DOI 10.12737/article_5c3de343da23a8.16471048
УДК 631.331

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ ПОЧВЫ ПОД ПОСЕВ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР

Смирнов П.А., Максимов И.И., Смирнов М.П., Алексеев Е.П., Казаков Ю.Ф., Медведев В.И.

Реферат. Подготовка почвы является важнейшим звеном в комплексе мероприятий, направленных на повышение ее плодородия. Известно, что в процессе подготовки почвы решаются следующие задачи, такие как, например, улучшение воздушного, водного, теплового и питательного режимов почвы. Кроме того, создаются предпосылки для благоприятного роста и развития возделываемой культуры. Правильные приемы предпосевной подготовки почвы способствуют наиболее эффективному использованию растительных остатков, вносимых удобрений, сохранению влаги в почве и другим агротехническим мероприятиям. Рассмотрены энергосберегающая технология, в которой исключена операция предпосевной сплошной культивации, а также совмещены операции предпосевной подготовки почвы в виде узкой полосы и посева. Предложены бесприводные рабочие органы в виде двух скрещивающихся игольчатых дисков. Перекрестье дисков происходит непосредственно в рабочей зоне, что позволяет разрушать пласт почвы защемленным сдвигом. Данный прием позволяет достичь качества предпосевной обработки почвы согласно агротехническим требованиям. Минимальное распыление почвы при этом позволяет утверждать, что работа такого рабочего органа носит почвозащитный характер. Установка бесприводных рабочих органов предусмотрена через специальный адаптер для пропашных сеялок отечественного производства (СО-4,2, СУПН-8, ССТ-12 и пр.), так и их зарубежных аналогов. Известно, что любой технологический процесс – это результат преобразования энергии. Поэтому полученные значения энергоэффективности были приняты в качестве основных интегральных показателей в технологии предпосевной подготовки почвы с применением предложенных бесприводных ротационных рабочих органов, так как учитывают энергию различных видов сырья, материалов, машин и оборудования, зданий и сооружений, а также живой силы.

Ключевые слова: почва, пропашные культуры, обработка почвы и посев, игольчатый диск, ротационный рыхлитель.

Введение. Качественная обработка почвы является фундаментом для получения высокого урожая сельскохозяйственных культур. Одновременно с этим, операции по предпосевной обработке почвы являются самыми энергоемкими. Поэтому снижение энергозатрат на обработку почвы перед посевом с сохранением её плодородия является актуальной задачей.

Существующая технология весенней подготовки почвы под посев зерновых и пропашных культур предполагает боронование (закрытие влаги), культивацию и сев. Известны комбинированные агрегаты для одновременного выполнения двух последних операций. Однако все эти машины проводят сплошную обработку поверхностного слоя почвы [1].

Абсолютная влажность почвы при подготовке почвы под озимые снижается на 3…3,5% от оптимального значения [4]. На почвах тяжелого механического состава снижение почвенной влаги приводит к глыбообразованию. Содержание глыб в посевном слое почвы отрицательно влияет на стабильность хода сошника сеялки по глубине, ведет к недопустимому большому разбросу семян. Всходы семян, посеянных под твердые комки, появляются на дневной поверхности, огибая эти комки, что ведет к искусственному загущению. Часть семян, попадая в крупные поры между комками, заглубляется на большую глубину, а другая часть семян на месте выглубления сошника высевается на поверхность и не заделывается. Все перечисленные случаи приводят к потере урожая.

Предлагаемый способ основан на локальной ленточной подготовке почвы только под ложе семян. С этой целью было разработано орудие с рыхлящими в зоне сева игольчатыми рабочими органами и сепарирующее не разрушенные крупные комки в междурядье. Одновременно с рыхлением проводится посев. Разрабатываемый способ предназначен для рядового посева зерновых с междурядьем 20 см и широкорядного (0,45, 0,60, 0,70 см) посева пропашных культур. В поперечном вертикальном сечении технология ленточной подготовки с одновременным посевом представлена на рисунке 1.

Из рисунка 1 видно, что качественная подготовка почвы проводится только на ширину 6…8 см под ложе семян, а также осуществляется одновременный посев. Междурядье не обрабатывается. В результате получаем попеременные полосы обработанной и засеянной почвы шириной b = 5…6 см с учетом частичного обратного смещения комков на обработанную зону при заделке загортачами, полосы необработанного междурядья шириной B

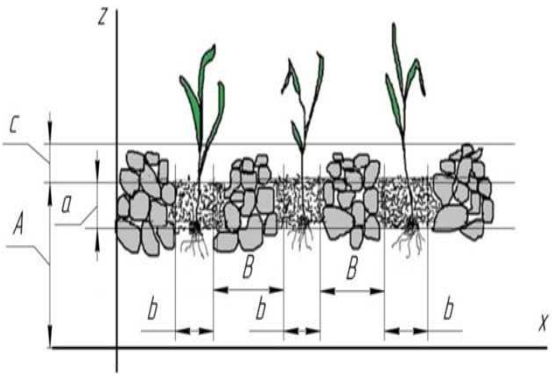

Рисунок 1 – Вертикально-поперечный разрез посева с ленточной подготовкой почвы:
А– глубина обработки; *а*- глубина сева;
В- необработанная зона ; *в*- зона обработанной мелкодисперсной почвы;
С- высота гребня междурядья

(табл. 1). Засеянная полоса *b* уплотняется профильным прикатывающим катком. В результате прикатывания и смещения при обработке ложа семян, не разрушенных крупных комков в междурядье, получим микрогребнистую поверхность поля: высота гребня междурядья выше на величину *С*. Профильное прикатывание ускоряет всходы семян и частично разрушает и фиксирует комки в междурядье.

Такая подготовка почвы и посев обеспечивают более равномерное распределение высеваемых семян по заданной глубине, укрытие их дисперсной почвой. Формирование микрогребней из отсепарированных крупных комков в междурядье посевов культурных растений актуальна: во-первых, для склоновых земель при севе поперек склона как способ создания противоэрозионной поверхности, во-вторых, для зон ветровой эрозии как препятствие на пути ветра и накопления в канале на полосе мелкодисперсной почвы пылевидной фракции с воздушного потока. Полоса из крупных комков, благодаря наличию крупных пор, способствует быстрому прониканию поверхностных стоков вглубь практически на весь вегетационный период и аккумулирования влаги. Эффективность такого способа сева в плане сохранения почвенной влаги может быть увеличена предварительным глубоким рыхлением на глубину 45…50 см, кротованием или разрушением плужной подошвы.

На полосе отсепарированных крупных комков в междурядье затруднены всходы и развитие сорной растительности. Культурные растения на благоприятной мелкодисперсной полосе к моменту появления сорняков в междурядье получают развитие роста и действуют на них угнетающе.

Данный метод может быть использован при стерневом севе без вспашки и предварительной подготовки почвы (способы минимальной обработки почвы). При выращивании пропашных культур предполагается проведение только боронования с целью закрытия влаги и обеспечения выравненности поверхности поля. Все другие операции подготовки почвы (культивация, прикатывание и т. д.) исключаются.

Спирин А.П. предлагает определять тяговое сопротивление почвообрабатывающего орудия следующим образом [1]:

$$P_m = k_{cp} ab, \qquad (1)$$

где k_{cp} – средне удельное сопротивление почвы на единицу сечения обработанного слоя, *Н/м*^{2};

а и *b* – соответственно глубина и ширина обработанного слоя, м.

На длине гона *l* (м) затраты энергии (*Дж*) выражаются формулой:

$$W = k_{cp} abl, \qquad (2)$$

Для сравнительной оценки различных приемов обработки целесообразно пользоваться удельной энергоемкостью, *Дж/га*:

$$E = 10^4 \kappa_{cp} a, \qquad (3)$$

Однако выражение (3) справедливо для сплошной обработки почвы. При ленточной подготовке оно преобразуется в выражение (4):

$$E_л = 10^4 \kappa_{cp} a K_ш, \qquad (4)$$

где $K_ш = b/B+b$ – коэффициент относительной обработки по ширине захвата.

Результаты сравнительных расчетов энергозатрат для ленточной подготовки под посев орудий с однотипными игольчатыми рабочими органами представлены в табл. 1. Ее анализ позволяет заключить следующее: исключение такой операции в предпосевной подготовке почвы как культивация и проведение исключительно ленточной подготовки только под ложе семян позволяют значительно уменьшить удельные энергозатраты, особенно при выращивании пропашных культур [5].

На наш взгляд, для качественной обработки междурядья пропашных культур потребуются принципиально новые ротационные рабочие органы. В этих условиях наиболее эффективным и перспективным рабочим органом для разрушения почвенной корки в междурядье представляется бесприводной ротационный рабочий орган (БРРО), представленный на рисунке 2. Он состоит из двух игольчатых дисков 2, плоскости вращения которых скрещиваются и образуют зону разрушения почвы

Таблица 1 – Энергозатраты на различные способы обработки почвы, %

Способ предпосевной обработки	*b*, см	*B*, см	Энергозатраты в % от сплошной обработки почвы
Сплошная обработка почвы			100
Ленточная подготовка и рядовой сев	6…7	8…9	40…46,6
Ленточная подготовка и широкорядный сев междурядьем 45 см	6…7	38…39	13,3…15,5
Ленточная подготовка и сев междурядьем 60 см	6…7	53…54	10…11,6
Ленточная подготовка и сев междурядьем 70 см	6…7	63…64	8,5…10

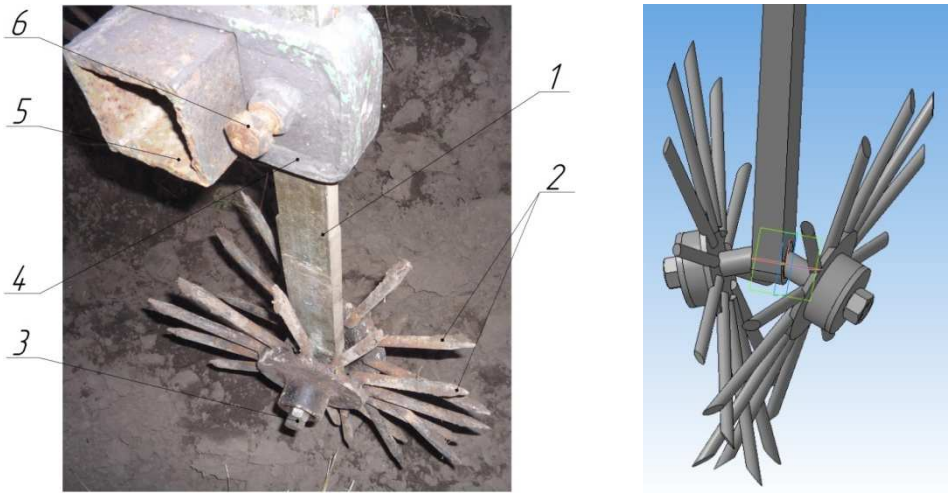

Рисунок 2 – Схема бесприводного ротационного рабочего органа (БРРО) на раме: 1 – стойка; 2 – игольчатые диски; 3 – регулируемая изогнутая ось; 4 – кронштейн; 5 – рама культиватора; 6 – регулировочный болт

защемленным сдвигом [1]. Это наиболее эффективный подход, способный обрабатывать почвенный пласт агротехнического качества. Поскольку при движении иглы в продольной плоскости по циклоиде приводит к минимальному распылению почвы. Таким образом, работа представленных бесприводных рабочих органов носит почвозащитный характер.

Для указанных выше рабочих органов разработаны и изготовлены игольчатые диски с самозатачивающимися наконечниками [3], что значительно повышает агротехническое качество обработки полосы, прежде всего, за счет стабильного хода рабочего органа.

Предусмотрено использование БРРО на почвообрабатывающем адаптере к пропашным сеялкам (рисунок 3), состоящем из поперечной несущей рамы 1 с замком автосцепки 8 в передней части [2]. К раме посредством параллелограмной подвески 4 и подпружиненной штанги 10 монтируется БРРО. Параллелограмный механизм 4 и подпружиненная штанга 10 подвески обеспечивают при работе стабильный вертикальный ход БРРО 6 в пределах 5…8 см. При этом стойку БРРО 5 можно свободно перемещать вдоль рамы 1, регулируя величины междурядья.

Посредством жестко смонтированной на раме 1 автосцепке 8 сзади к адаптеру предусмотрено присоединение сеялок для пропашных культур. Например, СУПН-8, СО-4,2, ССТ-12 и подобных, в том числе зарубежных аналогов.

Идея ленточной (узкополосной) обработки почвы под пропашные культуры обсуждается давно [7, 9], разработаны, внедрены и широко используются игольчатые (зубчатые) комкоотводители (стернеотводители) перед высевающим сошником стерневой сеялки Amazone D9 -AD3 [8]. Схожим по принципу действия предлагаемого рабочего органа является нерегулируемый игольчатый рабочий орган (патент США) [10]. Модификация сеялки фирмы Rau-Rotosem также производит ленточный посев [11]. Интересны варианты посева с одновременной фрезерной полосной обработкой [12, 13].

Методы и результаты исследования Все процессы, совершающиеся в сельскохозяйственном технологическом цикле – это результат преобразования энергии. Поэтому выбираем её в качестве интегрального показателя, который поможет нам оценить объем произведенной работы рыхления почвы, как всей системы, так и отдельной подсистемы [4].

Производство любой продукции подразумевает под собой использование различного вида сырьевых ресурсов, материалов, машин и

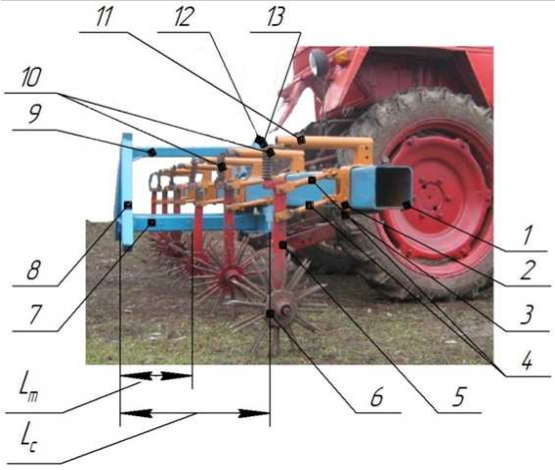

Рисунок 3 – Общий вид почвообрабатывающего адаптера к сеялкам для пропашных культур в рабочем положении:
1 – рама; 2 – кронштейн секции; 3 – стяжной болт секции; 4 – подвеска секции; 5 – стойка БРРО; 6 – игольчатые диски БРРО; 7 и 9 – продольные брусья адаптера; 8 – рамка автосцепки адаптера; 10 – пружина подвески; 11 – упор кронштейна; 12 – замок автосцепки; 13 – автосцепка СА-1 трактора

оборудования, здания и сооружения и пр. Оно характеризуется отдельной энергоемкостью, выраженной энергетическими эквивалентами трудовых и производственных затрат. Полные и совокупные энергетические затраты E_p рассматриваемой подсистемы определяются суммированием энергозатрат на каждую технологическую операцию $\sum_{i=1}^{n} E_i$ по следующей формуле:

$$E_i = E_n + E_o + \frac{E_м + E_з + E_ж}{W}, \quad (5)$$

где: E_n– прямые энергетические затраты, МДж/га;

E_o – овеществленные энергозатраты на применяемые материалы, МДж/га;

$E_м$ – энергоемкость используемых средств механизации, МДж/ч;

$E_з$ – энергоемкость зданий, производственных помещений, МДж/ч;

$E_ж$ – энергетический эквивалент затрат живого труда, МДж/ч;

n – число технологических операций;

W – часовая производительность агрегата, машины, оборудования, производственных помещений, га/ч.

К прямым затратам энергии относят расход жидких и газообразных энергоносителей для привода тракторов, самоходных машин и т.п., а также затраты электрической и тепловой энергии. Вышеназванные затраты на выполнение технологической операции определяются по формуле:

$$E_n = G_k e_k, \quad (6)$$

где: G_k – удельный расход или норма расхода энергоносителя *к*- вида, используемого при выполнении технологической операции на единицу объема работы;

$e_к$ – энергосодержание *к*- вида энергоносителя МДж/кг; для дизельного топлива $e_к$=42,7МДж/кг [6].

Овеществленные затраты энергии, при известных расходах в физическом выражении, удобно вычислять на основе энергетических эквивалентов. Для рыхления почвы к овеществленным затратам относятся переработка и транспортировка самих энергоносителей – нефти, топливо-смазочных материалов и т.д. Энергоемкость энергоносителей определяется по формуле:

$$E_o = G_k a_k, \quad (7)$$

где $a_к$ – энергетический эквивалент *к* – вида энергоносителя, МДж/кг.

Для дизельного топлива $a_к$= 10 МДж/кг [6].

Для определения энергозатрат живого труда можно использовать формулу:

$$E_{ж} = П_1 a_{ж1} + П_2 a_{ж2}, \quad (8)$$

где: $П_1$, $П_2$– число основных и вспомогательных рабочих, чел;

$a_{ж1}$, $a_{ж2}$ – энергетические эквиваленты затрат живого труда соответственно основных и вспомогательных рабочих, МДж/ч.

Поскольку при подготовке почвы и посеве вспомогательные рабочие отсутствуют, то формула упрощается:

$$E_{ж} = П_1 a_{ж1}. \quad (9)$$

Согласно [6]: $a_{ж}$=60,8 МДж/чел-ч.

Для подсистемы средства механизации переносят на создаваемый продукт энергию не полностью, а частично. Общую энергоемкость можно определить из выражения:

$$E_м = \frac{M_м \alpha_м}{100}\left(\frac{A_{рм} + A_{тм}}{T_{нм}}\right), \quad (10)$$

где: $M_м$ – масса машины, кг;

$a_м$ – энергетический эквивалент машины, МДж/кг;

$A_{рм}$, $A_{тм}$ – соответственно отчисления на реновацию и текущий ремонт машины, %;

$T_{нм}$ – нормативная годовая загрузка машины, ч.

Поскольку при рыхлении почвы не участвуют производственные помещения, то их энергоемкость приравнивается нулю *($E_з$ = 0).*

Анализ и обсуждение результатов. Традиционные технологии выращивания пропашных культур (сахарной, кормовой и столовой свеклы, моркови, кукурузы и подсолнечника на силос) разрабатывались в 70-80-ые годы XX столетия. В их основе лежат операции лущения, зяблевой вспашки, весеннего боронования, предпосевной культивации, а при необходимости – второй культивации и посев. В отличие от вышеупомянутых технологий, предлагаемая энергосберегающая технология

Таблица 2 – Сводная таблица затрат

Технология	E, МДж/га	E/e_k, кг/га	Стоимость 1,0 га обработки и посева, руб/га
Традиционная, с 2-кратной культивацией	3935,08	92,16	3870,57
Традиционная, с 1-кратной культивацией	3435,79	80,46	3379,47
Предлагаемая технология	2709,39	63,45	2664,97

предполагает применение энергонасыщенных тракторов в составе с современными прицепными сельскохозяйственными машинами и разработанным адаптером для сеялок (по аналогии с технологией no-till).

При переводе всех энергозатрат в дизельное топливо с применением эквивалента $e_к$=42,7 МДж/кг, а также известных текущих значениях оптовой цены на дизельное топливо для сельхозтоваропроизводителей (около 42 руб/кг) получаем возможность определения общих затрат на обработку почвы и посев в денежном выражении на1 га площади посева пропашных культур (табл. 2).

Предложенный энергетический метод оценки по А.П. Спирину [1] является весьма обобщенным, так как отражает затраты энергии на одну операцию и учитывает лишь прямые затраты энергии. Для получения реальной картины энергозатрат при внедрении предлагаемой нами технологии рекомендуется учесть также овеществленные энергозатраты, затраты живого труда, энергию производственных помещений, машин и оборудования.

Выводы. В сравнении с традиционной технологией возделывания пропашных культур, предложенная технология совмещения одновременно предпосевной обработки почвы и посева пропашных культур с применением адаптера для сеялок с ротационными рабочими органами представляется наиболее привлекательной по следующим причинам:

- совмещение двух операций за один проход трактора по полю приводит к снижению удельного расхода топлива на 1га площади посева пропашных культур;
- снижаются затраты на технику, ее техническое обслуживание и ремонт, снабжение запасными частями за счет применения одного типа тягового средства (например, трактора тягового класса 20кН);
- снижаются риски развития эрозии, особенно на склоновых участках полей, за счет сохранения большей площади поверхностного дернинного слоя;
- нормализуется поверхностный влажностный режим почвы за счет исключения оборота пласта и сохранения на поверхности поля мульчирующего слоя.

В качестве основного недостатка отметим необходимость активного применения различных ядохимикатов для борьбы с сорными растениями и патогенными микроорганизмами. При традиционном способе предпосевной подготовки почвы данный недостаток в большей степени нивелировался бы рыхлением с оборотом пласта.

Литература

1. Спирин А.П. Энергосберегающие приемы безотвальной обработки почвы // Техника в сельском хозяйстве. – 1998. – №4

2. Патент на полезную модель № 108903 "Почвообрабатывающий адаптер для узкополосной обработки почвы к пропашным сеялкам" / Авторы Смирнов П.А., Смирнов М.П. // Опубликовано: 10.10.2011 г. Бюл. №28.

3. Патент на изобретение №2400034 "Почвообрабатывающее орудие с игольчатыми дисками" / Авторы Смирнов П.А., Смирнов М.П. // Опубликовано: 27.09.2010 г. Бюл. №27.

4. Смирнов М.П. Обоснование параметров бесприводного ротационного рабочего органа почвообрабатывающего адаптера к сеялкам для пропашных культур [Текст]: дис. … канд. техн. наук : 05.20.01: защищена 16.03.12 : утв. 22.11.12 / М.П. Смирнов. – Чебоксары, 2012. – 158 с.

5. Смирнов М.П. Способ и устройство для измерения тягового сопротивления почвообрабатывающих рабочих органов / М.П. Смирнов, П.А. Смирнов, Е.П. Алексеев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – №1 (87). – С. 96-100.

6. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники, часть 1. – М.: Министерство сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации, 1998. – 220 с.

7. A real trial for cultivators/Roberts Mick // Farmers Weekly. – 1993, – №13. – С. 60-61.

8. Amazone. D9-AD3.AmazonevJWerke H. Drewer GmbH @ Co. KG.Postfach 51.

9. Direktsaatverfahren und VorrichtungzurDurchfuhrung dieses Vorfahrens / Hendlmeier Konrad. – №42264886.3; заявл. 11.08.82; опубл. 24.06.93.

10. Hand tool with intersecting pronged wheels / VomBraucke Hans [DE]; VomBraucke Manfred [DE]; Westerwelle Dieter [DE]. – №US 4424869 (A); публ.10.01.1984.

11. Rau-Rotosem – eineneueBestellsaatmashine / Vagister W. // Schweiz. Landtechn. – 1990. – 52, №1. – С. 14 -17.

12. Ridge tillage attachment for planters / Edward H. John Hanig, Sheffield Smit, Sukup Steven E., Tuttle

Jemes D.; SukupManufacturung Co. – №488940; заявл.16.11.89: опубл. 04.12.90.
13. https://www.schaffert.com/pdfs/equipment/buffalo-planter.pdf.

Сведения об авторах:
Смирнов Пётр Алексеевич – кандидат технических наук, доцент, e-mail: smirnov_p_a@mail.ru
Максимов Иван Иванович – доктор технических наук, профессор, e-mail: maksimov48@inbox.ru
Смирнов Михаил Петрович – кандидат технических наук, доцент, e-mail: sttmo@yandex.ru
Алексеев Евгений Петрович – кандидат технических наук, старший преподаватель, e-mail: zhenia_alex@mail.ru
Казаков Юрий Федорович – доктор технических наук, доцент, e-mail: ura.kazakov@mail.ru
Медведев Владимир Иванович – доктор технических наук, профессор, e-mail: kurmyshova_olga@mail.ru
ФГБОУ ВО "Чувашская государственная сельскохозяйственная академия", г. Чебоксары, Россия.

OPTIMIZATION OF SOIL PREPARATION FOR SOWING OF CROPS

Smirnov P.A., Maksimov I.I., Smirnov M.P., Alekseev E.P., Kazakov Yu.F., Medvedev V.I.

Abstract. Soil preparation is the most important link in the complex of measures aimed at improving its fertility. It is known that in the process of preparing the soil the following tasks are solved, such as, for example, improving the air, water, thermal and nutrient regimes of the soil. In addition, prerequisites are created for the favorable growth and development of the cultivated crop. The correct methods of pre-sowing preparation of the soil contribute to the most efficient use of plant residues, fertilizers, preservation of moisture in the soil and other agricultural activities. The energy-saving technology, in which the operation of pre-sowing continuous cultivation is excluded, is considered, and also the operations of pre-sowing preparation of the soil in the form of a narrow band and sowing are combined. The proposed non-power working bodies in the form of two intersecting needle discs. The crosshairs of the disks occur directly in the working area, which makes it possible to destroy the soil layer by a pinched shift. This technique allows to achieve the quality of pre-sowing tillage according to agrotechnical requirements. The minimal spraying of the soil at the same time suggests that the work of such a working unit is soil-protective in nature. The installation of gearless working units is provided through a special adapter for domestic row crop seed drills (CO-4,2, SUPN-8, CCT-12, etc.) and their foreign analogues. It is known that any technological process is the result of energy conversion. Therefore, the obtained values of energy efficiency were taken as the main integral indicators in the technology of pre-sowing soil preparation using the proposed non-power rotary workers, as they take into account the energy of various types of raw materials, materials, machinery and equipment, buildings and structures, as well as manpower.

Key words: soil, tilled crops, tillage and sowing, needle disk, rotary ripper.

References

1. Spirin A.P. Energy-saving tillage without soil tillage. [Energosberegayuschie priemy bezotvalnoy obrabotki pochvy]. // *Tekhnika v selskom khozyaystve. - Technique in agriculture*. – 1998. – №4/
2. *Patent na poleznuyu model №108903 "Pochvoobrabatyvayuschiy adapter dlya uzkopolosnoy obrabotki pochvy k propashnym seyalkam"*. (Soil-cultivating adapter for narrow-band tillage for propedial seeders). / Authors: Smirnov P.A., Smirnov M.P. // Published 10.10.2011. Bulletin №28.
3. *Patent na izobretenie №2400034 "Pochvoobrabatyvayuschee orudie s igolchatymi diskami"*. (Tillage tool with needle disks). / Authors: Smirnov P.A., Smirnov M.P. // Published: 27.09.2010 Bulletin №27.
4. Smirnov M.P. *Obosnovanie parametrov besprivodnogo rotatsionnogo rabochego organa pochvoobrabatyvayuschego adaptera k seyalkam dlya propashnykh kultur. dis. … kand. tekhn. nauk : 05.20.01*. (Justification of the parameters of a non-power rotary working unit of a tillage adapter to seeders for row crops: dissertation for a degree of Technical Sciences: 05.20.01): applied 16.03.2012: approved 22.11.12. / M.P. Smirnov. – Cheboksary, 2012. – P. 158.
5. Smirnov M.P. Method and device for measuring traction resistance of tillage workers. [Sposob i ustroystvo dlya izmereniya tyagovogo soprotivleniya pochvoobrabatyvayuschikh rabochikh organov]. // *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – The Herald of Altai State Agrarian University*. – 2012. – №1 (87). – P. 96-100.
6. *Metodika opredeleniya ekonomicheskoy effektivnosti tekhnologiy i selskokhozyaystvennoy tekhniki, chast 1*. (Methods of determining the economic efficiency of technology and agricultural machinery. Part 1). – M.: Ministerstvo selskogo khozyaystva i prodovolstviya Rossiyskoy Federatsii, 1998. – P. 220.
7. A real trial for cultivators/Roberts Mick // Farmers Weekly. – 1993, – №13. – C. 60-61.
8. Amazone. D9-AD3.AmazonevJWerke H. Drewer GmbH @ Co. KG.Postfach 51.
9. Direktsaatverfahren und VorrichtungzurDurchfuhrung dieses Vorfahrens / Hendlmeier Konrad. – №42264886.3; заявл. 11.08.82; опубл. 24.06.93.
10. Hand tool with intersecting pronged wheels / VomBraucke Hans [DE]; VomBraucke Manfred [DE]; Westerwelle Dieter [DE]. – №US 4424869 (A); публ.10.01.1984.
11. Rau-Rotosem – eineneueBestellsaatmashine / Vagister W. // Schweiz. Landtechn. – 1990. – 52, №1. – C. 14-17.
12. Ridge tillage attachment for planters / Edward H. John Hanig, Sheffield Smit, Sukup Steven E., Tuttle Jemes D.; SukupManufacturung Co. – №488940; заявл.16.11.89: опубл. 04.12.90.
13. Available at: https://www.schaffert.com/pdfs/equipment/buffalo-planter.pdf.

Authors:
Smirnov Petr Alekseevich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: smirnov_p_a@mail.ru
Maksimov Ivan Ivanovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: maksimov48@inbox.ru
Smirnov Mikhail Petrovich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: sttmo@yandex.ru
Alekseev Evgeniy Petrovich – Ph.D. of Technical Sciences, Senior Lecturer, e-mail: zhenia_alex@mail.ru
Kazakov Yuriy Fedorovich – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: ura.kazakov@mail.ru
Medvedev Vladimir Ivanovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: kurmyshova_olga@mail.ru
Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary, Russia.