивными элементами рабочих органов и порядком размещения их на раме.

Для выполнения глубокого рыхления почвы в республике освоены в производстве агрегат комбинированный почвообрабатывающий АКР-3 шириной захвата 3 м к тракторам мощностью 130–150 л.с. («Беларус-1221», «Беларус-1523») и глубокорыхлитель ГР-70 шириной захвата 4,3 м к тракторам мощностью 250–300 л.с. («Беларус-2522 ДВ», «Беларус-3022.1»).

Агрегат АКР-3 [5] оборудован жесткими стойками с долотами (5 штук) и упругими чизельными стойками с лапами (6 штук), которые размещаются на раме в два ряда с междуследием 560 мм в каждом ряду (спереди – жесткие стойки, сзади – упругие). При этом стойки заднего ряда рыхлят почву посередине промежутков между следами стоек переднего ряда. Агрегат производит сплошную безотвальную обработку почвы упругими чизельными стойками на глубину до 20 см и разуплотнение подпахотного горизонта на глубину до 26 см. Для дробления крупных комьев почвы, выравнивания и прикатывания поверхности поля применены два двухрядных спирально-планчатых катка.

Глубокорыхлитель ГР-70 [6] предназначен для рыхления тяжелых почв на глубину до 70 см с междуследием рыхлительных рабочих органов 860 мм. Оснащен пятью рыхлительными рабочими органами с рессорной защитой и трубчатым катком. Глубокорыхлитель имеет более ограниченное применение, так как не производит обработки поверхностного слоя почвы и имеет большую величину междуследий рыхлительных рабочих органов. Он может применяться, в основном, на временно переувлажняемых почвах для отвода избыточной влаги из пахотного слоя в подпахотный горизонт.

В РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан агрегат безотвальной обработки почвы АБТ-4 к энергонасыщенным тракторам мощностью 250–300 л.с. («Беларус-2522 ДВ», «Беларус-3022.1») [7, 8], который предназначен для безотвальной обработки почв на глубину до 30 см с мульчированием, выравниванием и прикатыванием поверхности поля. Используется на обработке почвы по следующим агрофонам: стерня озимых и яровых зерновых и зернобобовых культур; осенняя зябь при полупаровой обработке почвы; поля после уборки кукурузы, свеклы и картофеля; весенняя зябь.

По конструктивной схеме агрегат АБТ-4 соответствует лучшему зарубежному аналогу (SL 400 фирмы «Simba»). В качестве рабочих органов агрегата применены дисковые батареи со сферическими дисками, рыхлительные органы (стойка с долотом) и зубчатые катки. Порядок расположения их на раме: спереди фронтально располагаются две дисковые батареи «углом назад», потом – подвесная рама с рыхлительными рабочими органами, за ними – фронтально две дисковые батареи «углом вперед», потом – двухдисковая батарея в центре рамы и сзади – зубчатые катки.

Технологический процесс, выполняемый агрегатом АБТ-4, заключается в следующем: сначала агрегат с помощью гидросистемы трактора переводится в рабочее положение, включается одна из рабочих передач трактора и начинается движение по полю (по длине гона). При движении агрегата передние секции дисковых батарей производят разрезание и дробление растительных остатков и рыхление почвы, рыхлительные рабочие органы рыхлят почву, разрушая плужную подошву и разуплотняя подпахотный горизонт, задние секции батарей и двухдисковая батарея производят дополнительное рыхление почвы и мульчирование обрабатываемого слоя почвы растительными остатками, а зубчатые катки дробят комки почвы, выравнивают поверхность поля и уплотняют почву.

Преимущество агрегата АБТ-4 по сравнению с АКР-3 заключается в том, что он обеспечивает сплошное рыхление верхнего слоя почвы дисками с заделкой пожнивных и растительных остатков в этом слое и более интенсивное разрыхление плужной подошвы и подпахотного горизонта из-за меньшего значения междуследий рыхлительных рабочих органов (350 мм).

Результаты испытаний и их анализ

Опытный образец агрегата АБТ-4 был изготовлен в ОАО «Витебский мотороремонтный завод», и в 2012 году проведены его приемочные испытания в ГУ «Белорусская МИС» (протокол № И 047 (184) Б 1/2–2012 от 28 декабря 2012 года). Испытания проводились в агрегате с тракторами «Беларус-2522 ДВ» и «Беларус-3022.1» в СПК «Ольговское» Витебского района Витебской области на полях со слежавшейся зяблевой вспашкой; в РСДУП «Экспериментальная база «Зазерье» на полях со стерней зерновых культур и после уборки кукурузы; в КУСХП «Экспериментальная база «Тулово» Витебского района на полях после уборки свеклы и картофеля. При испытаниях агрегат комплектовался следующими рабочими органами: дисковыми батареями со сферическими дисками диаметром 610 мм и стыковыми сферическими дисками диаметром 510 мм, устанавливаемыми с наружной стороны батареи; стойками с долотами шириной 80 мм и зубчатыми катками диаметром по наружным кромкам зубьев 517 мм.

Общий вид агрегата АБТ-4 в рабочем положении при испытаниях представлен на рисунке 39.



Рисунок 39 – Агрегат для безотвальной обработки почв АБТ-4 с трактором «Беларус-3022.1» на весенней обработке зяби

Агротехнические показатели качества выполнения технологического процесса, эксплуатационно-технологические показатели и показатели энергопотребления, полученные в процессе испытаний агрегата АБТ-4, приведены в таблице 6.

Агротехнические показатели агрегата АБТ-4 определялись в весенний период на обработке слежавшейся пахоты, а также на обработке полей со стерней зерновых культур и после уборки кукурузы. Почва – дерново-подзолистая, средний суглинок. Влажность почвы в слое 0–15 см составляла от 23,4 до 26,8 %, а твердость в этом слое была 2,0–2,6 МПа.

Таблица 6 – Агротехнические, эксплуатационно-технологические и энергетические показатели агрегата

Наименование показателя	Значение показателей		
	фон 1	фон 2	фон 3
<i>Условия проведения испытаний агрегата</i>			
Агрофон	весенняя зябь	стерня зерновых культур	поле после уборки кукурузы
Агрегатирование	«Беларус-3022.1»	«Беларус-2522 ДВ»	
Тип почвы по механическому составу	дерново-подзолистая, средний суглинок		
Уклон поля, град.	до 2	ровный	
Влажность почвы в слое 0–15 см, %	26,8	23,4	23,6
Твердость почвы в слое 0–15 см, МПа	2,6	2,0	2,5
Высота растительных и пожнивных остатков, см	–	15	27
Масса растительных и пожнивных остатков, г/м ²	–	310	470
<i>Агротехнические показатели качества выполнения технологического процесса</i>			
Рабочая ширина захвата, м	4	4	4
Установочная глубина обработки почвы рыхлительными рабочими органами, см	20 и 30	20	20
Средняя глубина обработки, см	23,4 и 30,0	20,1	19,9
Отклонение средней глубины от заданной, см	+3,4 и 0	+0,1	–0,1
Гребнистость поверхности почвы, см	4 и 4	5	6
Полнота заделки пожнивных и растительных остатков, %	–	93,5	76,0
Подрезание сорняков, %	–	100	100
Крошение почвы (содержание комков размером до 50 мм), %	98,6 и 98,4	95,3	97,9
Плотность почвы, г/см ³ в обрабатываемом слое, см: 5–20 5–30	– 1 и 0,97	0,9 –	0,95 –
<i>Эксплуатационно-технологические показатели</i>			
Глубина обработки почвы рыхлительными рабочими органами, см	30,0	21,2 и 29,5	–
Рабочая скорость, км/ч	7,5	8,0 и 7,7	–
Транспортная скорость, км/ч	15–20		–
Производительность за 1 час, га:			
основного времени	3,0	3,2 и 3,08	–
сменного времени	2,21	2,36 и 2,27	–
эксплуатационного времени	2,19	2,33 и 2,24	–
Удельный расход топлива за сменное время работы, кг/га	16,9	13,3 и 14,1	–
Коэффициент надежности технологического процесса	0,98	0,98 и 0,98	–
<i>Показатели энергопотребления агрегата</i>			
Эффективная мощность двигателя, кВт	198	158 и 163	–
Удельные энергозатраты на физическую единицу наработки за основное время работы, кВт·ч/га	66,0	49,4 и 52,9	–

Высота растительных и пожнивных остатков после уборки зерновых и кукурузы соответственно была равна 15 и 27 см, а их масса при этом составляла 310 и 470 г/м².

В результате испытаний установлено, что агрегат при ширине захвата 4 м обеспечивает глубину обработки рыхлительными рабочими органами 19,9–30,0 см, а отклонение от установленной глубины на агрегате было в пределах от 0 до +3,4 см. Гребнистость поверхности почвы при обработке весенней зяби составила 4 см. При рыхлении полей после уборки зерновых культур и кукурузы этот показатель соответственно был равен 5 и 6 см. Увеличение гребнистости здесь связано с количеством пожнивных и растительных остатков и их высотой. От количества этих остатков также зависит и полнота их заделки. Заделка стерни составила 93,5 %, а остатков кукурузы – всего 76 %. Содержание комков почвы размером до 50 мм составляло 95,3–98,6 %, а плотность почвы в слое 5–20 см была 0,9–0,95 г/см³ и в слое 5–30 см – 0,97–1,0 г/см³. Сорняки подрезались полностью.

Эксплуатационно-технологические показатели и показатели энергопотребления агрегата определялись при обработке почвы на весенней зяби и со стерней зерновых культур. Производительность за 1 час основного времени на весенней зяби составила 3,0 га при скорости 7,5 км/ч, рабочей ширине захвата 4 м и глубине обработки 30 см, а на стерневом фоне при скорости 8,0 км/ч и глубине обработки 21,2 см – 3,2 га. При сменной производительности 2,21 и 2,36 га удельный расход топлива составил соответственно 16,9 и 13,3 кг/га. Технологический процесс обработки почвы выполнялся агрегатом надежно даже на фоне растительных остатков кукурузы высотой 26 см. Коэффициент надежности составил 0,98.

Удельные энергозатраты агрегата при рыхлении почвы на весенней зяби на глубину 30 см со скоростью 7,5 км/ч составили 66,0 кВт·ч/га, а также на стерневом фоне при глубине рыхления 21,2 см со скоростью 8,0 км/ч – 49,4 кВт·ч/га и при глубине 29,5 см со скоростью 7,7 км/ч – 52,9 кВт·ч/га. По мощности, затрачиваемой на выполнение технологического процесса, АБТ-4 нормально агрегируется с тракторами мощностью 250–300 л.с. при глубине обработки до 30 см.

Конструкция агрегата, благодаря пружинным предохранителям рыхлительных рабочих органов и подвесок зубчатых катков, обладает высокой надежностью. Нароботка на отказ II группы сложности составила 154 часа (по СТБ 1616–2011 [9] – не менее 100 ч).

Показатели приспособленности агрегата к техническому обслуживанию имели следующие значения: ежедневное время технического обслуживания равно 0,2 часа, а удельная суммарная оперативная трудоемкость технических обслуживаний – 0,04 чел.-ч/ч.

Конструкция агрегата соответствует требованиям техники безопасности. Конструктивная масса агрегата составляет 5110 кг.

Анализ экономических показателей агрегата АБТ-4 свидетельствует, что в сравнении с зарубежным аналогом SL 400 фирмы «Simba» годовой приведенный экономический эффект при загрузке 200 часов составляет 84 150,3 тысячи рублей, а срок окупаемости абсолютных капитальных вложений – 4,5 года.

Заключение

Агрегат безотвальной обработки почв АБТ-4 производит сплошную поверхностную обработку почвы дисками с мульчированием обрабатываемого слоя пожнивными и растительными остатками, разуплотнение плужной подошвы и подпахотного горизонта – стойками с долотами, выравнивание и прикатывание поверхности поля – зубчатыми катками.

При ширине захвата 4 м и глубине обработки суглинистых почв до 30 см нормально агрегируется с энергонасыщенными тракторами мощностью 250–300 л.с.

10.09.13

Литература

1. Кузнецов, Г.И. Структура земельных ресурсов Беларуси, их динамика и качественная характеристика / Г.И. Кузнецов, Н.И. Смеян, Л.И. Шибут // Почвоведение и агрохимия. – 2006. – № 2. – С. 7–12.
2. Марчук, Р.Н. Влияние глубокого рыхления и кротования на тяжелые почвы / Р.Н. Марчук, А.П. Ковалев, Л.С. Ковалева // Гидротехника и мелиорация. – 1978. – № 8. – С. 72–76.
3. Ковалев, А.П. Агромелиоративные мероприятия на тяжелых почвах / А.П. Ковалев // Земледелие. – 1981. – № 1. – С. 46–48.
4. Глубокое рыхление и щелевание эродированных, уплотненных и временно переувлажненных почв (Временные рекомендации) / Р.Л. Турецкий [и др.]. – Минск, 1988. – 19 с.
5. Протокол № 43–2001 приемочных испытаний опытного образца агрегата комбинированного почвообрабатывающего АКР-3 / ИЦ ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2001. – 33 с.
6. Глубокорыхлитель ГР-70 «Берестье» / Каталог сельскохозяйственной техники. – Брест: Брестский электромеханический завод, 2012. – С. 16.
7. Комбинированное почвообрабатывающее орудие: патент на полезную модель 7723 Республики Беларусь, МПК А 01 В 49/00 / Н.Д. Лепешкин, И.И. Федорович, А.Н. Юрин, Н.Н. Стасюкевич, Н.С. Высоцкая; заявитель РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» – № u 20110251, заявл. 04.06.2011; опубл. 10.30.2011. // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 5. – С. 201.
8. Лепешкин, Н.Д. АБТ-4 – агрегат специального назначения / Н.Д. Лепешкин, А.А. Точичкий, П.П. Костоков, И.И. Федорович, Н.С. Высоцкая // Белорусское сельское хозяйство. – 2012. – № 10. – С. 87–89.
9. Техника сельскохозяйственная. Показатели надежности: СТБ 1616–2011 / Госстандарт. – Минск, 2011. – 14 с.