

3. Пневматический высевной аппарат: пат.126888 РФ, МПК А01С 7/04 / А.Ю. Измайлов, Я.П. Лобачевский, Б.Х. Ахалая, О.А. Сизов, О.С. Марченко, И.А. Пехальский, Д.Н. Гахокидзе, М.И. Сулейманов, А.Х. Ахалая, Т.В. Захарова; заявитель ГНУ ВИМ. – № 2012135052/13; заявл. 15.08.12; опубл. 20.04.13. // Изобретения. Полезные модели / Официальный бюллетень ФГУ ФИПС. – 2013. – Бюл. № 11.
4. Длин, А.М. Математическая статистика в технике / А.М. Длин. – М.: Советская наука, 1958. – 466 с.
5. Леонтьев, Н.Л. Техника статистических вычислений / Н.Л. Леонтьев. – М.: Лесная промышленность, 1966. – 250 с.

УДК 631.312

**Н.Н. Стасюкевич,  
Е.В. Плискевич,  
А.Н. Стасюкевич**

*(УО «БГАТУ»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

**Д.И. Комлач**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси по  
механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

## **К ОБОСНОВАНИЮ СХЕМЫ КОМБИНИРОВАННОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕ- ПОСЕВНОГО АГРЕГАТА С ГИДРОПРИВОДОМ РАБОЧИХ ОРГАНОВ**

### **Введение**

Овощам принадлежит огромная роль в питании человека. Человек должен ежедневно употреблять не менее 400...500 граммов овощей, которые могут удовлетворить на 20...35 % потребности в белках, на 70...80 % – в углеводах, на 70...90 % – в минеральных солях, микроэлементах и витаминах [1]. В Республике необходимо увеличивать объемы и расширять выращивание разнообразных овощных и пряно-ароматических культур, обладающих незаменимыми пищевыми, профилактическими и лечебными свойствами. Для этого потребуются современные универсальные агрегаты, выполняющие несколько функций за один проход по полю.

Многочисленные проходы техники по полю при возделывании продукции растениеводства приводят к интенсивному уплотнению пахотных и подпахотных слоев почвы, что приводит к снижению урожайности и повышению энергоемкости обработки почв.

Качество выполнения технологического процесса и его эффективность напрямую зависят от оптимально выбранной схемы, принципа действия рабочих органов и режимов работы МТА.

Значительного эффекта можно добиться, создав совмещающие операции агрегаты, менее энергоемкие орудия, более широко применяя гидро- и электроприводы, машины с активными рабочими органами (АРО).

В настоящее время опыт применения в зарубежных странах, СНГ и Республике Беларусь агрегатов комбинированных почвообрабатывающе-посевных (АКПП), почвообрабатывающих машин с АРО доказал их высокую экономическую эффективность. Большой интерес к ним, несмотря на немалую стоимость, объясняется высоким качеством обработки почвы, достигаемым за один проход агрегата, сокращением агротехнических сроков между операциями обработки почвы и посева, а также снижением обобщенных затрат на производство сельхозпродукции [2, 3].

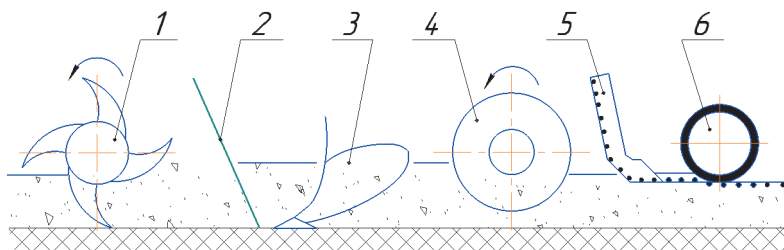
### **Обоснование технологической схемы посева овощных культур**

Технология посева овощных культур, таких как морковь, столовая свекла, репчатый лук, предусматривает операции [1] предпосевной обработки почвы, нарезки и профилирования гребней, посева и прикатывания посевного ложа.

На рисунке 1 представлена технологическая схема посева овощных культур, которая предполагает следующие этапы:

- подготовку почвы с применением почвообрабатывающего орудия 1;
- формирование гребней с использованием деки-гребнеобразователя 2 или гребнеобразователя 3;
- формирование гряд профилирующими барабанами 4;
- посев овощных культур сеялкой 5;
- уплотнение посевного ложа семян прикатывающими колесами 6.

Подготовка почвы является самым энергоемким, дорогостоящим и ответственным этапом в растениеводстве. От качества и своевременности проведения предпосевной обработки при посеве овощных культур напрямую зависит урожайность и экономическая эффективность их возделывания.



- 1 – почвообрабатывающее орудие; 2 – дека-гребнеобразователь;  
3 – гребнеобразователь; 4 – профилирующие барабаны; 5 – сеялка;  
6 – прикатывающие колеса

*Рисунок 1. – Схема технологическая посева овощных культур*

## **Выбор и обоснование типа почвообрабатывающего орудия**

В настоящее время для подготовки почвы под посев сельхозкультур достаточно широко применяют почвообрабатывающие машины с АРО (к которым относятся фрезы или ротационные бороны и культиваторы). Этот тип машин создает мелкокомковатую структуру почвы за счет сплошного отрезания стружки от почвенного массива, интенсивного крошения и перемешивания рабочими органами.

Почвообрабатывающие машины с АРО должны использоваться на тяжелых и средних по механическому составу почвах. Машины данного типа отличают высокое качество крошения обработанного слоя почвы на полях с любым механическим составом, а также возможность увеличения периода их использования. Увеличение периода использования фрезерных машин (борон и культиваторов) связано с обеспечением требуемого качества обработки как в более ранние сроки, при повышенной влажности, так и в более поздние, при низком ее содержании, что затруднительно, а иногда и невозможно выполнить машинами с пассивными рабочими органами [2].

По расположению оси вращения рабочих органов почвообрабатывающие машины с АРО подразделяются на два типа: с вертикальным и горизонтальным положением. Машины с вертикальной осью вращения фрезы получили достаточно широкое применение. Рабочие органы таких машин формируют ровное дно борозды и хорошо выравнивают поверхность почвы.

Применение фрезерных орудий с горизонтальной осью вращения рабочих органов исключает полное переуплотнение дна обрабатываемого слоя. Данное явление связано с тем, что с обеих сторон от рабочих органов почва крошится от распространяемых ими волн деформации почвенного пласта. При этом почвенные элементы отрываются от нижележащего массива, не нарушая в нем структуру пор и капиллярных каналов.

Таким образом, применение почвообрабатывающих машин с АРО, как с вертикальной, так и с горизонтальной осью вращения, при подготовке почвы под посев обеспечивает более благоприятные условия для прорастания и дальнейшего развития семян по сравнению с машинами с пассивными рабочими органами.

Так как орудия с АРО как с технологической, так и с энергетической точек зрения являются наиболее эффективными, выберем их в качестве основных.

### **Обоснование схемы и параметров узкопрофильных гряд**

Выращивание овощных культур, имеющих большую надземную массу или мощное корневище, является наиболее приемлемым, исходя из агротехнологических требований, на узкопрофильных грядах с междурядьем 700 мм, при колее трактора 1400 мм, имеющих трапециевидную форму, ширину сверху 200 мм, у основания – 300 мм, высоту – до 120 мм (рисунок 2) [1].

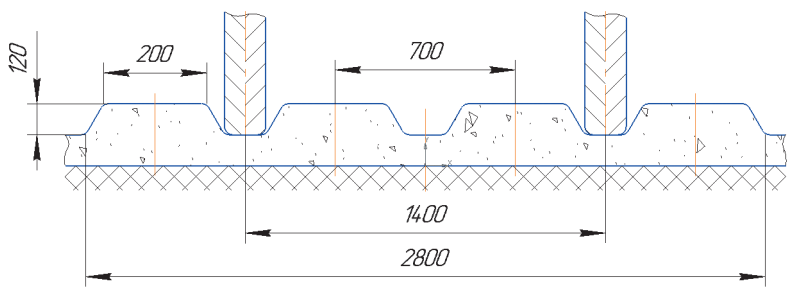


Рисунок 2. – Схема узкопрофильной гряды

### Обоснование схемы АКПП для посева овощных культур

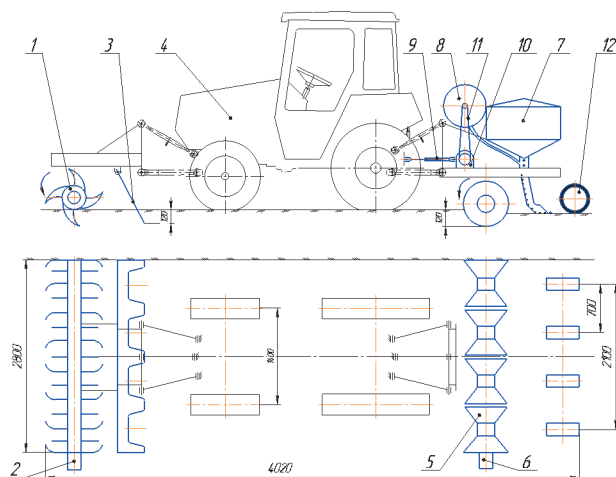
Для обеспечения мобильности и маневренности, например при работе на небольших участках, в теплицах, необходимо, чтобы агрегаты были навесными.

С целью рационального использования сцепного веса и загрузки двигателя предлагается почвообрабатывающую фрезу с гребнеобразователем навесить на переднее, а профилирующие барабаны и сеялку – на заднее навесное устройство (НУ) трактора [4].

С учетом максимально допустимой нагрузки на переднее НУ, которая для тракторов класса 1,4...2,0 составляет не более 600 кг, а также с целью ее уменьшения вместо гребнеобразователя 3 (рисунок 1) для нарезки гребней (после фрезы с АРО 1) (рисунок 3) предполагается использование специальной деки-гребнеобразователя 2 с профилем гребней.

Рациональная ширина захвата разрабатываемого агрегата для предпосевной обработки почвы определяется с учетом удельной энергоемкости процесса обработки почвы, тягового класса трактора в диапазоне рабочих скоростей, обеспечивающих требуемое качество обработки с учетом номинальной мощности двигателя. Ширина захвата агрегата при агрегатировании с тракторами класса 2,0 составляет 2,8 м [2].

Предлагаемая конструктивно-технологическая схема АКПП для предпосевной обработки почвы и посева овощных культур состоит из следующих составных частей (рисунок 3): фрезы почвообрабатывающей с АРО 1; деки-гребнеобразователя 3; трактора 4; профилирующих барабанов 5; сеялки пневматической 7 с вентилятором 8; прикатывающих колес 12; гидроприводов: привода фрезы 2 и профилирующих барабанов 6; привода вентилятора 9–11 от ВОМ трактора [4].



- 1 – фреза почвообрабатывающая; 2 – гидропривод фрезы; 3 – дека- гребнеобразователь;  
 4 – трактор; 5 – профилирующие барабаны; 6 – гидропривод профилирующих барабанов;  
 7 – сеялка пневматическая; 8 – вентилятор; 9 – карданная передача; 10 – редуктор;  
 11 – клиноремная передача, 12 – прикатывающие колеса

*Рисунок 3. – Конструктивно-технологическая схема АКПП*

Технологический процесс работы предлагаемого АКПП заключается в следующем. Передненавесные: фреза с АРО 1, приводимая в движение от гидропривода 2, рыхлит почву, дека-гребнеобразователь 3 формирует гребни высотой 120 мм. Задненавесные: профилирующие барабаны 5, приводимые в движение от гидропривода 6, профилируют гребни; сеялка пневматическая 7, привод пневмовентилятора 8 которой осуществляется от ВОМ трактора посредством карданной передачи 9, редуктора 10 и клиноремной передачи 11, производит высев семян в гребни, а прикатывающие колеса 12 уплотняют семенные ложа.

Раздельная технология обработки почвы и посева приводит к чрезмерному уплотнению почвы, снижению урожайности, увеличению агросроков, затрат и стоимости продукции в итоге.

Применение предлагаемого АКПП позволяет осуществить предпосевную обработку почвы и посев овощных культур за один проход, что значительно снижает уплотнение почвы, агросроки и затраты на посев.

Применение в АКПП почвообрабатывающих орудий (в частности фрез) с АРО позволит повысить качество и снизить энергоемкость процесса предпосевной обработки почвы.

## **Перспективность применения объемного гидропривода**

Под объемным гидравлическим приводом (гидроприводом) понимают совокупность устройств, в число которых входит один или несколько объемных гидродвигателей, предназначенных для приведения в движение механизмов и машин с помощью рабочей жидкости под давлением [5].

Современный уровень развития почвообрабатывающих и других сельскохозяйственных машин характеризуется широким применением объемного гидравлического привода. Столь широкое применение гидропривода объясняется целым рядом его преимуществ по сравнению с другими типами привода:

- высокой компактностью при небольших массе и габаритных размерах гидрооборудования по сравнению с механическими приводными устройствами той же мощности, что объясняется отсутствием или применением в меньшем количестве таких элементов, как валы, шестеренные и цепные редукторы, муфты, тормоза, канаты и другое;

- возможностью реализации больших передаточных чисел. В объемном гидроприводе с использованием высокомоментных гидромоторов передаточное число может достигать 2000 [5];

- небольшой инерционностью, обеспечивающей хорошие динамические свойства привода, что позволяет уменьшить продолжительность рабочего цикла и повысить производительность машины, так как включение и реверсирование рабочих органов осуществляются за доли секунды;

- бесступенчатым регулированием скорости движения, позволяющим повысить коэффициент использования приводного двигателя, упростить автоматизацию привода и улучшить условия работы машиниста;

- удобством и простотой управления, которые обуславливают небольшую затрату энергии машинистом и создают условия для автоматизации не только отдельных операций, но и всего технологического процесса, выполняемого машиной;

- независимым расположением сборочных единиц гидропривода, позволяющим наиболее целесообразно разместить их на машине. Насос обычно устанавливают у приводного двигателя, гидродвигатели – непосредственно у исполнительных механизмов, элементы управления – у пульта машиниста, исполнительные гидроаппараты – в наиболее удобном по условиям компоновки месте;

- надежным предохранением от перегрузок приводного двигателя, системы привода, металлоконструкций и рабочих органов, благодаря установке предохранительных и переливных гидроклапанов;

- простотой взаимного преобразования вращательного и поступательного движений в системах насос – гидромотор и насос – гидроцилиндр;

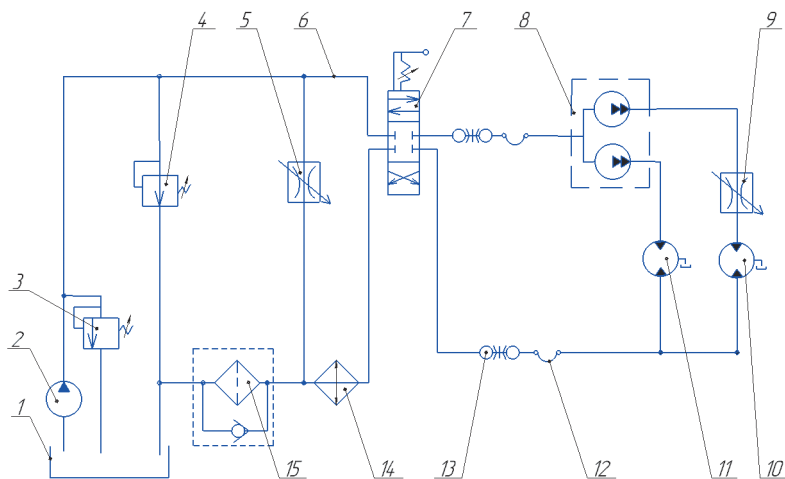
– применением унифицированных сборочных единиц (насосов, гидромоторов, гидроцилиндров, гидроклапанов, гидрораспределителей, фильтров, соединений трубопроводов и др.), позволяющим снизить себестоимость привода, облегчить его эксплуатацию и ремонт, а также упростить и сократить процесс конструирования машин.

В настоящее время гидропривод получает самое широкое распространение на сельскохозяйственных машинах различного назначения. Имеются полностью и частично гидрофицированные машины, где объемный гидропривод сочетается с механическим.

### Обоснование схемы гидропривода рабочих органов АКПП

Привод орудий с АРО, навешиваемых спереди энергетических средств (в данном случае тракторов классов 1,4...2,0), механическими передачами несколько затруднителен. В данном случае предлагается использовать гидравлический привод, позволяющий осуществлять передачу механической энергии посредством жидкости, независимо от пространственного расположения рабочего органа.

Предлагаемая нами схема [6] объемного гидропривода рабочих органов АКПП представлена на рисунке 4.



- 1 – гидробак; 2 – насос; 3 – клапан предохранительный; 4 – клапан переливной;  
5 и 9 – дроссели; 6 – гидрролинии; 7 – распределитель гидравлический;  
8 – делитель потока; 10 и 11 – гидромоторы; 12 – резиноталлический рукав высокого  
давления (РВД); 13 – муфта быстросъемная; 14 – теплообменник (радиатор); 15 – фильтр

Рисунок 4. – Схема гидропривода рабочих органов АКПП

## Расчет параметров объемного гидропривода рабочих органов АКПП

Для привода рабочих органов АКПП вращательного действия используются гидромоторы, при этом определяются крутящий момент  $M_{\text{схм}}$  и частота вращения  $n_{\text{схм}}$  выходных валов рабочих органов машины [6].

Для гидромашин вращательного действия должно соблюдаться условие:

$$M_{\text{схм}} \leq M_{\text{м}},$$

где  $M_{\text{м}}$  – крутящий момент, развиваемый гидромотором,  $H \cdot м$ .

При непосредственном соединении гидромотора с рабочим валом машины необходимо соблюдать следующее условие:

$$n_{\text{м.мин}} \leq n_{\text{схм}} \leq n_{\text{м.мах}},$$

где  $n_{\text{м.мин}}$  – минимальная частота вращения вала гидромотора;

$n_{\text{м.мах}}$  – максимальная частота вращения вала гидромотора.

Для привода фрезы и профилирующего барабана принимаем гидромоторы серии МГП, которые способны создавать крутящий момент  $150 \dots 540 H \cdot м$  и работать с частотой вращения  $0,2 \dots 800 c^{-1}$ .

Для обеспечения требуемой частоты вращения выходного вала сельскохозяйственной машины на гидромотор необходимо подать расход жидкости  $Q_{\text{м}}$ , который определяется по формуле:

$$Q_{\text{м}} = \frac{q_{\text{о.м}} \cdot n_{\text{схм}}}{\eta_{\text{о.м}}},$$

где  $q_{\text{о.м}}$  – рабочий объем гидромотора;

$\eta_{\text{о.м}}$  – объемный КПД гидромотора.

При частоте вращения фрезы  $5 \dots 6 c^{-1}$  ( $300 \dots 360 \text{ об./мин}$ ) регулирование подачи расхода жидкости на гидромотор 11 осуществляется дросселем 5.

Частота вращения профилирующего барабана составляет  $1,5 \dots 2,5 c^{-1}$  (или  $90 \dots 150 \text{ об./мин}$ ), поэтому перед гидромотором 10 устанавливаем дроссель 9.

Для создания требуемого крутящего момента на валу сельскохозяйственной машины необходимо подавать давление  $\Delta p_{\text{м}}$ , определяемое по формуле:

$$\Delta p_{\text{м}} = \frac{M_{\text{схм}}}{0,159 q_{\text{о.м}} \cdot \eta_{\text{м.м}}},$$

где  $\eta_{\text{м.м}}$  – механический КПД гидромотора.

Величина подаваемого давления для обеспечения крутящего момента в пределах  $150 \dots 540 H \cdot м$  регулируется клапаном переливным 4.



## Выводы

Многократные проходы техники по полю приводят к интенсивному уплотнению почвы, снижению урожайности и повышению энергоёмкости процесса обработки почвы. Применение АКПП позволяет сократить количество проходов по полю и существенно снизить уплотнение почвы, сократить агросроки проведения посева овощных культур.

Применение почвообрабатывающих орудий с АРО позволяет повысить качество и уменьшить энергоёмкость технологического процесса предпосевной обработки почвы.

Схемы АКПП с передне- и задненавесным расположением орудий и машин позволяют увеличить сцепной вес за счет его равномерного распределения между передними и задними колесами и тем самым повысить рациональную загрузку двигателя трактора.

Использование объемного гидропривода рабочих органов АКПП позволяет сократить металлоёмкость, обеспечить надежную защиту исполнительных органов, бесступенчато регулировать параметры гидромоторов, что дает возможность эксплуатировать агрегат в различных почвенно-климатических условиях с высокими технико-экономическими показателями.

*16.10.2015*

## Литература

1. Аутко, А.А. Технологии возделывания овощных культур / А.А. Аутко. – Минск: Красико-Принт, 2001. – 271 с.
2. Азаренко, В.В. Почвообрабатывающие агрегаты с активными рабочими органами и их применение в Республике Беларусь: аналит. обзор / В.В. Азаренко, Н.Г. Бакач, В.К. Клыбик; Бел. ин-т внедрения новых форм хозяйствования в АПК. – Минск, 2001. – 24 с.
3. Ахалая, Б.Х. Перспективы создания почвообрабатывающего посевного комбинированного агрегата / Б.Х. Ахалая, М.И. Сулейманов, Д.О. Сизов // Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем: сб. науч. тр. Междунар. н.-т. конф. – М.: ВИМ, 2012. – Т. 1. – С. 362–366.
4. Ловкис, В.Б. Обоснование схемы комбинированного агрегата для посева овощных культур / В.Б. Ловкис, Н.Н. Стасюкевич, Е.В. Плискевич, А.Н. Стасюкевич // Инновационные технологии в производстве сельскохозяйственной продукции: сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф. – Минск: БГАТУ, 2015. – С. 276–281.
5. Кравцов, А.М. Гидравлика: практикум / А.М. Кравцов, В.С. Лахмаков, Е.В. Плискевич. – Минск: БГАТУ, 2015. – 384 с.
6. Плискевич, Е.В. Гидропривод комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатов с активными рабочими органами / Е.В. Плискевич, Н.Н. Стасюкевич, А.Н. Стасюкевич // Инновационные технологии в производстве сельскохозяйственной продукции: сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф. – Минск: БГАТУ, 2015. – С. 282–287.
7. Сельское хозяйство Республики Беларусь, 2015: статистический сборник. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2015. – 318 с.