

## РАЗУПЛОТНЕНИЕ ПОДПАХОТНОГО ГОРИЗОНТА ПОЧВЫ РЫХЛИТЕЛЕМ РП-45-140

*Л. С. Шкабаро, инженер-гидротехник*

*г. Пинск, Беларусь*

### Аннотация

Переуплотнение почвы – одна из основных причин снижения продуктивности сельскохозяйственных земель. Кроме глинистых и суглинистых почв, переуплотнению подвержены и связносупесчаные почвы, продолжительное время находящиеся в сельскохозяйственном использовании. Основная проблема машин и механизмов, используемых для ликвидации переуплотнения, заключается в необходимости снижения тягового усилия. На основе анализа технических характеристик средств рыхления почвогрунтов предлагается создать опытный образец почвенного рыхлителя типа РП-45-140 с нетрадиционной конструктивной схемой. По содержанию технологического процесса и по качеству работы он близок к рыхлителям пассивного действия. Его назначение – рыхление незасоренных камнями почв на глубину до 45 см; в почвах образуются плужная подошва, присутствуют глеевые прослойки, и во многих случаях подпахотные слои отличаются низкой фильтрационной способностью.

**Ключевые слова:** переуплотнение почвы, плужная подошва, приемы разуплотнения, конструкция рыхлителя, технологический процесс рыхления.

### Abstract

*L. S. Shkabaro*

### DECOMPACTION OF THE UNDERGROUND SOIL LAYER WITH LOOSENER RP-45-140

Over-compaction of the soil is one of the main reasons for reducing the productivity of agricultural land. In addition to clay and loamy soils, cohesive sandy soils that have been in agricultural use for a long time are also subject to over-compaction. The main problem of machines and the mechanisms that are used to eliminate over-compaction is the need to reduce the traction force. Based on the analysis of the technical characteristics of soil loosening tools, it has been proposed to create a prototype of a soil loosener of the RP-45-140 type with an unconventional design scheme. In terms of the content of the technological process and the quality of work, it is close to the rippers of passive action. It is aimed at purpose-loosening of soils that are not littered with stones to a depth of up to 45 cm, in which a plow sole is formed and where there are gley layers and in many cases the subsurface layers are characterized by low filtration capacity.

**Keywords:** soil overpopulation, plow sole, decompression techniques, ripper design, loosening process.

### Причины переуплотнения почвы

Свойства почв связного гранулометрического состава природного (первичного) уплотнения обусловлены высоким содержанием глинистой фракции и характеризуются значительной набухаемостью, гидрофильностью, трещинообразованием и твердением при высыхании, пластичностью, малой водо- и воздухопроницаемостью, частым дефицитом кислорода, слабой микробиологической активностью, склонностью к уплотнению, высоким сопротивлением при обработке. Искусственному (вторичному) уплотнению эти почвы подвергаются под воздействием хозяйственной деятельности человека. Кроме глинистых и суглинистых почв, уплотнению подвержены также связносупесчаные почвы, продолжительное время находящиеся в сельскохозяйственном использовании.

Переуплотнение приводит к деформации почвенного профиля вплоть до разрушения почвенной структуры. Повышаются плотность сложения почвенного горизонта и его твердость, препятствующая механической обработке, уменьшаются водо- и воздухопроницаемость. В результате этого снижаются осушительное действие дренажа и плодородие почвы. Одновременно затрудняется соблюдение оптимальных агротехнических сроков посева и уборки сельскохозяйственных культур из-за переувлажнения, повышается расход горюче-смазочных материалов при выполнении механизированных технологических операций, ускоряется износ сельскохозяйственных машин и механизмов.

Основной причиной вторичного переуплотнения почв является механическое воздей-

ствии ходовых систем сельскохозяйственной и другой техники. Уплотняющая деформация при движении машинно-тракторных агрегатов по полю происходит в вертикальном направлении на 35–70 см и столько же в горизонтальном [1]. Наибольшее уплотнение под действием ходовых систем сельскохозяйственной и другой техники происходит в переувлажненных почвах, особенно при содержании в них органического вещества менее 3,0 %.

Помимо ходовых систем машинно-тракторных агрегатов, отрицательное воздействие на почву оказывают и побочные эффекты от работы некоторых рабочих органов машин. Так, при вспашке почвы традиционными плугами на одну и ту же глубину образовывается так называемая плужная подошва, плотность сложения которой достигает в ряде случаев критических значений (до 1,6 г/см<sup>3</sup> и более), что препятствует развитию корневой системы растений [2].

Атмосферные осадки, концентрируясь над переуплотненной прослойкой в пахотном горизонте, приводят к переувлажнению почвы, увеличиваются поверхностный сток

и вынос питательных веществ, развиваются эрозионные процессы. В сухой период, в условиях высоких атмосферных температур, корневая система быстро обезвоживается, растения угнетаются. Вода быстро испаряется из маломощного пахотного слоя (15–20 см), уплотненный подпахотный горизонт при этом препятствует капиллярному подпитыванию от грунтовых вод к корневой системе растений. В результате растения, подверженные в весенний период переувлажнению, оказываются в условиях дефицита влаги, страдая уже от недостатка водного, а значит, и минерального питания. В течение вегетационного периода такие колебания могут происходить неоднократно.

Неудовлетворительные водно- и агрофизические свойства минеральных почв тяжелого гранулометрического состава, вызванные первичным (естественно-генетическим) и вторичным (искусственным) переуплотнением, на мелиорированных землях снижают осушительное действие закрытого дренажа, вызывают переувлажнение корнеобитаемого слоя и ухудшают плодородие почвы.

### Предупреждение и ликвидация избыточного уплотнения почв

Мероприятия по предупреждению и ликвидации избыточного уплотнения почв можно разделить на три группы: инженерно-технические, организационные и агротехнические.

В первую группу входят мероприятия, направленные на увеличение площади опоры обрабатывающей техники, использование колесных тракторов и других тяжелых машин со сдвоенными шинами, использование движителей на гусеничном ходу, что уменьшает давление на почву.

Вторую группу составляют мероприятия по применению технологий возделывания сельскохозяйственных культур с минимально возможным числом проходов по полю тяжелой техники, особенно колесной.

Третья группа – это агротехнические мероприятия по снижению переуплотнения почв, которые можно разделить на три подгруппы:

- приемы создания устойчивого рыхлого сложения почв путем их обработки в оптимальные по физической спелости сроки, улучшения структурного состояния с помощью травосеяния, внесения высоких доз

органических удобрений и мелиорантов, содержащих кальций;

- разуплотнение почв с помощью культур, имеющих стержневую корневую систему (редька масличная, яровой и озимый рапс и другие растения с мощной корневой системой), то есть биологическое рыхление;
- приемы разуплотнения с помощью глубокого (более 0,6 м) или эксплуатационного (до 0,5 м) рыхления почв.

Рыхление, проведенное через несколько лет после строительства мелиоративных систем для поддержания благоприятных водно-физических свойств почвы и повторяемое затем периодически, а также выполняемое на автоморфных переуплотненных почвах, называется эксплуатационным.

Увеличение глубины разрыхленного слоя почвы приводит к повышению водопроницаемости и, соответственно, к уменьшению поверхностного стока воды и смыва почвы. Применение эксплуатационного рыхления на мелиорированных уплотненных почвах позволяет увеличивать сток из дренажных систем в 1,5–3 раза.

### Механизмы для рыхления почв

На практике применяется множество модификаций специальных рыхлителей с технологией активного и пассивного действия. Например, в Германии и других западноевропейских странах используется почти 50 видов машин и механизмов на глубину рыхления до 150 см. Агрегаты активного действия отличаются более высоким качеством работы, но относительно большей удельной энергоемкостью и меньшей производительностью.

В Беларуси используются рыхлители и плуги пассивного действия с глубиной рыхления в основном до 0,7 м, а также сменные приспособления, монтируемые на плугах общего назначения. Для эксплуатационного рыхления ранее широко применялись чизельные плуги ПЧ-2,5; ПЧ-4,5; ПЧК-2,5; ПЧК-4,5. Их главное назначение – безотвальное глубокое рыхление почвы на глубину до 40–45 см, разрушение плужной подошвы, углубление пахотного слоя, безотвальная обработка почвы вместо зяблевой и весенней пахоты.

В РУП «Институт мелиорации» разработан рыхлитель плужной подошвы РПП-20 – сменное рабочее оборудование к противокаменным плугам общего назначения типа ПГП для рыхления подпахотного горизонта минеральных почв [3].

Рыхлитель позволяет в едином технологическом процессе со вспашкой производить также и разуплотнение плужной подошвы на глубину до 20 см ниже уровня дна борозды, что увеличивает поступление питательных веществ, воды и воздуха к корням растений и улучшает условия для проникновения их в более глубокие слои почвы.

В институте разработано также рыхлительное оборудование РКЛ-50, которое предназначено для рыхления-щелевания почвы средне-

го и тяжелого гранулометрического состава, а также для щелевания сенокосов и пастбищ с целью улучшения водно-физических свойств корнеобитаемого слоя. РКЛ-50 представляет собой сменное рабочее оборудование к плугам общего назначения (типа ПГП) с гидравлической защитой, агрегируемых с тракторами класса тяги до 50 кН. Корпуса плуга с рамы снимаются, и вместо них – в зависимости от марки плуга и категории почвы – через 0,7–1,2 м устанавливается оборудование РКЛ-50.

Испытание тягового усилия рыхлительного оборудования РКЛ-50 (одна стойка, ширина лемеха 70 мм) при глубине рыхления 0,5 м показало, что при категории почвы IIIa (число C = 9–12) тяговое усилие составляет 11–14 кН. А при категории почвы IIIб (число C = 13–16) тяговое усилие достигает 15–19 кН. При оборудовании рыхлителя пятью стойками с шириной лемеха 70 мм суммарное тяговое усилие превысит 50 кН. Поскольку максимальное тяговое усилие колесных тракторов класса 5 (типа К-702) равно 60 кН, рыхлители с пятью стойками и шириной лемеха 70 мм могут использоваться только на пределе тяги трактора.

На основе анализа качественных технических характеристик средств рыхления почвогрунтов в целях снижения тягового усилия предлагается создать опытный образец почвенного рыхлителя типа РП-45-140 с нетрадиционной конструктивной схемой, занимающего по содержанию технологического процесса и качеству работы положение, близкое к рыхлителям пассивного действия. Назначение – рыхление не засоренных камнями почв на глубину до 45 см, в которой образуются плужная подошва, присутствуют глеевые прослойки, и во многих случаях подпахотные слои отличаются низкой фильтрационной способностью.

### Характеристики рыхлителя РП-45-140

На рисунке показана детализированная конструктивная схема опытного образца изделия. К основным деталям и узлам относятся: трубчатый брус квадратного сечения, приваренные к нему элементы навесного устройства типа НУ-3, закрепленных на пяти кронштейнах. К кронштейнам привариваются две проушины для нижних тяг гидронавесной си-

стемы трактора «Беларус-1221», и при помощи двух болтов с гайками крепятся пять рабочих органов. Рабочий орган состоит из стойки с приваренными тремя лемехами высотой 180 мм, переменной шириной 160, 200 и 240 мм (для нижнего, среднего и верхнего ярусов соответственно) и опорами. Передняя грань стойки наплавляется твердым сплавом.

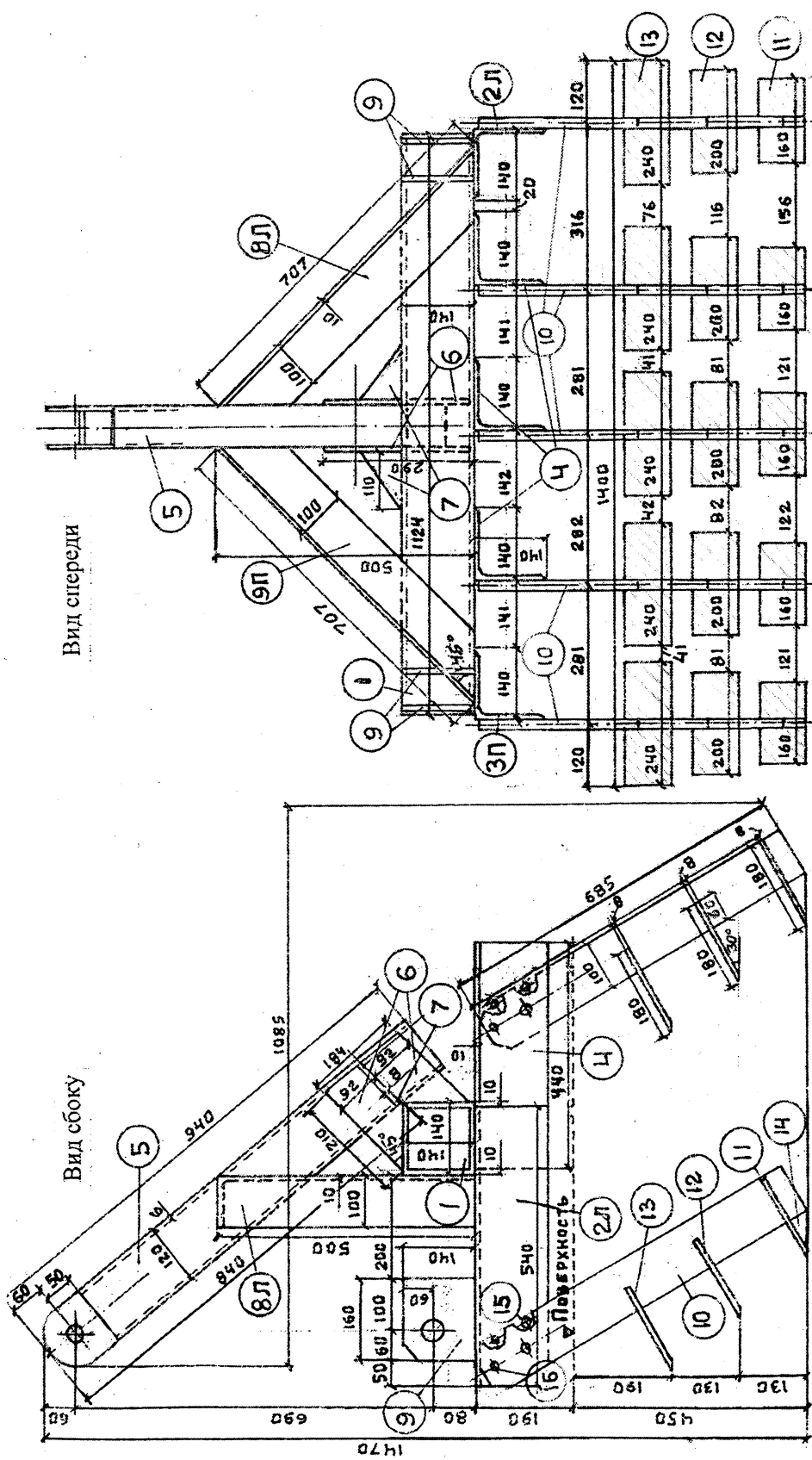


Рисунок. Детализованная конструктивная схема опытного образца рыхлителя РП-45-140:

1 – трубчатый брус; 2л, 3л, 4 – кронштейны; 5 – раскос; 6 – пластина; 7 – ребро; 8л, 9л – стойки раскоса; 9 – проушина для нижней тяги; 10 – стойка рабочего органа; 11, 12, 13 – лемеха рабочего органа; 14 – опора; 15, 16 – болты

Технологический процесс рыхления применительно к каждому рабочему органу состоит в следующем: при движении агрегата подрезанный нижним лемехом пласт (сечение 16×13 см) в частично деформированном виде от надлома на входе перемещается в большее по объему пространство, образованное проходом лемеха среднего яруса (20×13 см), разрезается надвое стойкой и опрокидывается в разрыхленном состоянии в созданную борозду. Аналогичен этому процесс взаимодействия

лемехов среднего и третьего ярусов (сечения 20×13 и 24×19 см соответственно). В верхнем ярусе выполняется по существу безотвальная вспашка пахотного слоя. В случае непреодоления возникшего препятствия срезается предохранительный болт диаметром 18 мм кронштейна или возможна остановка агрегата.

Качеству крошения грунта способствуют ударные нагрузки от падения верхних срезанных грунтов на нижние. В таблице приведены основные характеристики рыхлителя РП-45-140.

Таблица. Расчетные характеристики агрегата РП-45-140

№	Наименование	Значения
1	Тип – навесной/трехъярусный	Трактор класса 30 кН типа Беларус-1221
2	Количество рабочих органов, шт.	5
3	Глубина рыхления, см	до 45
4	Ширина захвата рыхления, см	140
5	Ширина захвата лемехов ярусов (глубина рыхления), см: верхний средний нижний	16(13) 20(16) 24(19)
6	Коэффициент полноты сплошного рыхления, %: верхний ярус (пахотный слой 19 см), нижний и средний ярусы (слой 26 см)	86 64
7	Габаритные размеры (длина, ширина, высота), мм	1060; 1400; 1470
8	Рабочая скорость, км/ч	4–6
9	Сменная производительность, га	до 3,6–5,4
10	Масса, кг	206

Расчеты по формулам определения касательной силы тяги плугов общего назначения, практически равнозначной их тяговому сопротивлению (тяговому усилию трактора), показали, что основные достоинства конструктивной схемы навесной трехъярусный рыхлителя РП-45-140 следующие:

- сравнительно высокий (64 %) коэффициент полноты сплошного рыхления подпахотного горизонта (с зоной частичного рыхления почти 80 %) против 42 % для традиционного рыхлителя пассивного действия стоечного одноярусного типа;
- предотвращение образования крупных кусков разрыхленных грунтов за счет

трехъярусности рабочего органа, небольшой ширины захвата лемеха и отмеченных ударных нагрузок;

- способствование минимизации пестроты условий для развития корневой системы, водного, пищевого, теплового и воздушного режимов почвы;
- совмещение операций рыхления подпахотного горизонта и безотвальной вспашки;
- удобство рыхления небольших по площади (0,1–1,0 га) участков;
- прямоугольная форма зоны рыхления пласта почвы предпочтительнее полуовальной, присущей для одноярусных рыхлителей.

Естественно, что фактические технические характеристики агрегата можно получить только в процессе производственных испытаний опытного образца одновременно с выявлением недостатков конструкции.

Опытный образец РП-45-140 может быть изготовлен предприятием системы агросервиса. Ориентировочная стоимость составит по оценке специалистов порядка 3,0–3,5 тыс. белор. руб. (2017 г.). Имеется техническая документация, разработанная при помощи консультации со специалистами, достаточная для изготовления такого образца. Она может быть передана для использования заинтересован-

ным сторонам. Хозяйственно-экономическая эффективность от применения РП-45-140 ожидается не меньшей, чем от действия других рыхлителей пассивного действия.

При положительных результатах представляется целесообразным создание более мощных агрегатов на основе предложенной конструктивной схемы. С учетом важности и эффективности эксплуатационного рыхления почвы, а также в интересах самих земледельцев целесообразно и особенно важно проводить данное мероприятие на почвах, занятых элитными сортами и высокорентабельными культурами.

### Библиографический список

1. Заленский, В. А. Обработка почвы и плодородие / В. А. Заленский, Я. У. Яроцкий ; ред. В. В. Лапа. – Минск : Беларусь, 2004. – 542 с.
2. Рекомендации по применению чизельных орудий / В. В. Труфанов [и др.]. – М. : Изд-во АгроНИИТЭИНТО, 1988. – 26 с.
3. Погодин, Н. Н. Технология и средства механизации для проведения эксплуатационного рыхления почв связного гранулометрического состава / Н. Н. Погодин, В. А. Болбышко, Ф. А. Барсукевич, С. В. Шатило // Мелиорация. – 2009. – № 2 (62). – С. 126–132.

Поступила 12 января 2021 г.