

## ТЕХНОЛОГИЯ ГЛУБОКОГО РЫХЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ПЛУГА-ГЛУБОКОРЫХЛИТЕЛЯ ГР-70

**С. В. Савчук<sup>1</sup>, С. В. Монтик<sup>2</sup>, А. Н. Парфиевич<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> К. т. н., доцент кафедры машиностроения и эксплуатации автомобилей  
Брестского государственного технического университета, Брест, Беларусь, e-mail: sergeyskb@tut.by

<sup>2</sup> К. т. н., доцент, заведующий кафедрой машиностроения и эксплуатации автомобилей  
Брестского государственного технического университета, Брест, Беларусь, e-mail: svmontik@mail.ru

<sup>3</sup> К. т. н., заведующий кафедрой прикладной механики  
Брестского государственного технического университета, Брест, Беларусь, e-mail: mts7247021@yandex.by

### Реферат

В статье рассмотрены особенности технологии глубокого рыхления почвы на примере плуга-глубокорыхлителя модели ГР-70 и его конструктивные особенности, обеспечивающие выполнение данной операции в соответствии с агротехническими требованиями.

**Ключевые слова:** глубокое рыхление, почва, особенности технологии, конструктивные особенности.

### TECHNOLOGY OF DEEP LOOSENING ON THE EXAMPLE OF A DEEP-DIGGING PLOW MODEL GR-70

**S. V. Savchuk, S. V. Montik, A. N. Parfievich**

### Abstract

The article discusses the features of the technology of deep loosening of the soil on the example of a deep-digging plow model GR-70 and its design features that ensure the performance of this operation in accordance with agrotechnical requirements.

**Keywords:** deep loosening, soil, technology features, design features.

### Введение

В последние годы в агротехнологиях реализуются новые современные высокопроизводительные методы и приемы, позволяющие достичь высоких скоростей при подготовке почвы и максимально уменьшить время проведения посевных работ. Для достижения этих целей различными производителями активно разрабатываются и внедряются в производство энергонасыщенные тяговые средства, широкозахватные машины, комбинированные агрегаты, позволяющие за один проход машины выполнить несколько различных операций и достичь максимального эффекта при минимальных потерях времени. Однако созданные современные машины для достижения ими заявленных характеристик зачастую обладают более высокой массой. Таким образом, при работе современных машин имеющаяся масса воздействует на почву, способствуя ее уплотнению и приводя в конечном итоге к переуплотнению пахотного и подпахотного горизонта, причем глубина уплотнения подпахотного горизонта может в некоторых случаях достигать более 1 м. Данная проблема является наиболее актуальной для суглинистых, глинистых почв и черноземов.

Стоит заметить, что плужная подошва, которая образуется при неумеренном использовании классического отвального плуга, в итоге препятствует проникновению осадков в глубжележащие слои почвы, а также процессу испарения излишков влаги из нижележащих горизонтов. В начальный период после выпадения осадков земля слишком сильно увлажняется и долго не высыхает, что мешает началу проведения весенних полевых работ, из-за чего провести сев в оптимальные сроки уже не представляется возможным. После проведения посева имеющиеся остатки воды быстро впитываются растениями и испаряются. При этом возникает следующая проблема: корневая система высаженных растений не может прорасти через плотную плужную подошву и вынуждена располагаться в верхнем слое. Как результат – уже в июне растения испытывают нехватку влаги. Кроме этого, стоит отметить, что переуплотнение особенно опасно на склоновых землях. В условиях склоновых земель возникает водная эрозия, результатом которой является перенос верхнего, самого плодородного слоя почвы со склоновых участков, что ведет к снижению плодородия почвы. Если мы имеем дело с равнинными землями, то здесь могут проявиться так называемые «блюдца», в которых застаивается влага после выпадения обильных осадков. В итоге все это приводит к увеличению эрозионных процессов и общей деградации плодородного гумусного слоя почвы.

### Постановка задачи

Одним из способов решения возникающей проблемы является разуплотнение почвы. Глубоким рыхлением называется обработка почвы без оборота пласта с сохранением на поверхности поля мульчи: частей корневой системы и растительных остатков. Такой вид обработки наиболее распространен при обработке для зон, имеющих риск ветровой или водной эрозии.

Операция глубокого рыхления способствует разбиванию плотных пластов подпахотного горизонта и делает землю более рыхлой. Как результат, влага проникает в более глубокие слои и сохраняется там, корневая система растений становится более разветвленной и погружается глубже к увлажненным местам, где в оптимальной мере напитывается водой, а это напрямую ведет к увеличению урожайности высеваемых культур.

В современных условиях развития науки и техники наиболее эффективным представляется разуплотнение почвы посредством рыхления рабочими органами на глубину 0,5–0,7 м с помощью глубокорыхлителей-щелевателей. Следует отметить, что рыхление без оборота пласта также является неотъемлемым элементом при минимальной обработке почвы.

В условиях Республики Беларусь операцию глубокого рыхления наиболее целесообразно проводить осенью. Вкупе с операцией снегозадержания в зимний период на поле скапливается большое количество снега, который весной растает и обильно пропитает разрыхленный подпахотный горизонт. Этот прием будет способствовать ускоренному сходу снега с поля и позволит начать весенние полевые работы в оптимальные агротехнические сроки, в итоге урожайность растений будет выше. Глубокорыхлители возможно применять при любой технологии возделывания культур – от традиционной отвальной системы земледелия до нулевой.

В весенний период использование технологии обработки почвы с помощью глубокорыхлителя также может быть оправдано, однако в этот период наиболее целесообразно использовать данное орудие в сочетании с опорным прикатывающим катком. Применение прикатывающего катка позволяет уменьшить гребнистость после выполнения операции глубокого рыхления, сформировать структуру поверхностного слоя, наиболее подходящую для скорой дальнейшей предпосевной обработки и посева в сжатые агротехнические сроки. Тип прикатывающего катка также имеет значение и может устанавливаться на изделие в зависимости от заданных агротехнических требований.

Прикатывающие катки могут быть трубчатыми, планчатыми, зубчатыми, вальцевыми и другими и выбираются для комплектации, исходя из типа почвы, ее структурного состава, заданных показателей плотности, комковатости, гребнистости и других агротехнических требований к параметрам почвы после операции почвообработки.

На фактор выбора глубокорыхлителя влияют многие факторы, основными из них являются:

- глубина расположения уплотнения в почве;
- тип почвы на возделываемом поле;
- тип возделываемой культуры;
- тип рабочего органа глубокорыхлителя.

Так, в зависимости от глубины расположения уплотненного горизонта и высеваемой культуры, необходимо определить глубину обработки. При этом стоит учитывать, что неоправданное увеличение глубины обработки ведет к повышенным материальным затратам, выражающихся в уменьшении производительности и увеличении расхода топлива, что в итоге влияет на конечную стоимость выращенной продукции. Например, для растений, имеющих неглубокое расположение корневой системы (пшеница, ячмень, рожь, овес, соя), операцию глубокого рыхления достаточно проводить на глубину до 35–50 см. Если предстоит проводить сев пропашных культур (подсолнечник, кукуруза, свекла), глубину предпосевной обработки можно увеличить до 70 см.

Не менее важным является правильное определение типа почвы. На средних по механическому составу почвах, не засоренных камнями, нагрузки на рабочие органы не будут иметь больших значений, и конструкция таких глубокорыхлителей будет иметь более низкую стоимость. При обработке тяжелых по своему составу почв, или при наличии в почве камней, необходима качественная защита используемого рабочего органа. Как правило, она реализуется двумя конструкторскими решениями:

1. Защита срезным болтом реализуется при возникновении нагрузки выше предельной, что приводит к его разрыву, который является предохранителем перед более серьезной и финансово затратной поломкой. В этом случае нужно прекратить рабочее движение, вернуть рабочий орган в первоначальное положение и повторно зафиксировать его аналогичным срезным болтом, после чего продолжить выполнение агротехнического процесса по появлению следующего препятствия и возникновения очередной поломки.
2. Рессорная защита срабатывает при наезде на препятствие. В этом случае стойка отклоняется назад и вверх, происходит преодоление препятствия, после чего рабочий процесс обработки почвы возобновляется, потери производительности труда за счет остановки машины не происходит. Конструкция глубокорыхлителя при этом несколько усложняется, но за счет очевидных преимуществ является оправданной. Выбор типа и формы рабочего органа является достаточно важным, агротехнически обоснованным решением, от которого зависит качество рыхления почвы, в зависимости от глубины обработки, а также тяговое сопротивление, напрямую влияющее на скорость технологической операции, мощность тягового средства и металлоемкость конструкции глубокорыхлителя (запас прочности рамных конструкций).

### Основная часть

Качество технологического процесса, проводимого глубокорыхлителем, оценивают на основании выполнения следующих показателей:

- стабильность поддержания глубины при обработке;
  - подрезка корней сорняков;
  - сбережение стерни.
- Агротехнические требования при выполнении данной операции:
- отклонение от глубины не должно быть больше  $\pm 3 - 4$  см;
  - высота гребней для обработки должна составлять не более 5 см;
  - заделка сорняков, остатков растений, удобрений должна быть не меньше 95%;
  - уровень сохранения стерни должен составлять 80–85 %;
  - недопустимо создавать заделанные разъемные борозды, необработанные полосы на поворотах, огрехи, необработанные свальные гребни.

При выборе конструктивного исполнения глубокорыхлителя основными критериями могут являться:

- класс тягового средства, с которым будет агрегатироваться глубокорыхлитель (мощность трактора);
- тип соединения с тяговым средством (прицепной, полуприцепной, навесной);
- рабочая ширина захвата машины;
- масса и габаритные размеры;
- количество рабочих органов;
- глубина обработки;
- рабочая скорость и производительность;
- стоимость машины;
- производитель.

Среди технических средств для глубокого рыхления на рынке широко представлены глубокорыхлители компаний John Deere, «Great Plains» Wil-Rich (США), «Kvemeland», «Horsch», «Amazon» (Германия), Hatzenbichler (Австрия), Gregoire Besson (Франция), Gaspardo (Италия), ОАО «Брестский электромеханический завод» и др.

Одним из представителей машин данного направления представляется конструкция плуга – глубокорыхлителя ГР-70 производства Брестского электромеханического завода (таблица 1) [1].

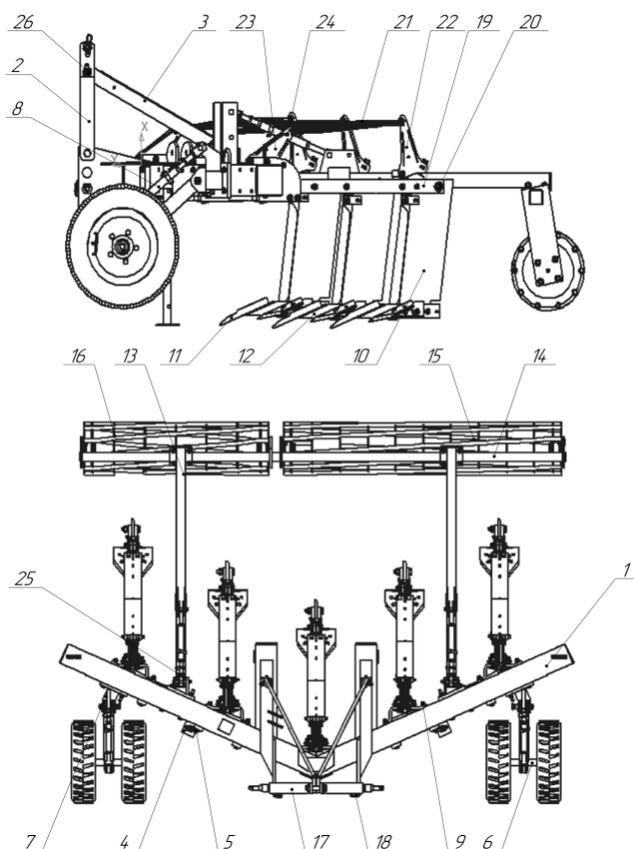
Таблица 1 – Основные технические параметры плуга-глубокорыхлителя [1]

Наименование показателя	Единица измерения	Значение показателя	
		без опорных колес	с опорными колесами
Тип		навесной	полунавесной
Характеристика рабочих органов		лапа стрельчатая	лапа стрельчатая
Производительность основного времени	га	3,4–5,2	3,4–5,2
Количество стрельчатых лап	шт.	5	5
Рабочая скорость	км/ч	8–12	8–12
Рабочая ширина захвата	м	4,3 ± 0,2	4,3 ± 0,2
Масса плуга, не более (без катков)	кг	1900	2100
Глубина обработки почвы	см	25–70	25–70
Расстояние между стойками, не более	см	82	82
Габаритные размеры, не более:			
– ширина	мм	3500	3700
– длина	мм	4500	4500
– высота	мм	1500	1500
Опорные колеса	шт	–	4
Удельный расход топлива за час сменного времени, не более	л/ч	12,0	12,0
Срок службы	лет	8	8

Данный плуг агрегируется с тракторами класса 5 «Беларус» (2522, 3022,3522), John Deere 8420, 8430 и другими тракторами, имеющими аналогичные тяговые характеристики и присоединительные размеры. Плуг предназначен для основной безотвальной обработки почвы, глубокого рыхления почвы, увеличения глубины пахотного слоя, разуплотнения и вентиляции нижних слоев почвы и может работать на всех типах дерново-подзолистых почв с уклоном поверхности до 8°, вид климатического исполнения У1 по ГОСТ 15150.

Плуг-глубокорыхлитель ГР-70 (рисунок 1) состоит из двух рам: V-образной рамы 1 и прицепной рамы 2, которая прикрепляется к V-образной раме двумя держателями 3 изготовленных в виде изогнутых толстостенных пластин, двух опор 4 с держателями 5, двух колесных опор 6 с кронштейнами 7 и тапрепами 8. На V-образную раму 1 устанавливаются кронштейны 9, на которых зафиксированы пластины 10 с ножами 11 и 12. Рама 14 крепится с помощью держателей 25, труб 13. На данной раме установлены прикатывающие катки 15 и 16. На прицепной раме 2 установлена ось 17 с прихватами 18 для подсоединения к трактору. С помощью держателей 19 и болтов 20 пластины 10 с кронштейнами 9 крепятся к V-образной раме 1.

Рессоры 21 с помощью осей 24 закреплены на держателях 22, 23, а держатели 22, 23 с помощью держателей 25 и болтов 26 прикрепляются к пластинам 10.



1 – V-образная рама; 2 – прицепная рама; 3 – держатель; 4 – опора; 5 – держатель; 6 – опора колесная; 7 – кронштейн; 8 – талреп; 9 – кронштейн; 10 – пластина; 11 – нож; 12 – нож; 13 – держатель; 14 – труба; 15 – каток; 16 – каток; 17 – ось; 18 – прихват; 19 – держатель; 20 – болт; 21 – рессора; 22 – держатель; 23 – держатель; 24 – ось; 25 – держатель; 26 – болт [1]

Рисунок 1 – Общий вид глубокорыхлителя

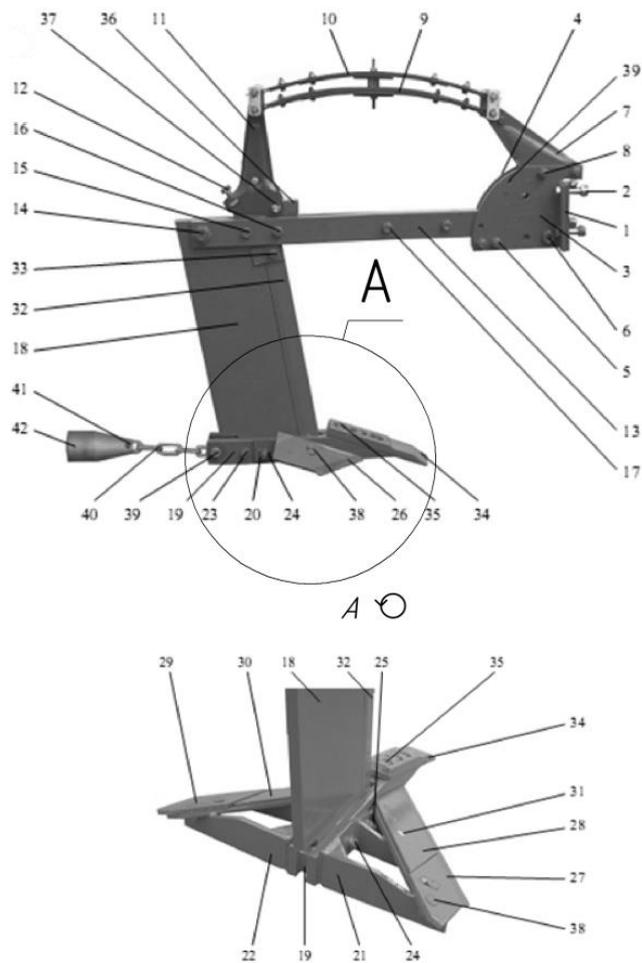
На рисунке 2 подробно показано устройство узла рыхлительного органа, состоящего из кронштейна 3, устанавливаемого с помощью базовой пластины 1 и болтов 2 на несущую раму глубокорыхлителя, далее на данный кронштейн монтируется держатели 13 (левый и правый), на которые устанавливается непосредственно узел рыхления, состоящий из пластины 18, спереди которой устанавливается продольный режущий нож 32 и держатель 19, кронштейн 20, служащие местом крепления центрального ножа 34 боковых ножей 26 или 27, 28 (в зависимости от предпочтений потребителя по ширине рыхления стойки). Также в качестве дополнительной опции может устанавливаться дренажный клин 42 для формирования системы водоотвода. Рабочее давление на рабочий орган достигается с помощью рессор 9 и 10, устанавливаемых на продольные пластины 13 с помощью держателей 7 и 11, выполненных из высокопрочной стали. Регулировка давления рессор осуществляется с помощью регулировочного борта 12, вращением которого устанавливается заданное агрономом давление для почвообработки.

Прицепная рама (рисунок 3) состоит из основной рамы 1, раскоса 2, осей 3 и 4, навески 6 с осью 5, оси 7, с помощью которой глубокорыхлитель монтируется на тяговое средство, фиксатор 8 предотвращает смещение оси 7 относительно изделия.

Колесные опоры (рисунок 4) состоят из колес 7, установленных на опорах 2, с помощью кронштейнов 1, соединяемых с основной рамой. Регулировка положения колес производится с помощью талрепов 4, зафиксированных в данном узле с помощью осей 3 и 5.

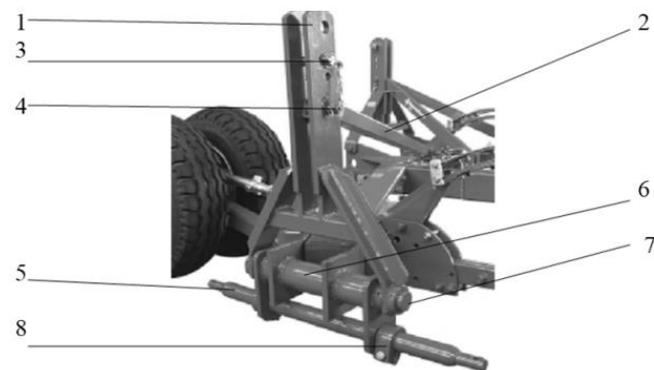
Прикатывающий каток (рисунок 5) монтируется на V-образную раму с помощью пластин 1, на которые механическим способом

с помощью болтов 3, 4, 5 устанавливаются держатели 2, далее к ним с помощью болтов 13, пластин 15 и гаек 13 закрепляется труба 10, на которой через пластину 12 фиксируется прикатывающий каток, вращающийся на подшипниковом узле 11.



1 – пластина; 2 – болт; 3 – кронштейн; 4 – боковая пластина; 5 – болт опорный; 6 – болт; 7 – кронштейн; 8 – болт; 9 – рессора основная; 10 – рессора дополнительная; 11 – кронштейн; 12 – болт регулировочный; 13 – держатель; 14, 15, 16, 17 – болт; 18 – пластина; 19 – держатель; 20 – кронштейн; 21 – пластина правая; 22 – пластина левая; 23, 24 – болт; 25 – болт; 26 – нож боковой (серийное исполнение); 27 – нож боковой дополнительный (по заказу); 28 – нож боковой дополнительный (по заказу); 29, 30, 31 – болт; 32 – нож; 33 – болт; 34 – нож основной; 35 – болт; 36 – пластина; 37, 38, 39 – болт; 40 – цепь; 41 – проушина; 42 – клин дренажный [2]

Рисунок 2 – Рабочий орган глубокорыхлителя



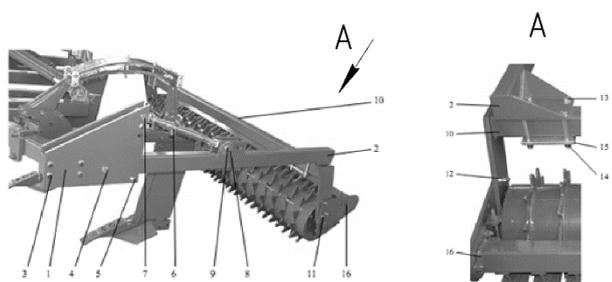
1 – рама; 2 – раскос; 3 – ось; 4 – ось; 5 – ось навески; 6 – навеска; 7 – ось; 8 – фиксатор [2]

Рисунок 3 – Общий вид прицепной рамы



1 – кронштейн; 2 – опора; 3 – ось;  
4 – талреп; 5 – ось; 6 – болт; 7 – колесо [2]

Рисунок 4 – Общий вид колесных опор



1 – пластина; 2 – держатель; 3, 4, 5 – болт; 6 – талреп; 7, 8 – ось;  
9 – шайба; 10 – труба; 11 – узел подшипниковый; 12 – пластина;  
13 – болт; 14 – гайка; 15 – пластина; 16 – труба [2]

Рисунок 5 – Общий вид прикатывающего катка

Подготовка изделия к работе осуществляется следующим образом.

В первую очередь необходимо произвести регулировку глубины рыхления почвы стойками с ножами, для чего необходимо подсортировать плуг к трактору с помощью прицепной рамы 2, при этом прихваты 18 на оси 17 (рисунок 1) должны быть затянуты болтами от продольного перемещения по оси; расположить плуг на ровной площадке, опустив опоры 4 (рисунок 1) до упора; произвести регулировку колесных опор 6 (рисунок 1) с помощью талрепов 8, подняв колеса на расстояние от опоры (нижней поверхности ножей стоек 10), равное глубине рыхления почвы. Для вспаханных полей это расстояние рекомендуется увеличить примерно на 2–5 см; далее производится регулировка прикатывающих катков 15, 16, расположенных на раме 14 (рисунок 1) через талрепы 7 (рисунок 6) на расстояние, равное от нижней трубы катка до нижней поверхности шин колесных опор. Комплектация глубокорыхлителя передними опорными катками позволяет наиболее точно произвести регулировку заглужения рабочих органов. Фактически они являются опорной базой, относительно которой производится настройка рабочих параметров. Далее при осуществлении рабочего процесса, глубокорыхлитель опирается на передние опорные колеса. Данные колеса копируют рельеф поверхности, и рабочие органы производят рыхление подплужного горизонта на одинаково заданной глубине. При отсутствии передних опорных колес функция поддержания заданной глубины обработки переходит на заднюю навеску тягового средства. Как правило, в тяговом средстве используется задняя трехточечная навеска, соединяемая с прицепной рамой (рисунок 4). В этом случае поддержание глубокорыхлителя при осуществлении технологического процесса осуществляется через силовые гидроцилиндры, управляющие задней навеской. Данный способ имеет свои достоинства, так как при этом часть веса глубокорыхлителя переносится на заднюю навеску тягового средства и происходит догрузка задней оси трактора, увеличиваются его сцепные свойства.

После установки глубины обработки через опорные колеса необходимо установить требуемые характеристики давления рессорных пластин. В зависимости от плотности почвы, наличия камней, рабочей скорости давление рессорных пластин устанавливается с помощью упорных болтов, расположенных в кронштейнах 22, производится регулировка рессорных пластин 21 (рисунок 1).

Рабочий процесс разуплотнения почвы предполагает использование совместно с данным плугом трактора мощностью от 250 л. с.,

исходя из минимальной потребной мощности 50 л.с. на одну рыхлительную лапу.

Обкатка плуга производится в следующей последовательности:

1. Осуществляется поднятие опор 4 (см. рисунок 1) на расстояние, превышающее расстояние от опорных колес до нижней поверхности ножей стоек 10.
2. Производится пробная обкатка плуга. При выполнении технологического процесса далее производится регулировка давления стоек с ножами в почву. В зависимости от плотности почвы производится регулировка рессорных пластин 21 (см. рисунок 1) с помощью упорных болтов, расположенных в кронштейнах 22. С помощью гаечного ключа или специального приспособления оператор производит вращение упорного болта по часовой или против часовой стрелки, вследствие чего увеличивается или уменьшается межосевое расстояние, определяющее величину давления рессорных пластин на стойку рабочего органа, соответственно стойка рабочего органа с ножами заглужается на большую или меньшую величину по глубине.

После выполнения пробного прохода, исходя из проведенных настроек и имеющейся плотности почвы, следует произвести замер глубины обработки почвы и в случае необходимости еще раз провести указанные выше действия по настройке машины.

Особое внимание нужно уделить соблюдению заданной рабочей скорости. Она должна находиться в пределах от 8 до 12 км/ч. Это связано с тем, что при работе машина испытывает сопротивление почвы, которое увеличивается при повышении рабочей скорости, и при этом данная зависимость не носит линейный характер. Таким образом, при повышении значений рабочей скорости выше параметров, указанных в руководстве по эксплуатации, сопротивление почвы может превысить рассчитанные технические характеристики и диапазона регулировки рессорных пластин может быть недостаточно, из-за чего заданная глубина обработки изменится в меньшую сторону и качество выполнения технологического процесса глубокого рыхления ухудшится по причинам, связанным с нарушением условий эксплуатации, а в некоторых случаях может привести к поломке отдельных частей глубокорыхлителя.

### Заключение

Обработка почвы регулирует многие условия жизни растений. Она оказывает преобладающее воздействие на воздушный и водный режимы, происходящие в почве, определяет её структурное состояние. Путем воздействия на воздушный, водный и тепловой режим, обработка почвы является могучим средством для регулирования жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, которые являются источником накопления в почве необходимых для растений элементов в доступной форме. Технология обработки почвы является одним из важнейших факторов, влияющих на рост, развитие урожаи сельскохозяйственных культур.

Предложенная конструктивная схема плуга-глубокорыхлителя ГР-70 с возможностью комплектации опорными катками позволяет качественно производить процесс разуплотнения почвы и разрушения подплужной подошвы и адаптировать машину к различным типам почв и обеспечивает требуемые агротехнические показатели по крошению почвы и гребнистости после выполнения операции.

### Список цитированных источников

1. Руководство по эксплуатации «Плуг-глубокорыхлитель ГР-70 и его модификации»: утв. 21.10.2007 г.: текст по состоянию на 01 сентября 2020 г. / ОАО «Брестский электромеханический завод»; сост.: В. Н. Жиян, А. М. Таперин, В. И. Воронин. – Брест, 2014. – С. 7–13.
2. Ersatzteilliste Spare Parts List Modell CLE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agrotexnopark.ru/pdf/CLE190.pdf>. – Дата доступа: 02.02.2022.

### References

1. Rukovodstvo po eksploatacii «Plug-glubokoryhlitel' GR-70 i ego modifikacii»: utv. 21.10.2007 g.: tekst po sostoyaniyu na 01 sentyabrya 2020 g. / OAO «Brestskij elektromekhanicheskij zavod»; sost.: V. N. Zhiyan, A. M. Taperin, V. I. Voronin. – Brest, 2014. – S. 7–13.
2. Ersatzteilliste Spare Parts List Modell CLE [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://agrotexnopark.ru/pdf/CLE190.pdf>. – Data dostupa: 02.02.2022.

Материал поступил в редакцию 17.03.2022