потенциальные проблемы и снижать риски, связанные с поломкой и простоем техники, а также уменьшить расходы на ремонт.

1. Гидравлические системы современных лесных машин. Объемные гидромашины [Электронный ресурс]: учебное электронное пособие для студентов вузов, обучающихся по инженерным специальностям / С. В. Беляев, С. Н. Перский ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования Петрозаводский гос. ун-т. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2016. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см. – (18.04.2021).
2. Программа S.O.S. для анализа масла [Электронный ресурс]. – URL: https://www.zeppelin.ru/services/integrated_solutions/sos/ (Дата обращения: 25.04.2021).
3. Селиверстов А.А. Экспресс-контроль масла экскаватора-погрузчика John Deere 325J [Электронный ресурс] / А.А. Селиверстов, С.Н. Перский // «Тенденции развития науки и образования». – Самара, 2021. – №72. Часть 1. – С.164-168. – URL: https://doicod.ru/doifile/lj/72/lj04.2021_p1.pdf. (Дата обращения: 29.04.2021).

Тойгамбаев С.К., Гамидов А.Г.

Дистанционно- электронное наблюдение работы машинотракторных агрегатов

*Российский государственный аграрный университет МСХА им. К.А. Тимирязева
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/lj-05-2021-73

Аннотация

В статье приведены результаты исследования по электронной слежке за работой различных машино – тракторных агрегатов, представлены расчеты и выводы по позициям, даны рекомендации использования системы, отмечены перспективы использования аналогичных систем.

Ключевые слова: машина; трактор; топливо; осто; агрегат.

Abstract

The article presents the results of research on electronic surveillance of the operation of various machine and tractor units, presents calculations and conclusions on the positions, gives recommendations for using the system, and notes the prospects for using similar systems.

Key words: machine; tractor; fuel; skeleton; unit.

При работе МТА возникает два аспекта: Первый; - обеспечить *максималь-ную производительность*, а это уменьшает сроки подготовки почвы, посева, уборки и т.д..

Второй; обеспечить *минимальный расход топлива* на гектар, на тонну продукции. Эти два режима работы, обычно не совпадают.

- факторы, влияющие на производительность

$$W = B \cdot v \cdot \tau, = k P_{кр} \cdot v \cdot \tau = k N_{кр} \tau = k \cdot K_3 \cdot N_{ен} \cdot \eta_T \tau \quad (1)$$

где В – ширина захвата с.-х. машины; v – скорость движения МТА;

$\tau = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \dots \cdot \tau_n$ – общий поправочный коэффициент, учитывающий --

τ_1 - полноту захвата (ширины); τ_2 - недоиспользование скорости движения;

τ_3 - учет потерь времени на развороты; на разбивку загонок и т.д., включая время на естественные надобности (завтрак, обед и т.д);

$P_{кр}$ –тяговое сопротивление; η_T – тяговый КПД

— Учет ширины захвата особенно сказывается на работе широкозахватных агрегатов. Например, при скашивании зерновых с 8-ми метровой жаткой, тракторист плохо видит, как идет правый край жатки. Он вынужден выдерживать запас в 40...50 см, что составляет от 8 метров τ_1

= $(8 - 0,5)/8 = 0,937$, т.е. на каждом заходе мы теряем почти 6 % производительности. Также это относится к пахоте, дискованию и др. подобным видам работы.

Вывод: *желательно использовать ширину полностью.*

- Выбор максимально возможной скорости движения (выбор передачи) зависит от агротехнических требований (например, при междурядной обработке скорость ограничивается сохранением защитной зоны, а это зависит от точности ведения агрегата, рассадопосадочных видах работы – скорость минимальна, иначе нарушается процесс посадки).

Вывод: *обеспечить максимальную точность вождения агрегата.*

- Выбор максимальной скорости (выбор передачи) зависит также от характера колебаний нагрузки рабочих органов. Например, при пахоте неравномерность нагрузки на крюке при 4-х корпусном плуге достигает 30...40%, т.е. $\pm 20\%$ от среднего значения. Из-за этого мы вынуждены использовать двигатель так, чтобы иметь запас мощности двигателя 30...40%, т.е. коэффициент загрузки двигателя $K_z = M_k / M_{кн} = 0,6...0,7$. Если учесть, что в тракторных коробках передач переход с одной передачи на другую изменяет скорость и нагрузку на 12...15%, то мы вынуждены работать на 1...2 передачи ниже желаемой.

Вывод: *желательно уменьшить колебания нагрузки рабочих органов сельскохозяйственной машины.*

- Выбор рабочей скорости движения во многом зависит от процесса разгона. Чем больше рабочая скорость в конце разгона, тем больше требуется предварительное резервирование мощности двигателя на процесс разгона, тем меньше ее остается на основной процесс работы.

Вывод: *нужно автоматизировать процесс разгона.*

- Максимальная скорость во многом зависит от самочувствия тракториста. На практике, дисковать поле поперек борозд на максимальной 4-й передаче приводит минут через двадцать к чрезмерной и ускоренной усталости и внутренним болевым ощущениям тракториста. Для предотвращения таких последствий тракторист вынужден перейти на вторую, а потом и на 1-ю передачу.

Вывод: *нужно уменьшить колебания остова.*

2. Второй аспект – **работа с минимальным расходом** топлива на единицу работы (площади, тонну продукции). Расход на единицу площади:

$$Q_{пл} = G_T / W = G_T / k N_{кр} \tau = g / k \tau, \quad (2)$$

где $g_{кр} = G_T / N_{кр}$ – удельный крюковой расход топлива, а $g_{кр} = g_e / \eta_T = g_e / (\eta_{тр} \eta_f \eta_\delta)$, т.е. он зависит не только от режима экономичной работы двигателя g_e , но и от потерь в трансмиссии – $\eta_{тр}$, затрат энергии на сопротивление качению η_f и на буксование η_δ .

Вывод: *нужно обеспечить одновременно работу двигателя на экономичном режиме и с минимальными потерями энергии в тракторе, в основном на буксование.*

Вот теперь перейдем к электронике, точнее – электронным АСУ.

Исходя из вышеизложенного, для с-х машинотракторного агрегата необходимо обеспечить управление [1.2] (кроме двигателя, трансмиссии, торможения и др. задач, ранее рассмотренных для автомобиля):

1. автоматическим изменением скорости движения в зависимости от нагрузки;
2. регулированием силы тяги, снижение ее колебательного характера;
3. регулированием нагрузки на двигатель, максимально загрузить двигатель;
4. обеспечением полной ширины захвата с-х машиной (орудием);
5. автоматическим управлением блокировкой колес, мостов;

6. устойчивость прямолинейного движения, (копирование предыдущей борозды);
7. режимом работы МТА – либо на максимум производительности, либо на минимум затрат топлива;
8. в будущем, – как общий результат – автоматическое вождение агрегата.

1. *Автоматическое управление скоростью движения* определяется типом трансмиссии [1. 2]. Уже ранее шел разговор о трансмиссиях с внутренней автоматичностью (паровая машина, газовая турбина, гидромеханическая и гидростатическая, электрическая, механические бесступенчатые трансмиссии). Во вторых, есть трансмиссии двухпоточные – механическая + электрическая, механическая + гидростатическая. В автомобилях их называют гибридными. Основной поток энергии в них идет через механическую часть (коробку передач), а при перегрузках вступают в работу электромоторы или гидромоторы, добавляя свой момент, чем помогают трактору преодолеть возникшую перегрузку. АСУ включает или выключает, или вращает в обратном направлении один из элементов планетарного механизма, плавно меняет их частоту вращения, что обеспечивает бесступенчатость в определенных диапазонах при ступенчатой механической основной коробке передач.

2. *Регулирование силы тяги рабочих органов с-х машины (орудия).*

Для этой цели используют САРГ – Систему Автоматического Регулирования Глубины обработки почвы.

Существуют 4 способа регулирования глубины обработки почвы:

1. Высотный, 2. Позиционный; 3 Силовой; 4 Комбинированный.

Высотный способ. Глубина хода рабочего органа (плуга, культиватора и т.д.) за счет установки опорного колеса с-х. орудия поддерживается относительно поверхности почвы («по высоте», рис 1а). Поднимая или опуская опорное колесо, меняем высоту хода рабочего органа – глубину обработки. Полости силового цилиндра гидросистемы соединены – включено «Плавающее» положение.

Позиционный способ. Глубина обработки обеспечивается относительно корпуса трактора (позиции орудия) – орудие жестко соединено с трактором (рис.1 б; угол $\psi = \text{const}$). Опорного колеса нет, орудие «висит на подушке» масла в полости подъема гидроцилиндра – работа в положении «Нейтраль»

Рис 1. Способы регулирования глубины обработки

Силовой способ. Глубина хода регулируется в зависимости от сопротивления рабочих органов (рис.1,в) – сопротивление R большое, значит, глубина большая – орудие надо приподнять, сопротивление уменьшилось – глубина уменьшилась – орудие надо заглубить. Этим занимается автоматика.

Если в первых двух случаях сила сопротивления орудия имеет значительные колебания (см. графики), то при силовом способе колебания значительно меньше, можно перейти на высшую передачу (кривая 2), т.е. повысить скорость движения.

Комбинированный способ. Это комбинация 2-х, а то и трех вышеуказанных способов. Каждый из этих способов применяется в зависимости от вида обработки, консистенции почвы, глубины обработки, конструкции орудия

АСУ управляет гидросистемой, в основном, при силовом способе. Практически везде для управления гидросистемами сейчас применяют электронные АСУ разработки фирмы BOSCH [3]. Рассмотрим это на примере гидросистемы трактора МТЗ-1221.

1 система - **САРГ** – Система Автоматического Регулирования Глубины обработки почвы. Система предназначена для снижения колебаний сопротивления рабочих органов. Это позволяет перейти на одну, две передачи выше, т.е. повысить скорость движения, догрузку ведущих колес, а с ними и производительность на 20...30% больше по сравнению с высотным и позиционным способами. Система применяется при работе агрегата, в основном на старопахотных землях при работе трактора с плугами. Система, как и любые АСУ, состоит из источника энергии (ИЭ), органа управления (ОУ), исполнительного механизма (ИМ) и датчиков с обратной связью на орган управления. *Источником энергии* является гидронасос 4 (рис. 1), чаще всего небольшой производительности, работающий параллельно с основным насосом гидросистемы управления механизмом навески. *Орган управления* – золотниковый распределитель 5 с электромагнитными катушками (соленоидами) и электронным управлением и силовые цилиндры 1 и 12.

Датчики: силового регулирования – 13 палец в нижних тягах, работающий на изгиб; *позиционного регулирования* – 10 поворотный вал механизма навески, определяющий угол положения рычагов навески. Кроме них трактор оборудован датчиками частоты вращения ведущих колес 11 и датчиком скорости движения трактора, ультразвуковым радаром 6.

Все сигналы поступают в МПСУ 9 (сигналы – черные линии), после обработки команды идут к исполнительным механизмам (красные линии), в первую очередь – к гидрораспределителю 5. Управление работой механизма навески производится через пульт управления 7 (этот вид пульта при нейтральном положении золотников распределителя – горит красная лампочка). Справа показано положение 8 органов управления того же пульта при включенной гидросистеме – горит зеленая контрольная лампа.

Рис.1. Общая схема САРГ фирмы БОШ (трактора МТЗ-1222)

Обозначено: 1 передняя навеска; 2 – датчик давления; 3 – бак гидросистемы; 4 – гидронасос; 5 – Гидрораспределитель; 6 – радар; 7 – пульт управления (положение нейтраль) гидросистемы; 8 – пульт управления (включено); 9 – ЭБУ; 10 – датчик позиционного регулирования; 11 – датчик скорости колеса; 12 - гидроцилиндр задней навески; 13 = датчик силового регулирования.

Рис. 2 Датчик позиционного регулирования

1 – профильный диск; 2 – шарик; 3 – опора шарика; 4 – защитный чехол;
5 – корпус; 6 – катушки; 7 – ферромагнитный стержень; 8 – электронный модуль; 9 – штекерный разъем

Датчик позиционного регулирования (рис. 2) контактирует с профильным диском 1, закрепленном на поворотном валу механизма навески. При изменении положения (позиции) орудия относительно корпуса трактора меняется угол расположения нижних тяг, поворачивается поворотный вал, а с ним и профильный диск, который перемещает относительно катушек 6 опору 3 и толкатель, ферромагнитный стержень 7. Это приводит к изменению магнитного поля катушек 6 и возникновению ЭДС. МПСУ принимает, усиливает этот сигнал и дает команду: опустить или приподнять орудие. Таким образом, орудие висит на подушке масла в цилиндре на заданной высоте (глубине) [3. 4].

При силовом способе работает система силового регулирования.

Ее основа – датчик (рис. 3), который замеряет силу тяги $P_{кр}$. В бугелях 10 нижних тяг закреплен силоизмерительный палец 4. При действии на него силы тяги (например, сопротивление плуга) он изгибается. В результате этой деформации изменяется взаимное положение электромагнитных катушек 6. Это приводит к изменению магнитного поля, что вызывает ЭДС.

Это изменение передается в виде сигнала в микропроцессор, который дает команду –; гидрораспределителю либо слить масло из полости подъема (коррекция на опускание), или подать в гидроцилиндр добавочную порцию масла (коррекция на подъем). Орудие постоянно с допуском ± 1 см то выглубляется, то заглубляется.. Тем самым поддерживается сила тяги постоянной.

Рис. 3 . Датчик силового регулирования

1 – электрокабель; 2 – болт; 3 – крышка; 4 – силовой палец; 5 – электронный модуль; 6 – катушки; 8 – шаровая опора; 9 – опорная втулка; 10 – бугель нижней опоры тяги

Система может поддерживать смешанный режим (силовой + позиционный способ) регулирования глубины хода рабочих органов с.-х. орудия или машины. Техника настройки и управления этими режимами требует отдельного разговора.

Кроме этих систем типа САРГ, на тракторе имеются электронные системы дающие возможность работать с максимальной производительностью, или минимальным расходом топлива на гектар. Для определения этих режимов необходимо знать величину буксования ведущих колес. Система определения буксования очень похожа на систему АБС автомобиля. Датчик 11 (рис. 1) – зубчатка с магнитоиндукционным датчиком определяет скорость вращения ведущего колеса, радар – скорость трактора, процессор по этим сигналам определяет буксование $\delta = (v_k - v_{тр}) / v_k$. После этого МП дает сигнал водителю, что буксование не соответствует норме. После задающей команды водителя, процессор сам дает сигнал приподнять орудие (уменьшить силу тяги), либо опустить (увеличить силу сопротивления).

Кроме этого фирма BOSCH разработала электронную систему [3.4.], которая позволяет быстро успокоить колебания резко поднятого из земли тяжелого орудия, создавая навстречу его колебаниям повышение давление масла то в одной, то в другой полости силового гидроцилиндра (демпфирование колебаний поднятого орудия).

Вывод.

Данные и аналогичные автоматизированные системы позволяют проводить сельскохозяйственные работы не только с экономией топлива и наименьшими потерями других ресурсов, - но и производить обработку сельскохозяйственных земель с выдержанными заданными параметрами обработки. При этом экономится время затрачиваемое на определенную операцию, уменьшается усталость тракториста, повышается производи-тельность, эргономичность и экономичность самой машины. В масштабах даже среднего хозяйства эти показатели приносят весьма ощутимую экономию. На полях обработанных с использованием техники оборудованных такими или аналогичными электронными системами наблюдается повышенная и равномерная всхожесть засеянных сельскохозяйственных культур, что в свою очередь приводит к планомерному вызреванию всего поля.

1. Кутьков Г.М. Тракторы и автомобили - М; КолосС, 2004, 503 с.
2. Евграфов А.Н., Высоцкий М.С. Аэродинамика колесного транспорта. НИРУП «Белавтотракторостроение», 2001.
3. Тойгамбаев С.К. Повышение надежности изготовления резьбовых соединений./ Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горякина". 2013. № 3 (59). С. 45-46.
4. Тойгамбаев С.К. Совершенствование моечной машины./ Техника и технология. 2013. № 3. С. 15-18.
5. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Применение статико – динамического нагружения при холодной обкатке двигателей внутреннего сгорания./ Тенденции развития науки и образования. 2019. № 52-4. С. 45-54.
6. Тойгамбаев С.К. Разработка стендов для промывки форсунок двигателей и ремонта автомобильных электробензонасосов./ В сборнике: Социально экономическая модернизация – главный вектор развития страны. Сборник материалов I международной научно-практической конференции. 2012. С. 512-520.
7. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Исследования по оптимизации и эффективности использования машино-тракторного парка предприятия./ Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2016. № 5. с.28-33.
8. Тойгамбаев С.К. Математическое моделирование оптимизации парка машин и повышения надежности эксплуатации./ Аспирант и соискатель. 2015. № 5 (89). С. 102-106.