

- доходность сельскохозяйственного предприятия является одним из основных факторов, который определяет возможность заключения договоров на техническое обслуживание между сельскохозяйственным производителем и дилерскими и сервисными предприятиями технического обслуживания.

Список литературы

1. Организация ремонтно-обслуживающего производства в сельском хозяйстве: учебник / Юдин М.И., Стукопин Н.И., Ширай О.Г. - Краснодар: КГАУ.- 2002.- 944с.
2. Machine-Tractor Aggregates Operation Assurance by Mobile Maintenance Teams. / G. V. Redreev, O. V. Myalo, S. P. Prokopov, A. P. Solomkin1, G. A. Okunev - IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 221 (2017) 012016 <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/221/1/012016/pdf>
3. Ensuring Machine and Tractor Aggregates Operability. / G.V. Redreev - IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 142, Number 1. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/142/1/012085>
4. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве: учебн. пособие / под ред. В.И. Черноиванова. - Москва – Челябинск: ГОСНИТИ, ЧГАУ.- 2003.- 992 с.
5. Формирование парка сельскохозяйственных тракторов в Красноярском крае // Н.И. Селиванов, В.В. Матюшев, Н.И. Чепелев, И.А. Васильев // Достижения науки и техники АПК – Москва, 2017. №9. С. 72 – 75.
6. Гнеденко Б.В. Математические методы в теории надежности/ Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев и др.// – М.: Наука, 1965. – 524 с.
7. Техничко-технологическое обеспечение сельхозтоваропроизводителей в условиях перехода к инновационной экономики / А.В. Кучумов, А.В. Белокопытов // Достижения науки и техники АПК – Москва, 2017. Т.31. №12. С. 78 – 81.
8. Совершенствование технического сервиса в АПК на основе оценки и анализа технологического уровня ремонтных предприятий / А.И. Аносова, М.К. Бураев // Достижения науки и техники АПК – Москва, 2014. №10. С. 65 – 68.
9. Технике АПК – качественный сервис / Н.М. Иванов, А.Е. Немцев, В.В. Коротких // Достижения науки и техники АПК – Москва, 2016. Т.30. №4. С. 81 – 82.
10. Формирование технического сервиса сельскохозяйственной техники / Бабченко Л.А. - Диссертация док. техн. наук. – Алматы, 2010 г.- 567 с.

ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОТИВОЭРОЗИОННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ

Н.А. Зарипова, к.т.н, доц., А.С. Союнов, к.т.н., доц.,

С.П. Прокопов, ст. преподаватель

Омский государственный аграрный университет

644008, г. Омск ул. Физкультурная 1, тел. (3812)-65-25-72

E-mail: sp.prokopov@omgau.org

Исследования посвящены стоку талых вод и механизму смыва почвы со склонов. При сложном рельефе местности с крутизной склона до 4°, основным способом защиты почвы от эрозии будет формирование на поверхности поля лунок, выполняемых методом копания и штампования (прессования). Установлена более высокая агротехнологическая эффективность лункования методом штампования (прессования). Форма, размеры и расположение лунки относительно склона оказывают влияние на ее аккумуляционную способность, рекомендуется лунки формировать чашеобразной формы, малого объема, а удержание талых вод регулировать их количеством на единице площади.

Studies are devoted to the drain of meltwater and the mechanism of flushing the soil from the slopes. With a complex terrain with a slope of up to 4°, the main way to protect the soil from erosion will be the formation of holes on the surface of the field, performed by digging and stamping (pressing). A higher agrotechnological efficiency of the luncheon is established by the method of stamping (pressing). The shape, size and location of the hole relative to the slope affect its storage capacity, it is recommended that the wells form a cup-like shape, of small volume, and the retention of thawed waters should be regulated by their quantity per unit area.

Для формирования лунок методом копания известно орудие - дисковый лункообразователь с эксцентрично закрепленными сферическими дисками на валу, плоскость вращения которых составляет некоторый угол с направлением поступательного движения (угол атаки), что обеспечивает на поверхности поля формирование углублений за счет выкапывания и сгуживания в сторону почвы [3,

4]. Лунки получаются овальной формы, вытянутой в направлении поступательного движения и размещаются в шахматном порядке.

Такая технология имеет ряд существенных недостатков: лунки образуются большого объема и аккумулируют в себе большое количество воды, масса которой на склоне обладает запасом потенциальной энергии и давлением на стенки лунки. Рыхлая, вследствие предварительно проведенной плоскорезной обработки и способа образования лунки, почва, влажность которой достигает уровня наименьшей влагоемкости (НВ) становится особенно подвижной и слабо устойчивой к размыву, поэтому стоит только в одном месте разрушиться стенке лунки водой, как тут же проявляется лавинный эффект, который усиливается с разрушением каждой последующей лунки. Таким образом, сама лунка, цель которой задержать некоторый объем воды, может стать причиной начала проявления водной эрозии (рис. 1). Лунки больших размеров осложняют их последующие обработки и ухудшают качество посева.



Рис. 1. Вид поля в период весеннего снеготаяния, обработанного дисковым лункообразователем

Устранение недостатков лункования методом копания, возможно заменой технологией формирования лунок штампованием, при которой в почву вдавливаются штамп, образующий углубления (лунки) с уплотненными стенками (рис. 2).



Рис. 2. Вид поля в период весеннего снеготаяния, обработанного прессовым штампом

Процесс формирования прессованных углублений осуществляется перекачиванием катка с рабочими органами для вдавливания почвы [5] по предварительно обработанной поверхности.

Рассмотрим агротехнологические преимущества лунок во взаимосвязи их с технологией выполнения, размерами и объемом.

Анализ скорости фильтрации в лунках разного объема

При условии, когда значение максимального уровня талой воды над почвой больше нуля $h_{\max} > 0$, на землях с уклоном возможно проявление процессов эрозии, вызванных стоком этих вод.

С целью предотвращения стока на склонах, задержание воды на поверхности поля с последующей ее фильтрацией вглубь предлагается осуществлять с помощью влагоаккумулирующих лунок, расположенных равномерно по полю и образованных ниже дневной поверхности почвы, объем которых соответствовал бы количеству воды, поступающей из снега и определяющийся величиной h_{\max} , значение которой зависит от скорости фильтрации воды в почву.

Рассмотрим влияние объема лунок на изменение скорости фильтрации в них воды.

Согласно закону Дарси [6], фильтрация воды в почве со средним диаметром пор d , идет со скоростью:

$$v = \frac{Sd^2}{32\eta} [\rho g - \Delta p] \quad (1)$$

где v – скорость фильтрации воды в почву, мм/с;

S – площадь поверхности фильтрации, мм²;

$\Delta p = \frac{\partial P}{\partial x}$, P – давление жидкости, г/мм²;

η – вязкость жидкости, г/см²с

ρ – плотность жидкости, г/мм³;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Если глубина промачивания почвы вдоль траектории движения потока равна z , а слой воды над фильтром равен h , то разность давлений на нижней и верхней границах фильтра рассчитывается по формуле:

$$\Delta p = -\rho gh / z \quad (2)$$

Для простоты расчетов примем, что в поперечном сечении лунка имеет форму прямоугольника с основанием шириной «а» и высотой h (рис. 3).

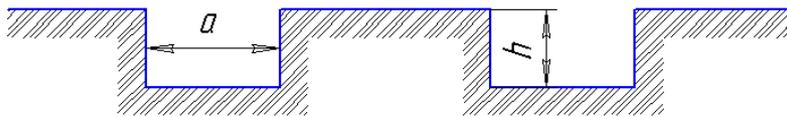


Рис. 3. Параметры лунки

Тогда объем воды V в лунке длиной, равной единице, соответствует:

$$V = 1 \cdot a \cdot h .$$

Возникает вопрос: какой объем лунок обеспечивает более высокую скорость фильтрации воды в лунках?

Поскольку фильтрация в лунке осуществляется как через дно лунки, так и через ее боковые стенки, то естественно предположить, что величина поверхности фильтрации может быть принята:

$$S = a + \alpha h , \quad (3)$$

где α – коэффициент, учитывающий форму лунки.

Проведем сравнительный анализ скорости фильтрации воды в лунках разных объёмов V_1 – большой (мм³) и V_2 – малой (мм³), которые определяются:

$$V_1 = ah, \quad (4)$$

$$V_2 = \frac{V_1}{2} = \frac{a}{\sqrt{2}} \cdot \frac{h}{\sqrt{2}} . \quad (5)$$

Подставляя значения (2), (3), (4), (5) в уравнение (1), получим скорость фильтрации воды в первой лунке:

$$v_1 = K(a + \alpha \cdot h) \cdot \left(1 + \frac{h}{z}\right), \quad (6)$$

где
$$K = \frac{a^2 \rho \cdot g}{32 \cdot \eta}.$$

Скорость фильтрации во второй лунке составит:

$$v_2 = K \left(\frac{a}{\sqrt{2}} + \alpha \frac{h}{\sqrt{2}} \right) \cdot \left(1 + \frac{h}{\sqrt{2} \cdot z} \right). \quad (7)$$

Умножив выражение (7) на величину $\frac{\sqrt{2}\sqrt{2}}{2}$, получим:

$$v_2 = \frac{(a + \alpha \cdot h) \cdot \left(\sqrt{2} + \frac{h}{z} \right)}{2}. \quad (8)$$

Поскольку из отношений (6) и (8) следует, что $2v_2 > v_1$, то можно сделать вывод, что более предпочтительны лунки малых размеров. Причем увеличение скорости фильтрации будет равно величине:

$$\sqrt{2}(a + \alpha \cdot h) \quad (9)$$

Рассмотрим зависимость скорости фильтрации в лунки от её ширины и высоты. Поставленная задача сводится к следующему:

$$\begin{cases} \left(\frac{V}{h} + \alpha \cdot h \right) \cdot \left(1 + \frac{h}{z} \right) \rightarrow \max \\ 16 \geq h \geq \frac{V}{100} \end{cases} \quad (10)$$

При достаточно большой глубине промокания почвы, эта задача имеет решение: $a = 100$; $h = V / 100$, то есть лунка должна быть по возможности более широкая.

Однако, в начальной стадии, когда еще фильтрационные потоки в глубине почвы не слились в единый поток, более быструю фильтрацию будет обеспечивать более глубокая лунка.

Следует отметить, что лункование обеспечивает не только удержание талых вод на склоне, но и позволяет в ранние сроки осуществлять фильтрацию в нижний почвенный слой на глубину более 16 см. Это позволяет уменьшить объем влаги, не впитавшейся в почву по сравнению с расчётным, к началу периода таяния следующего дня. То есть фильтрация в более плотные нижние слои растягивается на более длительный период времени.

Основные агротехнологические показатели сравниваемых технологий и результаты экспериментальных исследований

Проведем сравнительный анализ противоэрозионной и влагоаккумулирующей способности лунок, выполненных методом копания и прессования.

Основные параметры лунок: объем одной лунки при копании составляет 15 л, при прессовании – 2.1 л, необходимый объем на единице площади достигается их количеством, равным соответственно 1.5 и 11 шт./м².

Накопление влаги зимних осадков почвой определяется разностью влажности почвы в периоды перед уходом в зиму и после схода снега. Усвоение талой воды определяется в процентах отношением накопленных осадков к запасам воды в снеге, приходящимися на период его таяния (табл. 1). Основным критерием, определяющим способность почвы пропускать сквозь себя талые воды в степной зоне Западной Сибири, остается величина осеннего увлажнения почвы, особенно ее верхних горизонтов [7, 8].

Таблица. 1

Динамика влаги зимних осадков в метровом слое почвы, мм

вариант	Осенние запасы влаги	Запасы воды в снеге	Технология выполнения лунок методом					
			копания			прессования		
			Весенние запасы влаги	Накопление влаги	Усвоение талой воды, %	Весенние запасы влаги	Накопление влаги	Усвоение талой воды, %
1	210.0	108.0	210.2	+0.2	0.2	214.6	+4.6	4.3
2	175.4	103.0	217.0	+42.1	40.9	225.9	+50.5	49.0
3	175.8	112.0	189.9	+14.1	12.6	207.6	+31.9	28.4
4	134.0	93.0	159.7	+25.7	27.6	219.1	+85.1	91.5
среднее	173.4	104.0	194.3	+20.5	19.7	216.8	+43.0	41.4

При максимальном увлажнении осенью (вариант 1) верхнего слоя 0-10 см и наименьшей влагоемкости (НВ) близкой 40 % к массе почвы, весной накопление влаги было минимальным за весь период исследований и составило на малых лунках + 4.6; на больших + 0.2 мм. Усвоение влаги зимних осадков соответственно равно 4.3 %, 0.2 %. Весной, когда почва в зиму ушла сухой (вариант 4), влажность была близкой влажности завядания (ВЗ) и составила около 13 %, ни на одном из методов лункования сток не наблюдался. При этом максимальное усвоение талой воды 91.5 % (+ 85.1 мм) отмечено на малых лунках. На больших - накопление оказалось ниже и составило 27.6 % (+ 25.7 мм). При средних осенних запасах влаги в метровом слое – 175 мм (варианты 2 и 3) значительное расхождение в накоплении влаги весной определилось методом поделки лунок. Накопление + 50.5 и + 31.9 мм соответственно по вариантам наблюдалось на малых лунках, что в 1.2 и 2.3 раза больше, чем на больших. Среднее накопление влаги почвой за один интервал времени по 4 вариантам составило: на участке с большими лунками + 20.5 мм; на участке с малыми – + 43.0 мм. Если принять, что скорость фильтрации есть отношение впитавшейся воды к промежутку времени, за которое это впитывание прошло, то отношение скоростей фильтрации за равный промежуток времени будет равно отношению количества впитавшейся воды:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{Q_1}{Q_2}.$$

Численное значение выражения для нашего случая будет:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{43.0}{20.5} = 2.1$$

Скорость фильтрации маленьких лунок в 2.1 раза выше, чем в больших.

Выявлена обратная зависимость между количеством впитавшейся воды и стоком талых вод. В таблице 2 приведены данные о распределении стоков по вариантам на сравниваемых лунках.

Таблица. 2

Сток воды на лунках разного объема, м³/га

вариант	Технология формирования лунок методом	
	копания	прессования
1	652.0	635.0
2	534.0	234.0
3	557.0	268.0
4	Сток не наблюдался	
Среднее	436.0	284.3

Влияние осенней влажности почвы на сток талых вод, определяющих интенсивность эрозионных процессов представлено на рис.4.

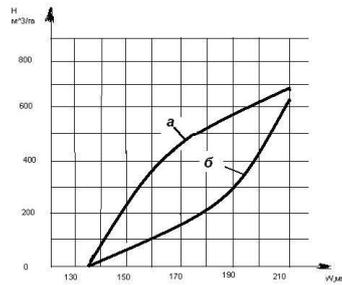


Рис. 4. – Зависимость стока воды от осенней влажности почвы:
а – на больших лунках, б – на малых лунках

Экспериментальные исследования позволяют сделать вывод, что при влажности почвы, близкой к НВ, данные способы образования лунок не могут эффективно влиять на увеличение фильтрации воды в почву и уменьшении ее стока, поскольку прирост слоя воды из снега во много раз выше ее фильтрационной способности, однако в некоторой степени на склоне они способны удержать тот объем влаги, который соответствует объему водоудерживающей способности лунок без учета ее фильтрации в почву.

При влажности, близкой к ВЗ, наблюдается провальная фильтрация независимо от размера лунок.

При средней осенней влажности почвы проявляется во взаимодействии оба фактора, причем величина стока находится в обратной зависимости от скорости фильтрации, которую мы, как показали результаты расчетов, можем регулировать размерами лунок при условии их одинакового объема на единице площади, который соответствует теоретическому расчету максимального притока воды 15.7 м³ / га [5]. Именно при этих условиях наиболее эффективным является способ прессования малых лунок.

Процессы внутрисуточного попеременного замерзания – оттаивание почвы для уплотненных лунок, играют положительную роль в плане разуплотнения стенок и изменения объема в сторону уменьшения[9]. После схода снега поверхность поля с малыми лунками имеет большую выравненность в сравнении с большими, что обеспечивает меньшую площадь испарения и, следовательно, лучшее сохранение накопленной почвой влаги.

Показатели плодородия почвы [10] вынос почвы, гумуса и макроэлементов, определялись из проб воды, и пропорциональны ее стоку. На малых лунках в сравнении с большими сократились: смыв почвы 1.7 раза, вынос гумуса, как основного показателя почвенного плодородия - в 4 раза, фосфора - в 1.8 раза, калия в - 1.8 раза, анализ содержания азота в данный период затруднителен из-за его высокой подвижности.

Поделка малых лунок в большей степени удовлетворяет противозерозионной системе земледелия на склонах в районах промерзания почвы, поскольку в сравнении с большими лунками достигается меньший сток воды, потери почвы, повышение плодородия и дополнительное накопление влаги, зимних осадков.

Список литературы

1. Иванов В.Д. Влияние влажности и глубины промерзания почв на поверхностный сток талых вод / В.Д. Иванов // Почвоведение. – 1982. – №6. – С. 80-86.
2. Комаров М.И. Противозерозионная обработка почвы катком – ячейкоделателем на сложных склонах / М.И. Комаров, Д.Д. Олейник // Механизация по защите почв от эрозии. – М., 1969. – С. 69-92.
3. Маметов Р.И. Исследование и обоснование параметров дисковых рабочих органов для лункования зяби: Автореф. Дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01. – М., 1979. – 20 с.
4. Сиволапенко В.И. Исследование и обоснование параметров рабочих органов дискового лункообразователя в условиях Северного Кавказа: Автореф. Дис. ...канд. техн. наук: 05.185. – Краснодар, 1972. – 20 с.
5. Зарипова Н.А. Обоснование параметров орудия для основной обработки склоновых земель: Дис. ...канд. техн. наук. – Омск, 1991. – 140 с.
6. Darcy H. Les fontaines publiques de la ville de Digon. – Paris, 1986. – b 47p.
7. Ревут И.Б. Физика почвы / И.Б. Ревут. – Л.: Колос, 1972. – 367 с.
8. Чудновский А.Ф. Теплотехника почв / А.Ф. Чудновский. – М.: Наука, 1976. – 352 с.
9. Цытович Н.А. Механика грунтов / Н.А. Цытович. – М., 1963. – 636 с.
10. Шишов Л.Л., Критерии и модели плодородия почв / Л.Л. Шишов, И.И. Карманов, Д.Н. Дурманов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 183 с.