

- конструкция дизеля, способ охлаждения смазочного масла существенно влияют на тепловую нагрузку на систему охлаждения. Так, при использовании ЖМТ тепловая нагрузка на систему охлаждения увеличивается на 8–10 %.

01.04.2014

### Литература

1. Якубович, А.И. Системы охлаждения двигателей тракторов и автомобилей. Конструкция, теория, проектирование: монография / А.И. Якубович, Г.М. Кухаренок, В.Е. Тарасенко. – Минск: БНТУ, 2011. – 435 с.
2. Ленин, И.М. Теория автомобильных и тракторных двигателей: учеб. для вузов / И.М. Ленин. – М.: Машиностроение, 1969. – 368 с.
3. Двигатели внутреннего сгорания: теория рабочих процессов: учеб. для вузов: в 3 кн. / В.Н. Луканин [и др.]; под ред. В.Н. Луканина и М.Г. Шатрова. – 3-е изд., перераб. и испр. – М.: Высшая школа, 2007. – Кн. 1. – 479 с.
4. Якубович, А.И. Системы охлаждения тракторных и автомобильных двигателей. Конструкция, теория, проектирование / А.И. Якубович, Г.М. Кухаренок, В.Е. Тарасенко. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2013. – 473 с.: ил. – (Высшее образование: Магистратура).
5. Якубович, А.И. Экономия топлива на тракторах: монография / А.И. Якубович, Г.М. Кухаренок, В.Е. Тарасенко. – Минск: БНТУ, 2009. – 229 с.

УДК 631.316.22

**А.А. Точицкий, Н.Д. Лепешкин,  
А.А. Зенов, В.Ф. Марышев**  
(РУП «НПЦ НАН Беларуси по  
механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)

### **К ВОПРОСУ ПЕРЕУПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ И ПУТЕЙ ЕГО СНИЖЕНИЯ**

#### **Введение**

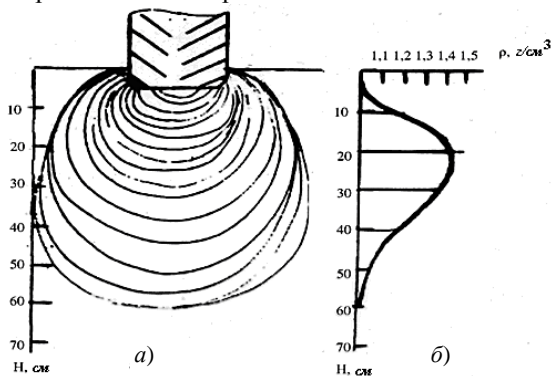
Способ обработки почвы является одним из важнейших факторов, влияющих на рост, развитие и формирование урожая сельскохозяйственных культур, а также на степень деградации почв. От него зависят агрофизические характеристики почвы, определяющие водно-воздушные и термические условия, в которых произрастают растения. Агрономической наукой установлено, что в идеале для роста растений почва обрабатываемого слоя должна содержать примерно 45 % минеральных веществ, 5 % органических веществ и 50 % пористого пространства, заполненного равным количеством (по 25 %) воды и воздуха. Нарушение этого состояния ведет к недобору урожая. Поэтому формирование посевного слоя в соответствии с агрономическими требованиями является основной задачей, которую необходимо решать при обработке почвы.

При решении данной проблемы наиболее актуальным для Республики Беларусь является вопрос формирования в обрабатываемом слое требуемой воздушной составляющей.

Как показывают исследования, применяемые в настоящее время способы обработки почвы, технические средства для их осуществления и методы организации работы не в полной мере способствуют получению в обработанном слое почвы требуемого количества воздуха и в большинстве случаев ведут к его снижению, что, в свою очередь, приводит к недобору до 10–20 % урожая. Это происходит, в основном, из-за переуплотнения почвы колесами тракторов, наличия плужной подошвы и уплотнения слоев почвы после прохода культиваторных, плоскорезных и других лап.

### Основная часть

Особенно переуплотняется почва под действием ходовых систем техники в весенний период. Первые полевые работы проводятся при повышенной влажности почвы, из-за чего она сильно подвержена уплотнению. В результате при движении ходовых колес почва под ними уплотняется на глубину 50–60 см и более (рисунок 18). При этом на глубине 20–30 см она может иметь плотность 1,4–1,5 г/см<sup>3</sup>, то есть близкую к критической – 1,6–1,7 г/см<sup>3</sup>, при которой уже не распространяются корневые волоски растений.



а) кривые распределения напряжений в почве;  
б) диаграмма распределения плотности в почве

Рисунок 18 – Воздействие движителей на почву

Учитывая, что глубина предпосевной обработки под яровые зерновые культуры не превышает 8–10 см, нижняя часть пахотного слоя (10–30 см) остается уплотненной в течение всей вегетации культуры. Это ведет к снижению урожая возделываемых культур на 5–15 % и более. При этом, как показывают восьмилетние данные (А.И. Пупонин) полевых опытов, процесс снижения эффективного плодородия почвы под воздействием ходовых систем колесных тракторов носит кумулятивный характер. Депрессия урожайности на уплотненных почвах возрастает из года в год.

летние данные (А.И. Пупонин) полевых опытов, процесс снижения эффективного плодородия почвы под воздействием ходовых систем колесных тракторов носит кумулятивный характер. Депрессия урожайности на уплотненных почвах возрастает из года в год.

Таким образом, при выполнении весенних обработок почвы следует соблюдать ряд важнейших условий:

- не начинать работы слишком рано, когда еще избыточно влажная почва и могут образовываться глыбы и глубокая колея от прохода машин;
- не вносить фосфорно-калийные удобрения тяжелыми агрегатами в весенний период, более эффективно это можно сделать осенью на зябь;
- для увеличения опорной поверхности снижать давление в колесах трактора до значений  $1-1,1 \text{ т/см}^2$ ;
- использовать тяжелые тракторы мощностью 200–350 л.с. и более только со сдвоенными колесами; по данным полевых опытов (А.И. Пупонин), использование на севе трактора К-700 со сдвоенными колесами приводило к повышению урожая ячменя на 12,9 % по сравнению с применением трактора К-700 без сдвоенных колес.

Не меньший ущерб урожаю, особенно пропашным культурам, наносит плужная подошва (рисунок 19). Многолетние исследования институтов почвоведения и агрохимии (БЕЛНИИПА) (1981–1985 гг.), а также мелиорации (БелНИИМиП) (2001 г.) показали (таблица 8), что глубокое (до 40 см) рыхление плужной подошвы на старопашотных почвах повышает урожайность возделываемых культур, особенно пропашных (свеклы, картофеля), на 6–26,3 %. На мелиорированных почвах при рыхлении на глубину до 65 см прирост урожая еще больший – 10,0–68,9 %.

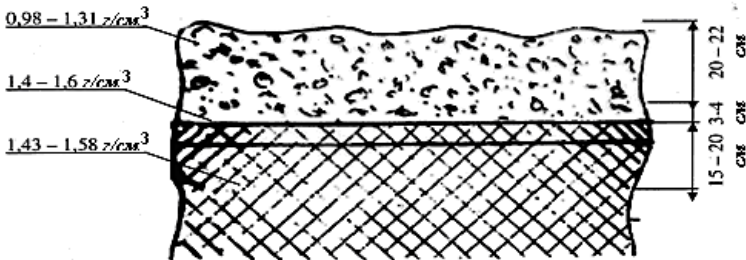


Рисунок 19 – Плужная подошва

Кроме плужной подошвы, отрицательно сказываются на развитии растений и уплотненные слои в почве, которые образуются после прохода культиваторных и других плоских рыхлительных лап. В процессе произрастания корни растений, встречая слой повышенной плотности, начинают расти в стороны, а не вглубь, что отрицательно сказывается на урожае (рисунок 20).

Таблица 8 – Прибавка урожая сельскохозяйственных культур при рыхлении плужной подошвы

Тип почвы	С.-х. культура	Прибавка урожая		Примечание
		ц/га	%	
<i>1. Почва старопахотная, не требующая мелиорации, глубина рыхления – до 40 см</i>				
легкосуглинистая	картофель	20,7–42,6	7,0–15,4	БелНИИПА (1981–1985 гг.)
	свекла кормовая	88,0–122,8	11,1–14,0	
среднесуглинистая	картофель	31,0–58,0	11,0–12,3	
	свекла кормовая	80,0	9,7	
	кукуруза на зеленый корм	65,0	16,5	
	ячмень	2,9	6,5	
тяжелосуглинистая	картофель	24,0–36,0	8,6–26,3	
	свекла кормовая	34,0	6,0	
	горох	5,7	21,8	
среднесуглинистая	картофель	33,0–36,0	15,8–19,8	
	свекла кормовая	89,0–99,0	14,4–16,8	
	кукуруза	52,0–80,0	13,9–19,7	
	ячмень	5,2	11,8	
	овес	2,5	11,9	
<b>Итого, в %: 6,0–26,3</b>				
<i>2. Почва мелиорированная, глубина рыхления – до 65 см</i>				
суглинистые, тяжело-суглинистые, глинистые	картофель	25–71,3	11,5–21	БелНИИМиЛ (2001 г., рыхление приспособлением РПП-20 одновременно со вспашкой)
	свекла сахарная	90,0	21,4	
	пшеница озимая	9,6–18,0	10,0–68,9	
	пшеница яровая	11,4	41,3	
	ячмень	12,0	22,0	
	овес	5,1	20,3	
викоовсяная смесь	33–50	22,7–37,0		
<b>Итого, в %: 10,0–68,9</b>				

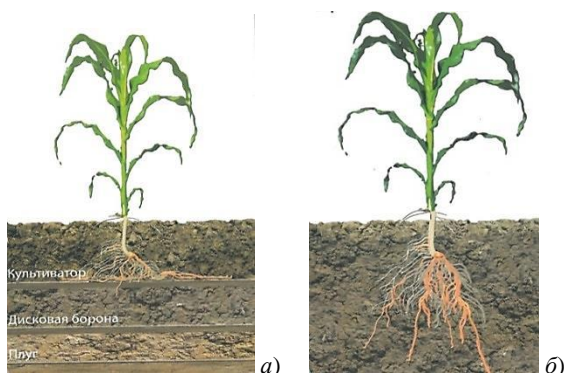


Рисунок 20 – Развитие растений при традиционной (а) и вертикальной (б) почвообработке

Для устранения данного недостатка на Американском континенте все большее распространение получает вертикальная обработка почвы на глубину до 15 см с помощью специальных волнистых дисков турбо-колтеров (рисунок 21). По данным исследований, вертикальное рыхление по сравнению с горизонтальным обеспечивает прибавку урожая пшеницы до 8,5 ц/га [1].

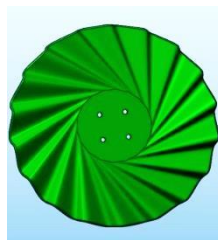
Таким образом, обработкой необходимо поддерживать структуру почвы, близкую к оптимальной. Одним из методов, оказывающих положительное влияние на рост эффективного плодородия почв и их структуры, а также на снижение затрат и повышение урожайности является использование безотвальных способов обработки почвы глубокорыхлителями.

Глубокорыхлители предназначены для рыхления почвы по отвальным и безотвальным фонам с углублением пахотного горизонта до 30–60 см. Глубокое рыхление используют в безотвальной технологии взамен зяблевой и весенней вспашки, а также на склоновых землях, на тяжелых и заплывающих почвах.

Особенно эффективно глубокое рыхление на склоновых землях. По данным исследований [2], глубокое осеннее рыхление-щелевание почвы поперек склона увеличивало накопление до 30–40 мм продуктивной влаги в метровом слое, способствовало более глубокому развитию корневой системы растений, снижению эрозии и повышению урожая зерновых до 3–4 ц/га.

Таким образом, объемное рыхление на глубину 30–60 см в севообороте может обеспечить:

- хорошую аэрацию и инфильтрацию дождевых и талых вод, пропуск в нижележащие слои почвы большого количества воздуха и влаги;
- разрушение плужной подошвы, снижение твердости и плотности почвы;
- усиление полезных для земледелия микробиологических процессов, повышение содержания гумуса и жизнедеятельности почвенной микрофлоры;
- предотвращение эрозионных процессов на склоновых почвах;
- хорошее развитие корневой системы и повышение урожайности на 12–18 %;
- сокращение числа технологических операций и экономию ГСМ на 20–30 %.



*Рисунок 21 – Волнистый диск (турбо-колтер) для вертикального рыхления почвы*

Ввиду эффективности операции глубокого рыхления почвы всеми ведущими фирмами по производству сельскохозяйственной техники для обработки почвы созданы различной конструкции глубокорыхлители.



Рисунок 22 – Глубокорыхлитель Delta-New фирмы «Hatzenbichler» (Австрия)

Так, Австрийская фирма «Hatzenbichler» освоила производство глубокорыхлителей модели Delta шириной захвата 2; 2,5 и 3,0 м с одним рядом лап и Delta-New шириной захвата 4, 5, 6 и 8 м с двумя рядами лап в навесном и прицепном исполнении (рисунок 22).

Потребная мощность трактора при использовании агрегатов Delta – 90–200 л.с., Delna-New – 230–550 л.с.

Орудия оснащаются долотообразными наральниками для щелевания или наральниками для отрыва и подъема пласта. Для дополнительного крошения верхнего слоя почвы, выравнивания поверхности поля и равномерного распределения растительных остатков орудие комплектуется катками, зубовыми боронами или турбодисками. В зависимости от назначения глубокорыхлитель может оснащаться как одним, так и двумя рядами рыхлительных лап. Глубина обработки 1 ряда лап – до 60 см, 2 рядов – до 35 см [3].

Глубокорыхлители модели SSD-R фирмы «Quivogne» (Франция) шириной захвата 2,5; 3; 4,5 м к тракторам мощностью соответственно 150–200, 180–250, 280–350 и 370–450 л.с. обеспечивают глубину рыхления до 70 см (рисунок 23).



Рисунок 23 – Глубокорыхлитель фирмы «Quivogne» (Франция)

Глубокорыхлитель оснащен стойками с рыхлительными рабочими органами, которые состоят из быстроменяемых реверсивных наконечников и регулируемых боковых крыльев для еще более тонкого измельчения почвы. Для одновременного измельчения и перемешивания верхнего

слоя агрегат оснащен двухвальцовыми шпоровыми катками [4].

Глубокорыхлитель двухбалочный полунавесной Helios SP фирмы «Gregoire-Besson» (Франция) (рисунок 24) для тракторов высокой мощности (250–450 л.с.) оборудуется лапами «Мишель» 600 и «Мишель» 900, которые представляют собой изогнутые стойки с закрепленными под наклоном долотами, что позволяет использовать их без риска образования плужной подошвы. Глубокорыхлители оснащаются прутковыми катками или волнистыми и сферическими дисками [5].



*Рисунок 24 – Глубокорыхлитель фирмы «Gregoire-Besson» (Франция)*

Глубокорыхлители моделей SS 1300, SS 1700, SS 1800 и SS 2000 фирмы «Great Plains» (США) (рисунок 25) оборудуются стойками с рыхлительными лапами, турбодисками, идущими перед каждой стойкой, и трубчатыми катками. Глубина обработки – до 50 см. Требуемая мощность трактора – от 50 л.с. на каждую лапу [6].



*Рисунок 25 – Глубокорыхлители моделей SS фирмы «Great Plains» (США)*

Глубокорыхлители Combi-Digger фирмы «Rabe» (Германия) (рисунок 26) шириной захвата 3, 4, 5 и 6 м оборудованы 4, 8, 10 и 12 стойками и оригинальными изогнутыми лапами для объемного рыхления на глубину 20–50 см. Агрегаты могут работать в сочетании со сферическими дисками и катками [7].



*Рисунок 26 – Глубоко-рыхлитель Combi-Digger фирмы «Rabe» (Германия)*

В 70-80-х годах Белорусскими НИИ был разработан комплекс агро-мелиоративных приемов улучшения и поддержания в оптимальном состоянии водно-воздушного режима тяжелых переувлажняемых почв. Для выполнения этих приемов промышленностью выпускалась необходимая специальная техника: вырезные корпуса плугов или корпуса с почвоуглубителями, планировщики П-2,8 и П-4, чизельные плуги ПЧ-2,5 и ПЧ-3,5, рыхлители-щелеватели РЩ-2,5, универсальные рыхлители РУ-45А, глубокорыхлители РУ-65 и рыхлители-кротователи РК-1,3, бороздоделы БН-3000.

Брестский электромеханический завод выпускает глубокорыхлитель ГР-70 (рисунок 27) шириной захвата  $4,3 \pm 0,2$  м, который имеет 5 стоек с рыхлительными лапами. Потребная мощность – от 50 л.с. на одну лапу [8].



*Рисунок 27 – Глубоко-рыхлитель ГР-70 производства ОАО «Брестский электромеханический завод»*

Главные положительные стороны работы представленных конструкций глубокорыхлителей, выявленные в результате их анализа, следующие:

- они обеспечивают глубину рыхления до 40–70 см, таким образом устраняется зона уплотнения почвы под ходовыми колесами тракторов и другой тяжелой техники;
- разрыхляют плужную подошву и другие уплотненные слои почвы;
- сменные рыхлительные лапы и присоединяемые к агрегатам секции сферических, волнистых или других дисков, катков, высевных си-

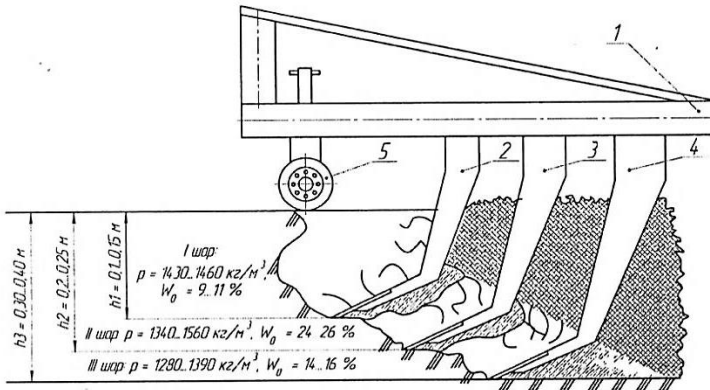


стем повышают их функциональность и экономическую эффективность использования.

В качестве главных недостатков конструкций глубокорыхлителей можно отметить следующие:

- ◆ большинство конструкций выполняют рыхление почвы на одном уровне, что не обеспечивает требуемого качества;
- ◆ глубокое однослойное рыхление наиболее энергоемкое, требует тяговой мощности 50 л.с. и более на одну стойку с лапой.

Исследования, выполненные в Институте масличных культур Национальной академии аграрных наук Украины [9], показали, что послойная деблокированная глубокая обработка почвы значительно эффективнее однослойной (рисунок 28). По данным исследований, послойное рыхление экспериментальным глубокорыхлителем ЯГР-2 (8 рабочих органов, ширина захвата 2,0 м) по сравнению с однослойным рыхлением плугом чизельным ПЧ-2,5 (5 рабочих органов, ширина захвата 2,5 м) повышало качество рыхления (коэффициент качества) на 40 % и снижало тяговое сопротивление агрегата на 20 %.



1 – жесткая рама; 2, 3, 4 – рабочие органы; 5 – опорные колеса

**Рисунок 28 – Конструктивно-технологическая схема глубокорыхлителя для послойной деблокированной обработки**

Недостатками последней конструкции экспериментального образца глубокорыхлителя ЯГР-2 является то, что для получения качественного рыхления требуется большее количество стоек с лапами на агрегате, а это снижает надежность технологического процесса, особенно на агрофонах с повышенным содержанием растительных остатков.

Для устранения данного недостатка предлагается более рациональная конструктивная схема глубокорыхлителей для послойного рыхления почвы (рисунок 29).

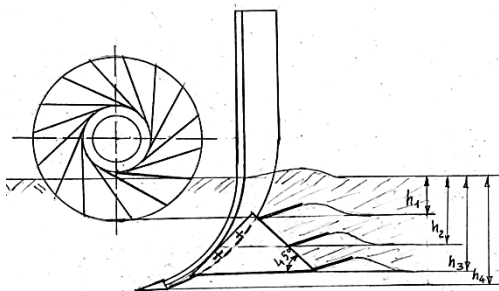


Рисунок 29 – Конструктивно-технологическая схема глубокорыхлителя для последовательно-послойного рыхления почвы

Предлагаемая схема также обеспечивает последовательно-послойное рыхление почвы. Однако она отличается тем, что все рыхлительные лапы для рыхления по одной линии на заданную глубину расположены на одной стойке. Так, например, для рыхления на глубину до 30 см лапы 1-го слоя расположены на глубине  $h_1 - 15$  см, 2-го слоя –  $h_2 - 25$  см и 3-го слоя –  $h_3 - 30$  см. Для рыхления почвы на глубину 40 см или 50 см лапы располагаются соответственно:  $h_1 - 15$  см,  $h_2 - 25$  см,  $h_3 - 35$  см,  $h_4 - 40$  см и  $h_1 - 15$  см,  $h_2 - 25$  см,  $h_3 - 35$  см,  $h_4 - 45$  см,  $h_5 - 50$  см.

При этом лапы расположены в продольном направлении последовательно так, что лапа второго слоя вступает в работу после завершения подъема верхнего слоя почвы лапой первого слоя.

Второй особенностью схемы является то, что впереди каждой стойки расположен волнистый диск, который разрезает растительные остатки и почву на глубину до 15 см, что улучшает работу ножевидной стойки и снижает тяговое сопротивление. Кроме того, для снижения тягового сопротивления стойка выполнена по радиусу вогнутой вперед с ножевидной заточкой. Завершается стойка внизу рыхлительным наконечником шириной 5–7 см, идущим на 5 см глубже последней лапы рыхлителя.

Третьей особенностью конструктивной схемы глубокорыхлителя является то, что лапы расположены на специальной съемной плите, которая крепится к стойке. Для использования глубокорыхлителя на разной глубине присоединяется к стойке плита с соответствующим набором рыхлительных лап.

Таким образом, для решения проблемы глубокого рыхления почв Беларуси необходимо разработать новый универсальный глубокорыхлитель в соответствии с обоснованной конструктивной схемой.

### Выводы

1. Для снижения переуплотнения почвы, особенно в весенний период, необходимо выполнять ряд организационных мероприятий, связанных со сроками проведения обработки почвы и с подготовкой агрегатов.

2. Для изучения эффективности вертикального рыхления почвы волнистыми дисками РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского

хозяйства» совместно с РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию» необходимо разработать совместную программу научно-исследовательских работ и провести полевые опыты в течение не менее 3 лет.

3. Одним из путей устранения плужной подошвы при основной обработке почвы является применение безотвальных обработок почвы глубокорыхлителями. При этом наибольший интерес представляют глубокорыхлители послойного рыхления.

4. Обоснована конструктивно-технологическая схема глубокорыхлителя для последовательно-послойного рыхления почвы, обеспечивающая требуемые показатели качества рыхления почвы и надежность технологического процесса даже на агрофонах с повышенным содержанием растительных остатков.

11.08.2014

### Литература

1. Лепешкин, Н.Д. Об использовании машин для вертикальной обработки почвы в условиях Республики Беларусь / Н.Д. Лепешкин, В.В.Мижурин, А.А. Зенов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2013. – Вып. 47. – Т. 1. – С. 37–43.
2. Турусов, В.И. Приемы обработки почвы в условиях засухи / В.И. Турусов, И.П. Корнилов, М.И. Сальников; ГНУ Воронежский НИИСХ Россельхозакадемии. – 2006. –12 с.
3. Фирма «Hatzenbichler» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.hatzenbichler.ru/tech/4/892/>. – Дата доступа: 27.07.2014.
4. Фирма «Quivogne» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.quivogne.at/ru/archive/products/glubokoryihliteli-ssd-r/>. – Дата доступа: 27.07.2014.
5. Фирма «Gregoire-Besson» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.gregoire-besson.com/ru/helios-p-helios-r-helios-sp>. – Дата доступа: 27.07.2014.
6. Фирма «Great Plains» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.greatplainsint.ru/ru/products/709/%D0%B3%D0%BB%D1%83%D0%B1%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D1%80%D1%8B%D1%85%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C>. – Дата доступа: 27.07.2014.
7. Фирма «Rabe» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rabe.gregoire-besson.com/de/stoppelbearbeitung-tiefenlockerer-untergrundlockerer-combi-digger>. – Дата доступа: 27.07.2014.
8. ОАО «Брестский электромеханический завод» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bemzbrest.by/ru/katalog/selskoxozajstvennaya-tekhnika/157-glubokoryihlitel-gr-70.html>. – Дата доступа: 27.07.2014.
9. Лабатюк, Ю.М. Обоснование конструктивно-технологической схемы и параметров ярусного глубокорыхлителя для условий орошаемого земледелия: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ю.М. Лабатюк. – Винница, 2014. – 27 с.