

Заключение

Из графика следует, что при одинаковых значениях нагрузки наибольшую усадку имеет лисохвост луговой, а наименьшую – райграс. Увеличение нагрузки свыше 4,08 МПа практически не вызывает изменений усадки, поэтому ее можно принять как предельно допустимую при расчете геометрических и эксплуатационных параметров дозирующего устройства с активирующими элементами для высева труднотрусымых семян кормовых трав.

19.06.12

Литература

1. Новоселов, Ю.К. Резервы увеличения производительности растительного белка / Ю.К. Новоселов, А.А. Кутузов. – М.: Колос, 1972. – 231 с.

УДК 631.356-52

В.П. Буяшов, Г.Ч. Калей,

В.Е. Кругленья

(УП «Тэкс Транс»,

г. Минск, Республика Беларусь)

В.М. Бурдыко

(Минсельхозпрод Республики Беларусь,

г. Минск, Республика Беларусь)

Й. Моска («Lemken», Германия)

Т. Шольц («Schmitz», Германия)

Ф. Нойманн («Gaugete», Германия)

У. Поллекс («Avila», Германия)

**АВТОМАТИЧЕСКОЕ
ВОЖДЕНИЕ СЕЛЬСКО-
ХОЗЯЙСТВЕННЫХ
АГРЕГАТОВ ПО
УЗКОПРОФИЛЬНЫМ
ГРЕБНЯМ ПРИ
ВОЗДЕЛЫВАНИИ
ПРОПАШНЫХ
КУЛЬТУР**

Введение

В мировой практике наметилась тенденция применения самоходных специализированных сельскохозяйственных машин. На полях нашей страны работают сложные зерноуборочные комбайны Дон-1500Б, КЗС-10К, КЗР-10, комбайны фирм «Claas», «New Holland», «Case», «John Deere»; кормоуборочные комбайны КПК-3000, «Ягуар»; свеклоуборочные фирм «Kleine», «Holmer», КСН-6М (ПО «Гомсельмаш»); появился самоходный почвообрабатывающе-посевной агрегат «Бриллиант» фирмы «Lemken».

Основная часть

Самоходные машины имеют высокую производительность, лучшие показатели качества работы, хорошую проходимость и маневренность.

Самоходные картофелеуборочные машины (КУМ) выпускаются в Бельгии, США, Канаде, Германии, Нидерландах и других странах [1]. Разработкой самоходных комбайнов занимались немецкая фирма

«Grimme», бельгийские фирмы «ABP» и «Dewulf», голландская «Amaks». Производительность самоходного комбайна выше производительности полуприцепного на 10–20 %. Так, например, выпускавшийся ПО «Рязсельмаш» самоходный четырехрядный картофелеуборочный комбайн-погрузчик КСК-4-1 способен за сезон убрать картофель с площади до 300 га. Каждая такая машина может заменить два-три полуприцепных двухрядных комбайна, что позволяет снизить затраты труда в 3 раза и расход горючего на уборку каждого гектара в 2 раза [2].

Вместе с тем, как показала широкая хозяйственная проверка, усложнились функции комбайнера-машиниста самоходной машины, поскольку он должен совмещать обязанности оператора и водителя, а также контролировать рабочие органы комбайна, что в условиях герметизации и звукоизоляции кабины и значительного удаления их от места машиниста затруднительно. Машинист картофелеуборочного комбайна (КУК) должен включать и выключать привод рабочих органов, направлять колеса комбайна вдоль убираемых грядок картофеля, управлять положением выгрузного транспортера, опускать и поднимать подкапывающие рабочие органы, взаимодействовать с водителем идущего рядом транспортного средства, изменять скорость комбайна в зависимости от чистоты клубней на переборочном столе, и, естественно, в его обязанности входит контроль за работой двигателя, узлов и механизмов машины. Все это приводит к быстрой утомляемости комбайнера-машиниста и, как следствие, снижению производительности комбайна и качества уборки картофеля.

Поэтому согласно техническому заданию на разработку четырехрядного самоходного КУК были намечены работы по автоматизации этой машины, включающей следующие системы:

- контроля надежности технологического процесса;
- стабилизации глубины хода лемехов;
- контроля поступательной скорости КУК;
- автоматического вождения;
- для регулирования режимов рабочих органов;
- для регулирования высоты падения клубней при выгрузке в транспортное средство;
- автоматического регулирования загрузки комбайна.

Вождение представляет собой наиболее тяжелый процесс управления, обуславливающий основную часть психофизической нагрузки механизатора. Так, исследования процесса ручного вождения колесного трактора показали [3], что на 6-м часу работы интенсивность управляющих воздействий опытного водителя на рулевой механизм возрастает в 4–6 раз, на 9-м часу работы – в 8,6 раза, среднеквадратическая ошибка вождения увеличивается на 43 % и продолжительность реакции

выбора возрастает в 1,5–2,0 раза. В результате снижаются производительность и качество работы, возрастает износ рулевого механизма.

При испытании колесных тракторов с системой автоматического вождения (САВ) на пахоте установлено [4], что по сравнению с ручным вождением энергозатраты тракториста снижаются в 2 раза, мышечное утомление развивается в 3–4 раза медленнее, а утомляемость сердечной мышцы в 1,5 раза меньше. При этом за счет повышения качества вождения (вследствие исключения фактора усталости водителя) производительность агрегата повышается на 6 % и обеспечивается в 1,5 раза более высокая стабильность ширины захвата, не зависящая от скорости движения и дневного или ночного времени работы.

В связи с этим возникла необходимость решить задачу автоматического вождения сельскохозяйственных агрегатов.

Автоматизация вождения имеет не только экономическое, но и большое социальное значение, ибо, помимо непосредственного улучшения условий труда и повышения производительности агрегата, она повышает культуру производства, культурно-технический уровень механизатора. В результате выполнения НИОКР были созданы САВ, работающие по различным схемам: зерно-, свекло-, картофеле-, кукурузоуборочных машин и других сельскохозяйственных агрегатов.

До настоящего времени не найдено бесспорного научного решения задачи автоматизации вождения сельскохозяйственных агрегатов и самоходных машин. Вначале САВ не получили практического применения не только из-за несовершенства их конструкций, но и из-за того, что сам трактор как объект в САВ по своей конструкции и своим динамическим качествам не был приспособлен для работы в них [4].

Современные тракторы и самоходные машины имеют более совершенную конструкцию, а разработка и применение САВ является одной из актуальных практических задач. В настоящее время должны найти применение САВ на рабочем гоне, причем основной интерес представляют САВ машин по естественным базовым траекториям (борозда, грядка, ряд растений и т.д.), а также с помощью систем глобального позиционирования (GPS), которые стремительно завоевывают популярность. Наиболее часто их используют для параллельного вождения в автоматическом режиме.

Более 15 лет GPS успешно используется в растениеводстве для документирования выполненных работ и оптимизации технологических операций. Системы параллельного вождения на базе технологии GPS стали широко применяться в полеводстве лишь в последние 10 лет [5].

Принцип их работы заключается в том, что сначала трактором или самоходной машиной делается первый проход и фиксируется в системе как базовая колея. После того как система получает информацию о ши-

рине захвата, она может обеспечить прохождение следующих гонов параллельно первоначальному.

По техническому исполнению эти системы подразделяются на три группы: ручные системы параллельного вождения; системы частичного автопилотирования и системы автоматического вождения (автопилоты).

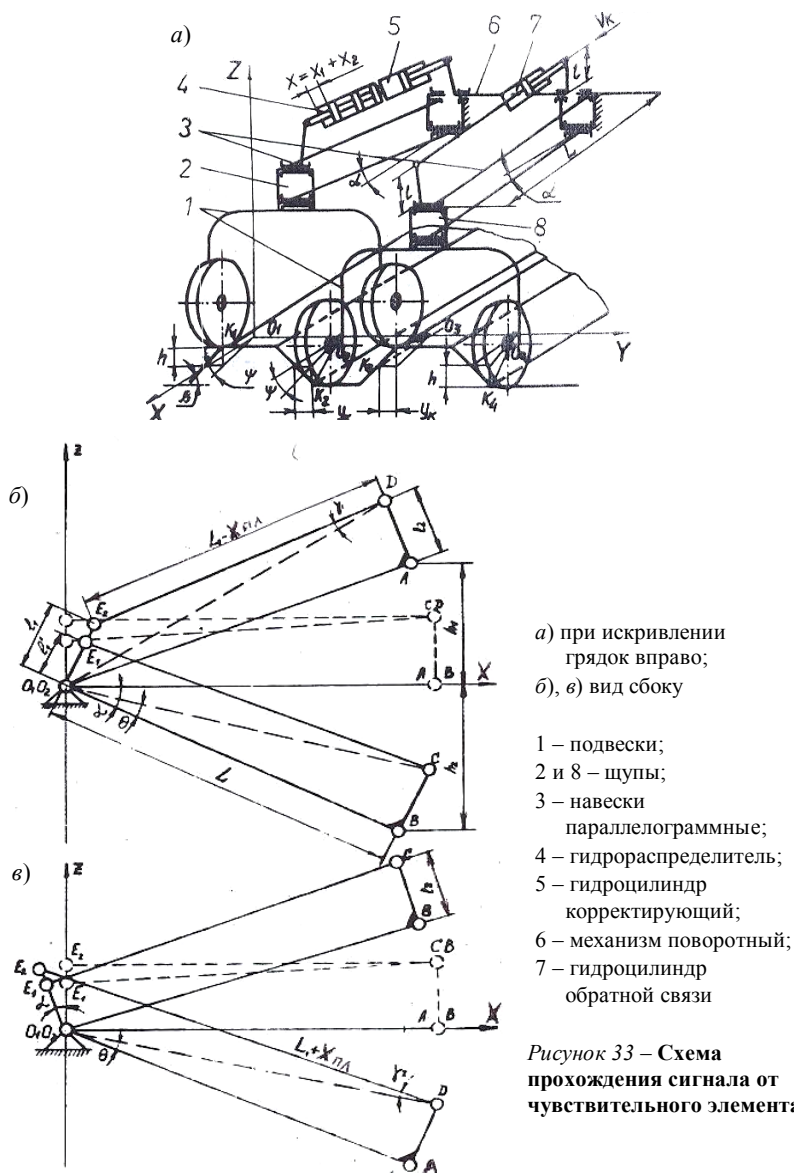
Точность системы параллельного вождения зависит от используемой системы GPS и от корректирующих сигналов. В ручных системах добавляются еще ошибки водителя. Лучшие системы с высокоточными корректирующими сигналами достигают точности $\pm 1-2$ см. Системы со спутниковыми корректирующими сигналами достигают точности порядка $\pm 5-10$ см.

Работы по созданию автомата вождения для самоходного КУК КСК-4, пропашного трактора и высвобождаемого энергетического модуля ВЭМ-220 проводились с 1975 г. в БИМСХ-БГАТУ совместно с ЦНИИМЭСХ, НПО ВИСХОМ и ГСКБ по машинам для возделывания и уборки картофеля (г. Рязань).

На основании технической документации, разработанной на кафедре «Сельскохозяйственные машины» и в студенческом КБ, и решения объединенного заседания научно-технических советов Государственного комитета СССР по производственно-техническому обеспечению сельского хозяйства, Министерства сельского хозяйства и Министерства тракторного и сельскохозяйственного машиностроения, Минским опытным механическим заводом Госкомсельхозтехники БССР и опытным заводом НПО ВИСХОМ были изготовлены САВ в количестве 27 шт. гидромеханического (рисунок 33) и электрогидравлического типа (рисунок 34).

Щупы 2 и 8 (рисунок 33) с помощью продольных параллелограммных навесок 3 шарнирно соединены с рамой КУК. К передней части навесок щупов соответственно шарнирно крепятся гидрораспределитель 4 с реверсивным золотником и корректирующим гидроцилиндром 5, а также гидроцилиндр обратной связи 7, штоки которых посредством регулируемых рычагов, жестко установленных на валу 6, кинематически связаны между собой. В гидравлическую систему входят насосная установка, включающая два гидронасоса, резервуар для масла, два предохранительных клапана, насос-дозатор с гидрораспределителем рулевого управления, гидроцилиндр управляемых колес КУК.

При движении щупов в зоне искривления грядок, например, вправо или при смещении агрегата от их направления влево на угол φ катки правого щупа 2 поднимаются по линиям O_1K_1 , O_3K_3 вверх, а катки левого 8 опускаются по линиям O_2K_2 , O_4K_4 вниз на величину h . При этом подвеска 3 правого щупа повернется на угол α вверх и переместит золотник на расстоянии X_1 , а подвеска левого щупа опустится вниз на такой же угол α и через рычаги и вал 6 переместит корпус гидрораспределителя на величину X_2 .



На рисунке 33 б, в изображены в продольно-вертикальной плоскости два положения механизма передачи сигнала от каждого щупа, причем рисунок 33б аналогичен рисунку 33а – грядки искривляются вправо, а на рисунке 33в – искривляются влево. В первом случае золотник и

Technical drawing of a mechanical assembly, likely a pump or motor component. The drawing shows a side view of the main body and a detailed view of the internal mechanism. The components are labeled with numbers 1 through 16:

- 1: Small circular component at the bottom right.
- 2: Small circular component at the bottom right.
- 3: Small circular component at the bottom right.
- 4: Small circular component at the bottom right.
- 5: Small circular component at the bottom right.
- 6: Small circular component at the bottom right.
- 7: Small circular component at the bottom right.
- 8: Small circular component at the bottom right.
- 9: Small circular component at the bottom right.
- 10: Small circular component at the bottom right.
- 11: Small circular component at the bottom right.
- 12: Small circular component at the bottom right.
- 13: Small circular component at the bottom right.
- 14: Small circular component at the bottom right.
- 15: Small circular component at the bottom right.
- 16: Small circular component at the bottom right.

A schematic diagram of a mechanical device for processing a material strip. The diagram shows a strip of material (1) being fed from the bottom left, passing through a series of rollers (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15). The strip is then processed by a cutting mechanism (16) and a collection mechanism (17). The diagram is labeled with numbers 1 through 17, corresponding to the components described in the text.

а) 1 – шуп; 2 – каток; 3, 14, 16 – гидроцилиндры; 4, 5, 10 – валы; 6 – шток; 7 – пластинка; 8 – кронштейн; 9 – преобразователь; 11 – рама; 12 – пружина; 13 – балка; 15 – колесо; б) 1, 2 – шуп; 3 – рамка; 4 – рама; 5 – кронштейн; 6 – преобразователь; 7 – направляющая; 8 – пружина; 9 – пластинка металлическая; 10 – трос; 11 – шкив; 12, 14 – гидроцилиндры; 13 – прицепная саница

59

Для определения суммарного перемещения $X_{\text{пл}}$ рассмотрим треугольник E_2O_2D и применим теорему синусов:

$$\frac{E_2D}{\sin E_2O_2D} = \frac{E_2O_2}{\sin E_2DO_2} = \frac{O_2D}{\sin O_2E_2D}.$$

Подставив значения углов и длину сторон треугольника E_2O_2D и решив относительно перемещения $X_{\text{пл}}$, получим суммарное перемещение золотника и корпуса гидрораспределителя при искривлении грядок вправо (п) и влево (л):

$$x_{\text{пл}} = x_1 + x_1 = \pm \sqrt{(l_1 - l_2)^2 + L^2} \pm \\ \pm \sqrt{l_1^2 + l_2^2 + L \pm 2 \cdot l_1 \sqrt{l_2^2 + L^2} \cdot \sin(\alpha \pm \arctg l_2/L)},$$

где l_1 и l_2 – соответственно длина рычага, на котором закреплены золотник гидрораспределителя и шток гидроцилиндра коррекции;

L – длина продольных навесок шупов.

Данное выражение аппроксимируется уравнением чисто линейного усилительного звена при отклонениях агрегата в зоне агротехнического допуска $\pm \Delta_{\text{п}}$, если принять $Y_{\text{к}}$ за вход, $X_{\text{пл}}$ – выход звена:

$$X_{\text{пл}} = (2 \cdot L^{-1} \cdot l_1 \cdot \tg \beta) Y_{\text{к}},$$

где β – угол наклона боковой поверхности грядки к горизонту;

$Y_{\text{к}}$ – отклонение точки копирования от траектории ориентации;

$K_{\text{чз}} = 2 \cdot L^{-1} \cdot l_1 \cdot \tg \beta$ – коэффициент усиления чувствительного элемента.

Для автоматического вождения агрегатов при возделывании и уборке картофеля были разработаны САВ трактора МТЗ-80, МТЗ-102 и полуприцепного КУК КПК-3 электрогидравлического типа [6, 7, 8] (рисунок 34). Электрогидравлическая САВ трактора (рисунок 34) состоит из двух шупов 1 с копирующими катками 2, установленных шарнирно на раме 11 с помощью радиальных подвесок. Катки 2 прижимаются к боковым поверхностям грядок пружинами 12. На правом шупе шарнирно закреплен гидроцилиндр 3 обратной связи, шток которого установлен на кронштейне 8 вместе с преобразователями 9. Правый шуп жестко связан с валом 4, кронштейн 8 – с валом 5, а левый шуп – с валом 10, на конце которого установлена металлическая пластинка 7. Рама 11 САВ шарнирно закреплена к балке 13 переднего моста трактора, поворот управляемых колес 15 которого осуществляется с помощью гидроцилиндра 14. Гидроцилиндр 16 переводит раму 11 в транспортное положение. В транспортном положении шупов поворот управляемых колес 15 происходит при вращении рулевого колеса и подаче рабочей жидкости насосом-дозатором в гидроцилиндр 14. Система работает следующим образом. При работе трактора рама 3 опущена (рисунок 34а), шупы 1 и 2 движутся по боковым поверхностям борозды,

выключатель замкнут, электрическая схема получает питание, а золотник секции гидрораспределителя трактора переведен в рабочее положение, например, «Подъем», для осуществления гидропитания электрогидрораспределителя. В рабочем положении щупы катятся по боковым поверхностям двух соседних грядок. Если в процессе движения трактор отклоняется, например, вправо от грядок, то копирующее колесо 2 правого щупа 1 будет подниматься, а колесо левого щупа – опускаться. При этом кронштейн повернется вместе с валом 5 вперед, а металлическая пластинка 7 вместе с валом 10 – назад и зайдет в сквозной паз заднего преобразователя 9, на выходе которого появится сигнал. При этом сработает реле и через свои контакты подаст питание на один из электромагнитов гидрораспределителя, переместив его золотник. Рабочая жидкость от насосной станции направится через насос-дозатор в штоковую полость гидроцилиндра 3 обратной связи. Из бесштоковой полости этого гидроцилиндра рабочая жидкость поступит в одноименную полость гидроцилиндра 14, повернув управляемые колеса влево, а кронштейн 8 – назад. Взаимодействие между преобразователем и металлической пластинкой 7 прекратится, и золотник гидроцилиндра возвратится в нейтральное положение, соответствующее определенному углу поворота управляемых колес. При отклонении агрегата в другую сторону система отработает сигнал на поворот управляемых колес вправо.

Электрогидравлическая система направления комбайна КПК-3 включает два щупа 1 и 2 (рисунок 34б), шарнирно закрепленных на рамке 3, которая установлена в шарнирах на раме 4 машины. На раме 4 закреплен гидроцилиндр 12, соединенный штоком с шарнирной прицепной сницей 13. С целью подъема щупов 1 и 2 в транспортное положение рамка 3 может поворачиваться относительно рамы 4 с помощью гидроцилиндра 14. Кронштейн 5 с преобразователями 5 типа ПИЩ-6-1 установлен на раме 4 с возможностью перемещения в направляющих 7 и подпружинен относительно рамы 4 посредством пружины растяжения 8. Металлическая пластина 9 связана с тросом 10, который перекинут через шкивы 11, установленные на кронштейне 5 равноудаленно от преобразователя 6. Если в процессе движения комбайна его подкапывающие органы отклоняются от борозд, например, вправо по ходу движения машины, то щуп 1 опускается, а щуп 2 – поднимается. Это вызывает движение троса 10, пластинка 9 перемещается к одному из преобразователей 6 и вызывает его срабатывание. В результате подачи напряжения на соответствующий электромагнит золотник гидрораспределителя смещается из нейтрального положения, и рабочая жидкость под давлением поступает к гидроцилиндру 12, вызывая смещение передней части КУК с подкапывающими органами влево относительно трактора. При возвращении подкапывающих органов в исходное положение относительно продольных осей борозд щупы 1 и 2 и пластинка 9 также возвращаются в исходное положение,

при достижении которого движение штока гидроцилиндра 12 прекращается. Для подбора необходимой чувствительности системы точки крепления троса 10 к шупам 1 и 2 могут регулироваться по высоте.

При исследованиях САВ в полевых условиях использовалась киносъемка (рисунок 35). На киноплёнке фиксировались отклонения нулевой отметки линейки от осевой линии грядки, обозначенной белым шнуром, при различных скоростях движения машины без подкапывания грядок как при ручном, так и при автоматическом вождении. При ручном вождении в качестве комбайнеров были задействованы студенты БИМСХ-БГАТУ Й. Моска, Т. Шольц, Ф. Нойманн и У. Поллекс.

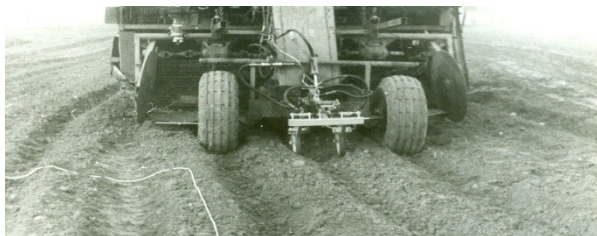


Рисунок 35 – Определение точности вождения САВ

В результате были получены оценки среднеквадратического отклонения лемеха КУК относительно базовой линии (таблица 5).

Таблица 5 – Точность вождения при различных скоростях движения

Тип управления	$V_m, \text{см}$	$\sigma_{y_{\text{нп}}}, \text{см}$	$V_m, \text{м/с}$	$\sigma_{y_{\text{нп}}}, \text{см}$	$V_m, \text{м/с}$	$\sigma_{y_{\text{нп}}}, \text{см}$
Ручное	0,9	2,33	1,2	1,84	1,8	1,52
Автоматическое	0,9	2,86	1,2	1,84	1,8	0,41

Анализ результатов таблицы показывает, что точность автоматического вождения выше по сравнению с ручным на скорости движения 1,2 и 1,8 м/с. С увеличением скорости движения с 0,9 до 1,8 м/с среднеквадратическое отклонение носка лемеха относительно базовой линии при одинаковых настроечных параметрах САВ уменьшается с 2,86 до 0,41. При изменении коэффициентов усиления чувствительного элемента и обратной связи достигается точность вождения агрегатов в зоне агротехнического допуска $\pm 5 \text{ см}$.

В результате государственных испытаний самоходных КУК на Западной МИС выявлены рост производительности КУК КСК-4-1 в варианте с САВ по сравнению с КУК без САВ за час эксплуатационного времени на 4,9 %, снижение затрат труда на эксплуатацию машины в 1,9 раза и улучшение условий труда механизатора.

Лучшие показатели работы КУК с САВ получены за счет повышения рабочей скорости из-за более точного вождения, уменьшения напряжен-

ности труда комбайнера, появившейся возможности больше внимания уделять наблюдению за выполнением ТП, что привело к уменьшению времени устранения технологических отказов с 0,76 до 0,63 ч.

Годовой экономический эффект применения САВ на КУК КСК-4-1 составляет 772 у.е. [2].

Хозяйственные испытания трактора МТЗ-102 с САВ на полях колхоза «Красная Звезда» Столбцовского района Минской области при возделывании и уборке картофеля показали, что при ручном управлении механизатор поворачивает рулевое колесо 8–16 *раз/мин.* на окучивании при скорости 1,5 *м/с* и 3–9 *раз/мин.* на уборке картофеля при скорости движения 0,63–1,04 *м/с* [7]. При включенной САВ механизатор практически не воздействует на рулевое колесо. Ручную коррекцию он применяет при отсутствии базовой поверхности или нарушенном профиле борозды. В современных условиях целесообразно применение разработанных нами электрогидравлических САВ на рабочем гоне: пропашных тракторов при возделывании сельхозкультур на узкопрофильных гребнях, на полуприцепных КУК с боковым подкапыванием грядок ККБ-1 и ККБ-2 и самоходных ККС-2.

Заключение

В настоящее время разработка и внедрение САВ сельскохозяйственных агрегатов в растениеводстве является актуальной проблемой. САВ по естественным базовым траекториям при возделывании корнеклубнеплодов и овощей на узкопрофильных гребнях наиболее приемлемы для условий Республики Беларусь, так как САВ по технологии GPS очень дорогие.

29.02.12

Литература

1. Typentabele – Kartoffelsammelroder / R. Peters // Kartoffelbau. – 1999. – № 7. – S. 260–269.
2. Буяшов, В.П. Автоматическое вождение картофелеуборочных машин: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.07 / В.П. Буяшов. – Минск, 1985. – 178 л.
3. Литинский, С.А. Влияние скорости движения тракторного агрегата на показатели качества его вождения / С.А. Литинский, М.П. Пензин // Тракторы и сельхозмашины. – 1969. – № 1. – С. 18–20.
4. Бутов, Н. Трактор К-700 с устройством для автоматического вождения / Н. Бутов, Ю. Толстоухов // Техника в сельском хозяйстве. – 1973. – № 3. – С. 49–51.
5. До свидания, маркер! Сравнение 16 систем параллельного вождения // Новое сельское хозяйство. – 2006. – № 3. – С. 82–86.
6. Устройство для автоматического направления сельскохозяйственной машины: а. с. 1510738 СССР / Л.А. Вергейчик, В.П. Буяшов, П.Е. Орлов и др.; БИМСХ; № 4281457; заявл. 29.06.87 // Бюллетень изобретений, 1989. – № 3. – С. 5.

7. Автоматическое вождение агрегатов при возделывании и уборке картофеля: Отчет о НИР / БИМСХ; рук. темы В.П. Буяшов. – Минск, 1990. – 18 с. – № ГР 01900040019.
8. Разработка и исследование средств автоматического направления подкапывающих органов КПК-3: отчет о НИР / БИМСХ, рук. темы В.П. Буяшов. – Минск, 1989. – 24 с. – № ГР 01900045108, инв. № 02900036679.

УДК 631.374

А.Н. Смирнов,

Н.Д. Лепешкин

(РУП «НПЦ НАН Беларуси

по механизации сельского хозяйства»,

г. Минск, Республика Беларусь)

**РАСЧЕТ НЕКОТОРЫХ
КИНЕМАТИЧЕСКИХ
И ДИНАМИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ
ПОГРУЗОЧНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ
ОДНОКОВШОВОГО
ФРОНТАЛЬНОГО
ПОГРУЗЧИКА**

Введение

Гидравлические фронтальные погрузчики широко применяются в строительстве, на железнодорожном транспорте, в лесной промышленности, сельском хозяйстве и других отраслях для погрузки и транспортирования сыпучих и кусковых материалов, а также выполнения других работ. Для расширения области применения погрузчиков используют сменное рабочее оборудование.

В современных конструкциях фронтального погрузочного оборудования исключительное применение имеет гидравлическое управление, обеспечивающее простоту привода, высокие силовые параметры и долговечность.

Гидропривод подъема и опускания рабочего органа обычно выполняется непосредственным действием гидроцилиндров на стрелу, данный гидромеханизм является безрычажным. Технологические движения рабочего органа осуществляются гидравлически с помощью поворотных механизмов. По характеру действия гидроцилиндров на рабочий орган механизмы бывают рычажные (перекрестные, параллелограммные) и безрычажные [1, 2].

Кинематические и динамические параметры гидромеханизмов подъема стрелы и поворота рабочего органа (например, ковша) гидравлического фронтального погрузчика имеют большое значение при синтезе кинематики погрузочного оборудования, так как определяют его скоростные и силовые характеристики. Правильный, рациональный выбор этих параметров обеспечивает необходимые кинематические и силовые показатели погрузочного оборудования.