

Экспериментальные исследования самоходного картофелеуборочного комбайна, оснащенного системой управления процессом сепарации

Д-ра техн. наук В. И. СЛАВКИН (РГАЗУ), М. И. БЕЛОВ, канд-ты техн. наук К. А. КРАСНЯЩИХ (РГАУ — МСХА им. К. А. Тимирязева, cobalt700@mail.ru), В. Ю. ПРОНИН (МГУ им. Н. П. Огарева), инж. А. В. ЖУРАВЛЕВ (РГАЗУ)

Аннотация. Описаны устройство и принцип работы системы управления процессом сепарации (СУПС) самоходного картофелеуборочного комбайна КСК-4-1. Приведены результаты лабораторно-полевых и хозяйственных испытаний, а также результаты эксплуатационно-технологической оценки работы комбайнов с СУПС и без нее. В результате установлено, что оборудование картофелеуборочного комбайна СУПС повышает производительность на 6–8 %, улучшает качественные показатели технологического процесса, сокращает простои благодаря уменьшению забиваний и перегрузки рабочих органов, улучшает условия труда комбайнера.

Ключевые слова: самоходный картофелеуборочный комбайн, сепарирующие рабочие органы, подкапывающие рабочие органы, ботвоудаляющие рабочие органы, система управления процессом сепарации, потери, повреждения, чистота клубней в таре, эксплуатационно-технологическая оценка.

Experimental researches of a self-propelled potato harvester equipped with separation process control system

V. I. SLAVKIN (Russian State Agricultural Correspondence University), M. I. BELOV, K. A. KRASNYSCHIKH (Russian State Agrarian University — Moscow K. A. Timiryazev Agricultural Academy, cobalt700@mail.ru), V. Yu. PRONIN (N. P. Ogarev Mordovia State University), A. V. ZHURAVLEV (Russian State Agricultural Correspondence University)

Summary. The article describes the structure and operation principle of separation process control system for the KSK-4-1 self-propelled potato harvester. It presents the results of laboratory and field tests and farm ones, as well as the results of operational and technological evaluation of performance of the harvester with separation process control system and without it. As a result, it is found that installation of this system on potato harvester increases its productivity by 6–8 %, improves the quality parameters of the process, reduces downtimes by decreasing the clogging and overload of working organs, better the working conditions of operator.

Keywords: self-propelled potato harvester, separating working organs, digging working organs, haulm removing working organs, separation process control system, losses, damages, cleanliness of tubers in containers, operational and technological evaluation.

Качественные показатели работы картофелеуборочного комбайна и его производительность в значительной степени зависят от эффективности сепарирующих органов, работоспособность которых во многом определяется почвенно-климатическими условиями уборки. Поэтому для улучшения качественных показателей работы и увеличения производительности комбайнов необходимо обеспечить эффективное отделение почвы сепарирующими органами в различных почвенно-климатических условиях уборки картофеля.

В результате проведенных исследований [1, 2] установлено, что оптимальный режим работы сепарирующих органов самоходного картофелеуборочного комбайна КСК-4-1 при отклонениях подачи и различных изменениях состояния почвенных условий может быть обеспечен с помощью СУПС клубненоносной массы.

СУПС картофелеуборочного комбайна должна соответствовать следующим основным требованиям:

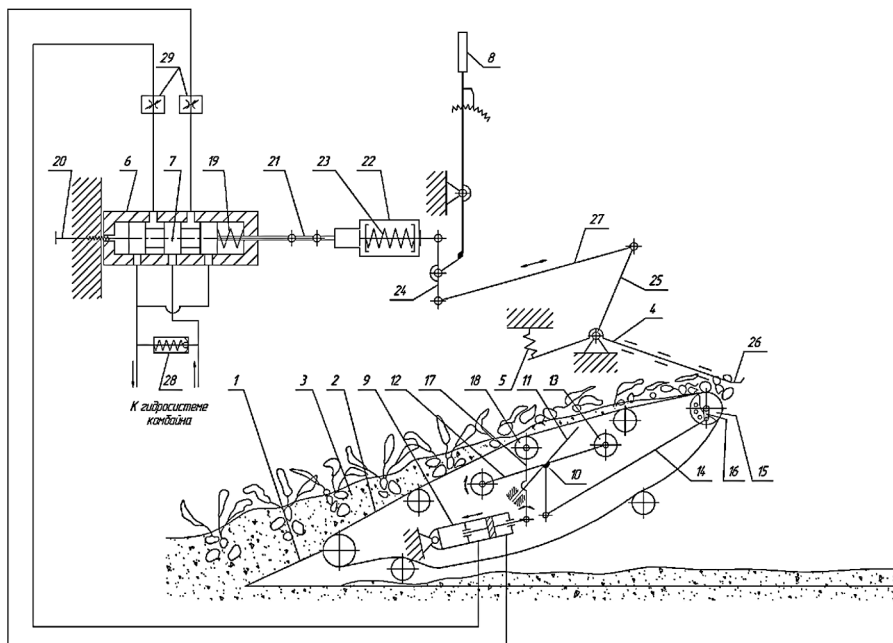
- простота конструкции и надежность в работе;
- возможность ручного управления;
- приемлемые динамические характеристики;
- удобство настройки управляемой величины;
- техническая реализации СУПС должна учитывать конструкционные особенности комбайна.

На основании вышеизложенного разработана гидромеханическая СУПС клубненоносной массы на сепарирующих органах самоходного картофелеуборочного комбайна КСК-4-1. Ее принципиальная схема приведена на рисунке.

СУПС [пат. РФ № 13667] состоит из измерительного элемента — датчика 4 толщины слоя клубненоносной массы, — установленного над первыми элеваторами 2, гидрозо-

лотника 6, плунжера 7, который через шарнирное звено 21 и компенсатор 22 связан с двуплечим рычагом 24, закрепленным шарнирно на механизме настройки 8. Двуплечий рычаг одним концом связан с компенсатором, а другим через тягу 27 — с датчиком.

Механизм встряхивателя 10 полотна основного элеватора состоит из вала 11 с подшипниковыми опорами, установленными на раме основного элеватора. К валу приварены три двуплечих рычага 12 с закрепленными на их концах роликами 13, осуществляющие колебание элеваторного полотна при помощи кривошипно-шатунного механизма, который состоит из диска 15 с отверстиями и планки 16, соединенной с шатуном 14. Совмещение отверстий на планке с одним из отверстий на диске позволяет ступенчато регулировать амплитуду колебаний полотна основных элеваторов от 0 до 0,065 м с интервалом 0,013 м.



Принципиальная схема СУПС клубненосной массы на сепарирующих органах самоходного картофелеуборочного комбайна:

1 — подкапывающие органы; 2 — сепарирующие органы; 3 — клубненосная масса; 4 — датчик толщины слоя клубненосной массы; 5 — пружина; 6 — гидрозолотник; 7 — плунжер гидрозолотника; 8 — механизм настройки; 9 — гидроцилиндр; 10 — встряхиватель; 11 — вал встряхивателя; 12 — двуплечие рычаги; 13 — ролики встряхивателя; 14 — шатун; 15 — диск; 16 — планка; 17 — рычаг; 18 — ролик; 19 — пружина гидрозолотника; 20 — винт; 21 — шарнирное звено; 22 — компенсатор; 23 — пружина компенсатора; 24 — двуплечий рычаг механизма настройки; 25 — рычаг датчика; 26 — щупы датчика; 27 — тяга; 28 — подпорный клапан; 29 — дроссели

На валу встряхивающего механизма шарнирно установлен двуплечий рычаг 17. Один конец рычага соединен с гидроцилиндром 9, а на другом конце закреплен ролик 18, приподнимающий или опускающий полотно основного элеватора относительно встряхивающего механизма.

Гидрозолотник состоит из плунжера с конусными бобышками, односторонне поджатого пружиной 19, которая вместе с пружинами 23 и 5 поджимает щупы датчика к сепарирующим элеваторам. Ход плунжера гидрозолотника ограничивается винтом 20. Масло к гидрозолотнику подводится под давлением $(1,3 \dots 1,6) \cdot 10^6$ Па от подпорного клапана 28, включенного последовательно в сливную магистраль гидрообъемного рулевого управления.

Самоходный картофелеуборочный комбайн, оснащенный СУПС, работает следующим образом. Когда толщина слоя клубненосной массы превышает установленное значение, рычаг 25 суммирующего элемента

датчика поворачивается против часовой стрелки, смещая плунжер гидрозолотника из нейтрального положения. Масло начинает поступать в правую полость гидроцилиндра. Рычаг регулирующего механизма с роликом 18 начинает поворачиваться относительно вала в правую сторону, приближая полотно элеватора к встряхивающему механизму. Амплитуда колебаний полотна увеличивается, что приводит к уменьшению толщины слоя клубненосной массы до тех пор, пока она не достигнет заданного уровня. При восстановлении требуемого значения толщины слоя датчик, а вместе с ним и плунжер гидрозолотника возвращаются в нейтральное положение, и амплитуда колебаний перестает изменяться.

При уменьшении толщины слоя клубненосной массы по сравнению с заданной происходит обратный процесс.

Быстродействие системы определяется скоростью движения штока гидроцилиндра. Эта скорость пропорциональна величине отклонения

подачи клубненосной массы от заданного значения. Установленное время перемещения гидроцилиндра, а следовательно, и рычага управления амплитудой с роликом из одного крайнего положения в другое при полностью открытых окнах гидрозолотника составляет 2 с. Оно может регулироваться дросселями 29.

Настройка СУПС на требуемую подачу клубненосной массы производится механизмом настройки за счет изменения длины механической цепи между датчиком и плунжером гидрозолотника. При перемещении рычага механизма настройки вперед сепарация клубненосной массы уменьшается, назад — увеличивается.

Усилие поджатия датчика к клубненосной массе регулируется натяжением пружины 5. Если перемещение датчика больше максимального хода плунжера гидрозолотника, сжимается пружина 23 компенсатора, предотвращая возможные поломки механизма связи. Для исключения заклинивания золотника в корпусе между плунжером и компенсатором установлено шарнирное звено.

В разработанной СУПС основные узлы (гидроцилиндр, гидрозолотник, подпорный клапан) унифицированы с узлами гидросистем отечественных сельхозмашин.

Экспериментальные исследования и хозяйственные испытания картофелеуборочного комбайна КСК-4-1, оборудованного СУПС клубненосной массы, проводились в период уборки картофеля в 2008—2009 гг. на полях ООО "Нива" Октябрьского р-на г. о. Саранск Республики Мордовия на двух почвенных фонах в соответствии с ОСТ 70.8.5—74 [3].

Условия испытаний определялись согласно ОСТ 20915—75 [4]. Показатели качества определялись в соответствии с ГОСТ 70.8.5—74 [3], сопоставлялись с отечественными агротребованиями на четырехрядный самоходный картофелеуборочный комбайн [5] и требованиями международной системы машин № 16.10.

Пахотный горизонт полей, на которых проводились испытания, имел среднюю засоренность камнями. Механический состав — легкий

влажностью 20,3—21,6 % и средний влажностью 23,1—25,5 % дерново-подзолистый суглинок.

Перед началом сравнительных испытаний с помощью механизма настройки устанавливали оптимальную толщину слоя клубненосной массы, соответствующую данным условиям работы. В качестве оптимальных условий работы приняты такие, при которых отсев мелкой фракции заканчивается в конце сепарирующего органа (третьего элеватора).

Поступающую из выгрузного транспортера клубненосную массу собирали на матерчатое полотно, разостланное по ходу движения комбайна, откуда брали пробы для определения количества примесей. Таким образом подбирали скорости поступательного движения комбайна с СУПС и без нее. Выбраны следующие параметры кинематического режима работы сепарирующих органов: для легкосуглинистых почв амплитуда и частота колебаний полотна основных элеваторов $A_3 = 0,013$ м и $\nu_3 = 10$ Гц, линейная скорость основных элеваторов $V_3 = 2,3$ м/с; для среднесуглинистых почв $A_3 = 0,026$ м; $\nu_3 = 10$ Гц; $V_3 = 2,3$ м/с.

После подбора оптимальных режимов проводили опыты по сравнительной оценке влияния СУПС на качественные показатели технологического процесса. Качество работы определялось следующими показателями: количеством примесей P_p , %, повреждением клубней после выгрузного транспортера P_k , %, и потерями клубней за комбайном P , %.

В результате проведенных испытаний установлено следующее.

1. Полнота уборки клубней на обоих почвенных фонах у комбайна с СУПС несколько выше, чем без нее, и составляет 97,8 % (против 97,3 %), что соответствует агротехническим требованиям (97 %).

2. С увеличением скорости движения комбайна полнота уборки клубней изменяется незначительно. Источники потерь у комбайна с СУПС и без нее — клубни, оставленные в почве и на поверхности поля. Потери клубней в основном происходили за подкапывающими рабо-

чими органами и ботвоудаляющим устройством.

3. Чистота клубней в таре при работе на обоих почвенных фонах с СУПС несколько лучше, чем без нее. Меньшая чистота клубней в таре получена в опытах на среднесуглинистых почвах, что объясняется снижением сепарирующей способности комбайна на переувлажненных почвах.

4. Количество поврежденных клубней на обоих почвенных фонах при работе с СУПС и без нее отличается незначительно. Несколько меньшее число поврежденных клубней у комбайна с СУПС можно объяснить оптимальным режимом загрузки, который способствовал отсеvu мелкой фракции почвы в конце сепарирующих органов. Скорость движения комбайна, оборудованного СУПС, на обоих почвенных фонах была несколько выше, чем без нее, что обусловило повышение производительности комбайна на 6—8 %.

Проведенная в 2008 г. на среднесуглинистых почвах запись на магнитограф параметров толщины слоя $H_2(t)$, м, крутящего момента на валу основных органов $M_3(t)$, Н·м, и их угловой скорости $\omega_3(t)$, рад/с, показало снижение дисперсий $D_{H_2}(t)$ в 2 раза, $D_{M_3}(t)$ в 1,79 раза, $D_{\omega_3}(t)$ в 1,95 раза.

С целью выявления эффективности картофелеуборочного комбайна КСК-4-1, оборудованного СУПС, в сравнении с комбайном КСК-4-1 без СУПС проводилась эксплуатационно-технологическая оценка [6], в результате которой установлено следующее.

Производительность за час основного времени комбайна КСК-4-1 с СУПС и без нее составила 0,93 и 0,86 га/ч, что соответствует агротехническим требованиям (0,6—2 га/ч) и техническим условиям.

Производительность за час сменного и эксплуатационного времени составила 0,52 и 0,44 га/ч у комбайна КСК-4-1, оборудованного СУПС, и 0,48 и 0,41 га/ч у комбайна КСК-4-1 без СУПС, что соответствует техническим условиям.

Коэффициенты использования сменного и эксплуатационного вре-

мени у комбайна КСК-4-1 с СУПС составляют 0,52 и 0,48, а у комбайна КСК-4-1 без СУПС — 0,5 и 0,43. На снижение коэффициентов использования сменного и эксплуатационного времени повлияли технологические отказы, а также затраты времени на повороты и техническое обслуживание.

Хозяйственные испытания показали, что самоходный картофелеуборочный комбайн КСК-4-1, оборудованный СУПС, работал устойчиво со средними скоростями 0,42—0,97 м/с. При этих же условиях комбайн КСК-4-1 без СУПС работал со скоростями 0,35—0,82 м/с, работа на более высоких скоростях была невозможна из-за несоответствия примесей агротехническим требованиям и отдельных забиваний рабочих органов.

Анализируя результаты лабораторно-полевых и хозяйственных испытаний, можно сделать вывод, что оснащение самоходного картофелеуборочного комбайна КСК-4-1 системой управления процессом сепарации повышает производительность на 6—8 %, улучшает качественные показатели технологического процесса, сокращает простои благодаря уменьшению забиваний и перегрузки рабочих органов, улучшает условия труда комбайнера.

Литература и источники

1. Белов М. И. и др. Математическая модель движения картофелеуборочного комбайна // Тракторы и сельхозмашины. — 2010, № 9.
2. Славкин В. И. и др. Управление процессом сепарации картофелеуборочного комбайна // Тракторы и сельхозмашины. — 2012, № 6.
3. ОСТ 70.8.5—74. Машины для уборки и сортировки картофеля. — М.: Союзсельхозтехника, 1975.
4. ГОСТ 20915—75. Техника сельскохозяйственная. Методы определения условий испытаний. — М.: Изд-во стандартов, 1975.
5. Сборник агротребований на тракторы и сельскохозяйственные машины. Т. 25. — М.: Производственно-издательский комбинат, 1979.
6. ГОСТ 24055—80 — ГОСТ 24059—80. Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки. Общие положения. — М.: Изд-во стандартов, 1980.