

мышленности СССР; М.: Стандартиформ, 1986. – 7 с.

8. Разработка предложений по корректировке вязкости гидравлического масла марки А в гидросистеме автосамосвалов БелАЗ-7547 для определенных условий эксплуатации: отчет о НИР (заключ.) / рук. С. В. Горюнов; исполн.: А. И. Боровских, А. В. Кузнецов, А. В. Шальков. – Прокопьевск, 2012. – 10 с.

Анализ проблемы уплотнения почвы тракторами и сельскохозяйственными машинами и поиск путей её решения

Лавлинский А.М.

Университет машиностроения

a.lavlinskii@gmail.com

Аннотация. Рассматривается вопрос уплотнения почвы при ее обработке. Приведены основные негативные последствия уплотнения почвы. Рассматриваются существующие и потенциальные технические решения в тракторостроении по снижению отрицательных факторов рассматриваемой проблемы.

Ключевые слова: трактор, центр давления, опорная поверхность, уплотнение почвы, перераспределение веса, навесное устройство, сельскохозяйственное орудие, тягово-сцепные свойства.

В настоящее время можно выделить следующие основные проблемы земледелия:

- разрушение структуры и уплотнение почвы;
- водная и ветровая эрозия почв;
- потеря гумуса;
- разрушение почвенных экосистем.

Уплотнение почвы – это увеличение объемной плотности почвы, характеризующееся снижением ее урожайности и качества. Если рассматривать упрощенно, почва состоит из твердых минералов, органических частиц и пор. При уплотнении размер пор уменьшается, что ведет к уменьшению воздуха и влаги в почве, негативно влияющее на прорастание семян, появление всходов, рост корневой системы, потребление питательных веществ и все остальные фазы роста сельскохозяйственной культуры [1].

Поэтому в настоящее время уделяется много внимания по созданию различных конструктивных решений, позволяющих снизить уплотняющее воздействие трактора (колесного или гусеничного) на почву при агрегатировании его с сельскохозяйственными орудиями.

Для этого необходимо проанализировать уровень техники и технологии обработки почвы, предлагаемые планируемые и проектируемые способы решения проблемы уплотнения почвы.

Выделяют несколько факторов, вызывающих уплотнение почвы:

- в регионах с лёссовыми почвами дождь создает твердую корку на поверхности почвы;
- пахота и дискование создают уплотненный слой почвы толщиной 3-5 см чуть ниже глубины обработки, который устраняется периодической обработкой плугами и культиваторами на глубину, превышающую обычную обработку;
- необходимо избегать минимального севооборота, так как корневые системы разных культур помогают снизить уплотнение подпочвы;
- воздействие тракторов и комбайнов вызывает глубокое уплотнение, особенно когда работы начинаются весной, когда почва недостаточно суха, чтобы выдержать вес техники.

Уплотнение почвы имеет свои плюсы и минусы. С одной стороны, умеренное уплотнение ускоряет скорость появления ростков, обеспечивая хороший контакт между почвой и семенами, и уменьшает потери воды из-за испарения, тем самым, защищая почву вокруг семян от высыхания. Исследования, проведенные в Северной Америке и Европе, показывают (рисунок 1), что в засушливые годы на почвах с очень низкой сыпучей плотностью урожай постепенной возрастал с увеличением уплотнения, достигая своего пика с оптимальным

уплотнением для каждого вида почвы, культуры и климатических условий [2]. В то же время при сырой погоде урожай уменьшался с увеличением уплотнения [2].



Рисунок 1. Зависимость урожая зерновых от уплотнения почвы в сухой и влажный периоды

С другой стороны, сильное уплотнение задерживает рост корневой системы, ограничивает способность потреблять воду и питательные вещества. Исследования показали, что в неуплотненной почве корни занимали гораздо больший объем [3, 4].

Исследования американских специалистов доказали снижение урожая хлебов на 8...13 % из-за уплотнения почвы. Эксперименты, проведенные во многих странах, в том числе и СССР, с использованием колёсных тракторов, которые оказывали давление 196 кПа на пылевато-илловатом суглинке, показали снижение урожайности картофеля более чем на 50% [5].

Помимо этого, уплотнение почвы уменьшает популяции грибов, бактерий и нематод. Из-за меньшего размера пор влага дольше задерживается в почве, что заставляет некоторые организмы потреблять азот вместо кислорода, что усиливает денитрификацию. В результате, использование азота становится менее эффективным и требует дополнительного его внесения для сохранения объемов урожая [3]. Разложение органических веществ идет медленнее в уплотненной почве [6].

Проблема уплотнения почвы в большей мере связана с работой тракторов и сельскохозяйственных машин. Это самый сильный фактор, вызывающий уплотнение. С развитием сельского хозяйства, увеличением площади обрабатываемых земель, появилась необходимость в увеличении мощности тракторов, способных работать с широкозахватными орудиями, а также работать в сцепке с несколькими орудиями для выполнения нескольких операций за один проезд по полю. Так, например, средняя масса тракторов в США за период с 1950 по 1998 гг. выросла с 2,7 т до 7 т (рисунок 2) [3].

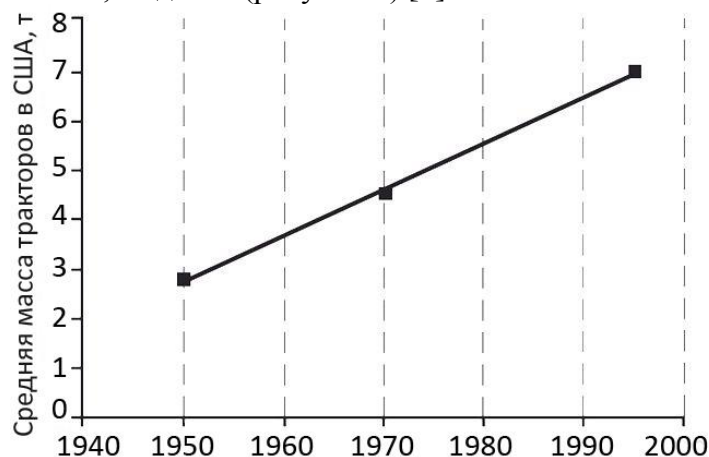


Рисунок 2. Средняя масса тракторов в США по годам

Рассматривая статистику по отечественным сельскохозяйственным тракторам, средняя масса гусеничных тракторов за период 1920 - 2010 гг. составила 8 т (рисунок 3), колесных тракторов за период 1955 – 1995 гг. составила 6,2 т (рисунок 4). Масса современных тракторов компании New Holland составляет от 5 т до 22 т, компании Case – от 4 т до 29 т, Fendt – от 12 т до 18 т, Massey-Ferguson – от 4,2 т до 16 т. Из мировой истории видно, что тракторы становятся мощнее и тяжелее. Это приводит к уплотнению и переуплотнению почвы.

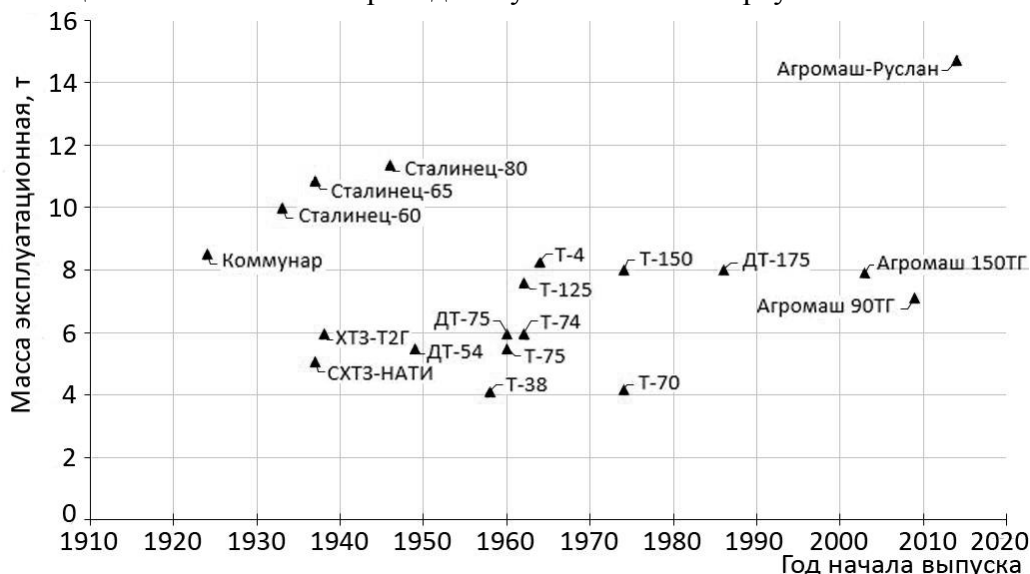


Рисунок 3. Эксплуатационные массы отечественных гусеничных тракторов по годам начала выпуска

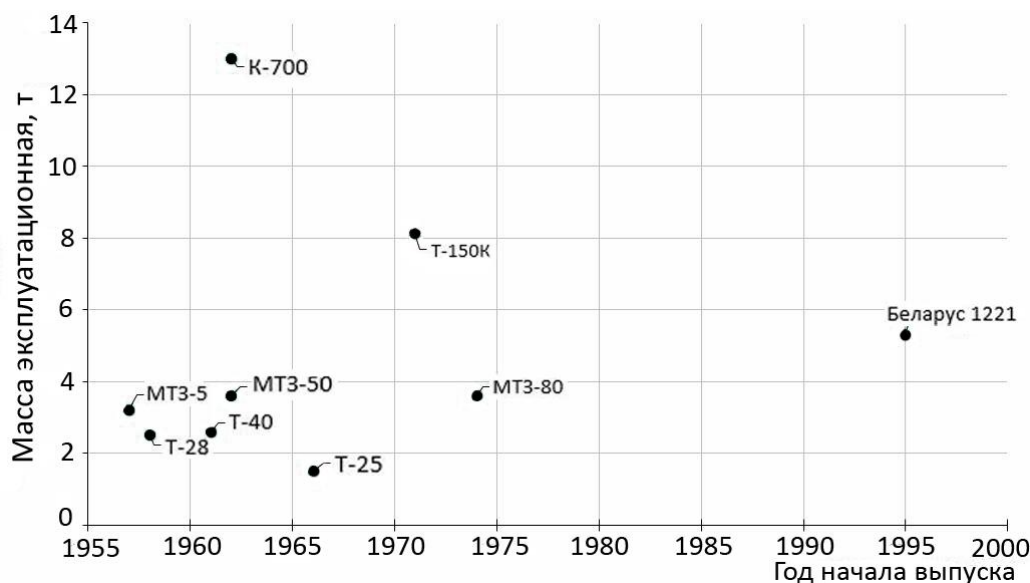


Рисунок 4. Эксплуатационные массы отечественных колёсных тракторов по годам начала выпуска

Решать проблему уплотнения почвы необходимо, избегая воздействий, приводящих к негативным последствиям, или уменьшая степень влияния факторов.

Стандартизация размеров колеи сельскохозяйственных машин и тракторов совместно с регулируемым движением по полю позволяют одновременно использовать различные сельскохозяйственные агрегаты для сокращения количества проездов и установить минимальное постоянное число колеи, по которым они будут осуществляться [2]. Недостатком данного способа является настройка ширины колеи на всех машинах, что не всегда может быть осуществлено.

Рыхление подпочвы безотвальными плугами также дает положительный эффект. Однако такая обработка может навредить при достаточно сырой почве [2].

Увеличение органических веществ в почве за счет пожнивных остатков, выращивания защитных культур, использования компоста и навоза увеличит биологическую активность, что позволит почве лучше сопротивляться уплотнению [3].

Таким образом, к решению проблемы уплотнения можно подойти двумя путями: со стороны улучшения технологий в сельском хозяйстве и со стороны улучшения конструкции сельскохозяйственной техники.

Как гусеницы, так и накаченные должным образом шины влияют одинаково на поверхностное уплотнение. Тракторы с массой менее 10 т на ось создают уплотнение в верхних 15-20 см почвы, что может быть сглажено пахотой. Но тяжелые тракторы, комбайны и зерноуборочные комбайны весят значительно больше и, не смотря на тип движителя, могут создавать уплотнение глубиной до одного метра.

В целом, контактное давление определяет в основном уплотнение пахотного слоя, в то время как нагрузка на ось определяет уплотнение подпочвы. Исследования показали, что тракторы как колесные, так и гусеничные создают уплотнение в верхних до 20 см слоях почвы, и ниже этой глубины уплотнение было незначительным. Но принимая во внимание тот факт, что глубина уплотнения есть результат общей нагрузки на ось, роль контактного давления второстепенна. Следовательно, тяжелые комбайны и тракторы, чья масса достигает 15-22 т, создают глубокое уплотнение подпочвы вне зависимости от типа движителя [2, 7].

Значит, снизить уплотняющее воздействие можно за счет более равномерного распределения веса машины по осям (в случае колесного трактора) или по опорной поверхности (в случае гусеничного трактора).

Рассмотрим устройства и способы, позволяющие перераспределить вес трактора. К таким устройствам относятся механический догрузатель ведущих колес (ДВК) и гидравлический ДВК, именуемый также гидравлическим увеличителем сцепного веса (ГСВ). Механическим ДВК оснащаются, в основном, колесные тракторы с колесной формулой 4×2 из-за неудовлетворительных сцепных свойств ходовой системы при выполнении тяговых операций с максимальным усилием на крюке [8]. Механический ДВК увеличивает нормальную реакцию почвы на задние (ведущие) колеса трактора, за счет чего сцепные свойства возрастают. Однако при этом нормальная реакция почвы на передние колеса уменьшается, что негативно сказывается на управляемости, и ведет к увеличению уплотнения почвы под задними колесами. Гидравлический ДВК или гидравлический увеличитель сцепного веса (ГСВ) перераспределяет вес на заднюю часть трактора при работе основного гидроцилиндра, который действует в сторону подъема орудия. При этом также происходит перераспределение массы трактора между осями, что ведет к увеличению уплотнения почвы под задней частью трактора.

Также, в настоящее время, для улучшения тягово-сцепных свойств и снижения давления колесных тракторов на грунт применяют сдвигание и страивание колес [8].

На тракторах с колесной формулой 4×4 для улучшения тягово-сцепных свойств передних ведущих колес применяют балластирование передней оси трактора [8]. В зависимости от класса трактора требуется различный вес балластных грузов, общая масса которых может достигать 5 т. Масса трактора увеличивается на 5 т, что ведет к увеличению уплотнения почвы.

Известны устройства повышения тягово-сцепных свойств трактора при выполнении сельскохозяйственных операций, которые нагружают переднюю ось трактора в необходимом количестве в зависимости от нагрузки на переднюю ось [9, 10]. В первом случае перемещается балласт, а во втором случае сама передняя ось может перемещаться вдоль продольной оси трактора, меняя развесовку по осям, что косвенным образом снижает уплотняющее воздействие на почву.

Другие технические решения, например [11, 12], представляют собой устройства для более равномерного распределения нагрузки по осям буксирующего транспортного средства при буксировании им прицепа или других машин.

В одном из патентов [13] рассматривается устройство для улучшения тягово-сцепных

показателей машинно-тракторного агрегата с навесным почвообрабатывающим орудием с помощью механизма, который позволяет управлять изменением момента сил, действующих на трактор, и перераспределять нагрузки по опорной поверхности трактора. Данное устройство улучшает тягово-сцепные свойства гусеничного трактора через равномерное распределение давления на опорную поверхность, а для колесного трактора с неполным приводом ведущих колес улучшение свойств рассматривается через догрузку задних ведущих колес. Перенос веса на задние ведущие колеса негативно сказывается на физических свойствах почвы. Поэтому с точки зрения уплотнения почвы данный способ дает положительный эффект только на гусеничных тракторах и колесных тракторах с полным приводом ведущих колес.

Как видно из сказанного выше, проблема уплотнения почвы носит сложный и разно-сторонний характер. Она является актуальной проблемой на сегодняшний день, поскольку последствия сказываются на качестве и количестве каждого следующего урожая, на качество продукции. Анализируя указанные и другие технические решения можно сделать вывод, что одним из перспективных решений проблемы уплотнения почвы является уменьшение давления на грунт путем перераспределения моментов, действующих во время работы машинно-тракторного агрегата с любым типом движителя, так как, во-первых, балластирование передней оси увеличивает массу трактора, во-вторых, необходимость балластирования отпадает из-за перераспределения веса.

Таким образом, одним из направлений повышения тягово-сцепных свойств движителя трактора и снижения уплотнения почвы является разработка специального устройства, позволяющего использовать силы и моменты, возникающие при обработке почвы и действующие на машинно-тракторный агрегат, для перераспределения его веса.

Следует отметить, что при перераспределении веса необходимо обращать внимание на буксование движителя, которое определяется максимальным значением на определенном почвенном фоне в соответствии с ГОСТ. Также при расчете распределения веса необходимо выбрать такую схему, при которой тяговый КПД трактора будет максимальным.

Литература

1. Donald R. Daum. Soil compaction and conservation Tillage [Электронный ресурс]. – Penn State College of Agricultural Sciences, 2015. – URL: <http://extension.psu.edu/plants/crops/soil-management/conservation-tillage/soil-compaction-and-conservation-tillage> (дата обращения: 02.06.2015 г.).
2. J. DeJong-Hughes [et al.]. Soil compaction: causes, effects and control [Электронный ресурс]. – University of Minnesota, 2001. – WW-03115. – URL: <http://www.extension.umn.edu/agriculture/tillage/soil-compaction/> (дата обращения: 11.06.2015 г.).
3. Скуратович А. Не давите, мужики! Не давите! = Обзор: как выращивать растения и не утаптывать почву [Электронный ресурс]. – 2010. – URL: <http://www.trizland.ru/trizba/pdf-articles/triz-prof2/012.pdf> (дата обращения: 13.06.2015 г.).
4. Sjoerd W. Duiker. Effects of soil compaction [Электронный ресурс]. – Penn State College of Agricultural Sciences, 2004. – URL: <http://extension.psu.edu/plants/crops/soil-management/soil-compaction/effects-of-soil-compaction> (дата обращения: 17.06.2015 г.).
5. B. Majnounian and M. Jourgholami. Effects of rubber-tired cable skidder on soil compaction in Hyrcanian Forest [Электронный ресурс]. – Croatian Journal of Forest Engineering 34 (2013) 1. – С. 123–135. – URL: http://www.crojfe.com/r/i/majnounian_123-135.pdf (дата обращения: 23.01.2015 г.).
6. Soybean root morphology in soils with and without tillage pans in the lower Mississippi River valley/ Adapted from Keisling, T. C., J. T. Batchelor and O. A. Porter. – Journal of Plant Nutrition 18, 1995. – С. 373–384.
7. Biris Sorin-Stefan, Vladut Valentin. Use of Finite Element Method to Determine the Influence of Land Vehicles Traffic on Artificial Soil Compaction [Электронный ресурс]. – 2012 // Prof. Ismail Md. Mofizur Rahman (Ed.). Water Stress. – InTech. – ISBN 978-953-307-963-9: URL:

- <http://www.intechopen.com/books/water-stress/use-of-finiteelement-method-to-determine-the-influence-of-land-vehicles-traffic-on-artificial-soil> (дата обращения: 23.01.2015 г.).
8. Шарипов В.М., Арустамов Л.Х., Городецкий К.И и др. Тракторы. Конструкция/ Под общ. ред. В.М. Шарипова. – М.: Машиностроение, 2012. – 790 с.
 9. Трактор [Текст]: пат. RU 2340504 С1, МПК: В62D 49/08, А01В 49/00 Гребнев В. П., Панин В. И., Ворохобин А. В., Токмаков Д. А., патентообладатель: Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Воронежский государственный аграрный университет имени К.Д. Глинки" (ФГОУ ВПО ВГАУ им. К.Д. Глинки). - № 2007119687/11, заявл. 28.05.2007; опубли. 10.12. 2008.
 10. Сельскохозяйственный колесный трактор [Текст]: пат. RU 2162625 С2, МПК: 7А01В 63/11, В62D 63/02 Ксенович И. П., Флеер Д. Е., патентообладатель: Ксенович Иван Павлович. - № 99103847/13, заявл. 17.02.1999; опубли. 10.02.2001, Бюл. № 4.
 11. Improvements in and relating to load transfer member [Текст]: пат. WO 2014/200360 А1, МПК: А01 В63/11, А01 В61/02, В60D 1/14, В60D 1/24, Kalvin Jit Singh. - № PCT/NZ2014/000109, заявл. 09.06.2014 г., опубли. 18.12.2014, Art. 21(3).
 12. Apparatus for transferring load [Текст]: пат. US 2012/0205893 А1, МПК: В60D 1/24, В60D 1/44, В60D 1/14, Kalvin Jit Singh. - № PCT/NZ2010/000167, заявл. 26.08.2010 г., опубли. 16.08.2012.
 13. Способ улучшения тягово-сцепных показателей машинно-тракторного агрегата с навесным почвообрабатывающим орудием [Текст]: пат. RU 2485743 С1, МПК: А01В 63/00 Шарипов В.М., Городецкий К.И., патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)". - № 2011153567/13, заявл. 28.12.2011, опубли. 27.06.2013.

Оптимальное управление техническим риском при проектировании гидропривода грузоподъемных машин

д.т.н. проф. Лагерева А.В., Лагерева Е.А.
Брянский государственный университет им. акад. И.Г.Петровского
8 (4832) 64-81-17, bsu-avl@yandex.ru

Аннотация. Сформулирована и решена задача условной нелинейной технико-экономической оптимизации обеспечения допустимого технического риска при эксплуатации гидропривода грузоподъемных машин на основе оптимального выбора на этапе проектирования необходимого уровня надежности отдельных гидроустройств.

Ключевые слова: риск, управление риском, оптимизация, гидропривод, машина грузоподъемная, гидроустройство, стоимость, вероятность

Фундаментальные и прикладные аспекты проблемы активного управления различными видами риска, проявляющегося в различных сферах производственной деятельности человека, занимают значительное место в современных научных исследованиях [1, 2]. Важное значение имеет риск-анализ работы подъемно-транспортной техники и как элемента сложных транспортно-технологических и погрузочно-разгрузочных систем, и как самостоятельных единиц оборудования в рамках функционирования опасных производственных объектов. К настоящему времени выполнено значительное число исследований в области риск-анализа и управления риском применительно к грузоподъемным машинам, касающихся широкого спектра вопросов их работы в целом и работы основных металлоконструкций, механизмов и систем, в частности [3–5].

Одним из возможных путей повышения безопасности и экономичности при работе грузоподъемных машин является увеличение показателей технического риска гидроприводов их механизмов движения. На этапе проектирования такое управление величиной риска в опре-