электронный научно-технический журнал
ИНЖЕНЕРНЫЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51036. ISSN 2307-0595

Решение проблемы регулирования частоты вращения барабана прицепного очесывающего устройства для уборки зерновых культур

 # 06, июнь 2014

Савин В. Ю., Алакин В. М.

УДК: 631.354.2+62.82

Россия, МГТУ им. Баумана
savin.study@yandex.ru
alakin@bmstu-kaluga.ru

Введение

Уборка зерновых культур методом очеса растений на корню в настоящее время находит большое применение в европейских странах и России. Одним из преимуществ комбайна, оснащенного очесывающим устройством является увеличение его производительности по убранной площади [1].

Внедрение технологии очеса зерновых применительно к прицепным машинам открывает совершенно новые возможности в развитии зерноуборочной техники. Появляется возможность создания малогабаритных высокопроизводительных и широкодоступных машин. Изготовление и применение прицепных малогабаритных устройств позволит решить проблему уборки зерновых в условиях коллективных и фермерских хозяйств, снизить потери зерновых культур и повысить уровень обеспечения хозяйств кормами. Применение прицепных зерноуборочных агрегатов в условиях фермерских хозяйств представляется перспективной альтернативой комбайновой уборке.

Кафедра «Автомобиле- и тракторостроение» Калужского филиала МГТУ имени Н.Э. Баумана разработала и изготовила экспериментальное прицепное очесывающее устройство с прямой подачей зернового вороха в прицеп. Привод очесывающего барабана выполнен по классической для прицепных машин схеме и осуществляется от вала отбора мощности трактора через карданный вал, раздаточную коробку, и клиноременную передачу.

Указанная схема привода имеет недостаток, связанный с трудоемкостью регулировки частоты вращения очесывающего барабана, что особенно актуально для экспериментальной установки.

Для устранения указанного недостатка предложено использовать объемный гидропривод, позволяющий бесступенчато регулировать частоту вращения барабана.

В данной статье производится анализ вариантов объемного гидропривода очесывающего барабана. Одним из основных критериев выбора типа и схемы гидропривода является стабильность частоты вращения очесывающего барабана при изменяющейся нагрузке.

В результате анализа схем гидропривода барабана определили, что оптимальной для нашего случая является схема соединения гидромотора с нерегулируемым гидронасосом и с регулятором потока, установленным последовательно на входе в гидромотор.

1. Постановка задач

При планировании экспериментальных исследований и создании опытного прицепного очесывающего устройства для уборки зерновых культур одной из наиболее трудоемких работ является выполнение требования управляемости [2,3], предъявляемого к одному из основных факторов, влияющих на потери зерна - частоты вращения очесывающего барабана, n.

На существующем опытном варианте прицепного очесывающего устройства частоту вращения очесывающего барабана регулировали изменением передаточного отношения ременной передачи от раздаточного редуктора к очесывающему барабану. Необходимое передаточное отношение устанавливали, используя ряд сменных шкивов определенных диаметров. Данный способ регулировки имеет два существенных недостатка. Первый недостаток связан со значительной трудоемкостью перестановки шкивов - сборкой и разборкой шпоночного соединения с натягом в полевых условиях. Второй недостаток главным образом связан с особенностью этапа предпланирования эксперимента, предполагающего проведение однофакторных экспериментов со значительным количеством уровней факторов. В нашем случае это ведет к необходимости изготовления большого набора сменных шкивов.

Анализируя возможные варианты устранения указанных недостатков существующего варианта привода предложено применить вариант трансмиссии устройства с использованием объемного гидропривода. Данный вид привода дает возможность бесступенчатого регулирования частоты вращения очесывающего барабана устройства, что значительно облегчает проведение экспериментальных исследований и позволяет в полной мере выполнить требование управляемость объекта исследования.

Важнейшей характеристикой гидропривода применительно к экспериментальным устройствам данного типа будет являться степень стабильности частоты вращения вала очесывающего барабана при изменяющейся нагрузке. Очевидно, что в данном случае требуется возможно большая стабильность, т.е. наименьшая просадка гидропривода.

Таким образом, решение проблемы регулировки частоты вращения барабана прицепного очесывающего устройства сводится к решению следующих задач:

1) Выбор вида регулирования объемного гидропривода.

2) Выбор схемы гидропривода барабана прицепного очесывающего устройства.

2. Анализ видов регулирования объемного гидропривода

Рассматривая виды регулирования гидропривода нужно отметить, что наибольшей стабильностью обладает гидропривод с объемным регулированием. Хуже в этом отношении дроссельное регулирование с последовательным включением дросселя и дроссельное регулирование с параллельным соединением дросселя [4,5].

Сравнение способов регулирования по КПД гидропривода также склоняет выбор в пользу объемного регулирования. При данном регулировании получается наиболее высокий КПД гидропривода [4,5].

Следовательно, по двум важнейшим показателям – нагрузочным характеристикам и КПД – лучшие качества имеет гидропривод с объемным регулированием. Однако при выборе способа регулирования гидропривода необходимо учитывать еще и экономические показатели.

Регулируемые гидромашины – насосы и гидромоторы значительно более дорогостоящие, чем нерегулируемые. Поэтому используя регулируемый гидропривод идут на значительные капитальные затраты, но благодаря более высокому КПД получают экономию в эксплуатационных расходах, т.е. в стоимости энергозатрат.

В нашем случае, при кратковременных режимах работы экспериментального очесывающего устройства энергетические показатели работы устройства являются несущественными и, поэтому снижение значительных капитальных затрат на создание экспериментальной установки является вопросом весьма актуальным.

Использовать принцип дроссельного регулирования и стабилизировать частоту вращения очесывающего барабана позволяет применение регуляторов потока, представляющим собой комбинацию дросселя с редукционным клапаном. Последний поддерживает постоянный перепад давления на дросселирующей щели [6,7].

Таким образом, регулятор потока позволит получить приемлемую нагрузочную характеристику гидропривода и отказаться от значительных капитальных затрат, связанных с приобретением регулируемых гидромашин.

3. Выбор схемы гидропривода с регулятором потока

Схемы гидропривода очесывающего барабана с регуляторами потока, установленными последовательно и параллельно, показаны на рис. 1 и 2 соответственно.

Для определения наиболее предпочтительной схемы подключения гидромотора получим и проанализируем выражения для расчета частоты вращения очесывающего барабана в обоих случаях. При расчете пренебрегаем всеми гидравлическими сопротивлениями кроме дросселя.

3.1 Схема гидропривода очесывающего барабана прицепного очесывающего устройства с регулятором потока, установленным последовательно на входе в гидромотор

Частоту вращения вала очесывающего барабана $n_г$ определим по формуле:

$$n_г = \frac{Q_г}{V_{0г}} \eta_{о.г}$$

где $V_{0г}$ - рабочий объем гидромотора , $Q_г$ - подача жидкости через гидромотор, $\eta_{о.г}$ - объемный КПД гидромотора на рабочем режиме.

Подача жидкости через гидромотор равна расходу через дроссель $Q_{ДР}$:

$$Q_г = Q_{ДР} = \mu S_{ДР} \sqrt{\frac{2}{\rho} p_{ДР}}$$

где μ - коэффициент расхода; $S_{ДР}$ - площадь проходного отверстия дросселя; $p_{ДР}$ - перепад давления на дросселе.

Согласно схеме на рис. 1 редукционный клапан поддерживает постоянный перепад давления на дросселе. Поэтому и расход жидкости через дроссель будет постоянным и не зависеть от нагрузки.

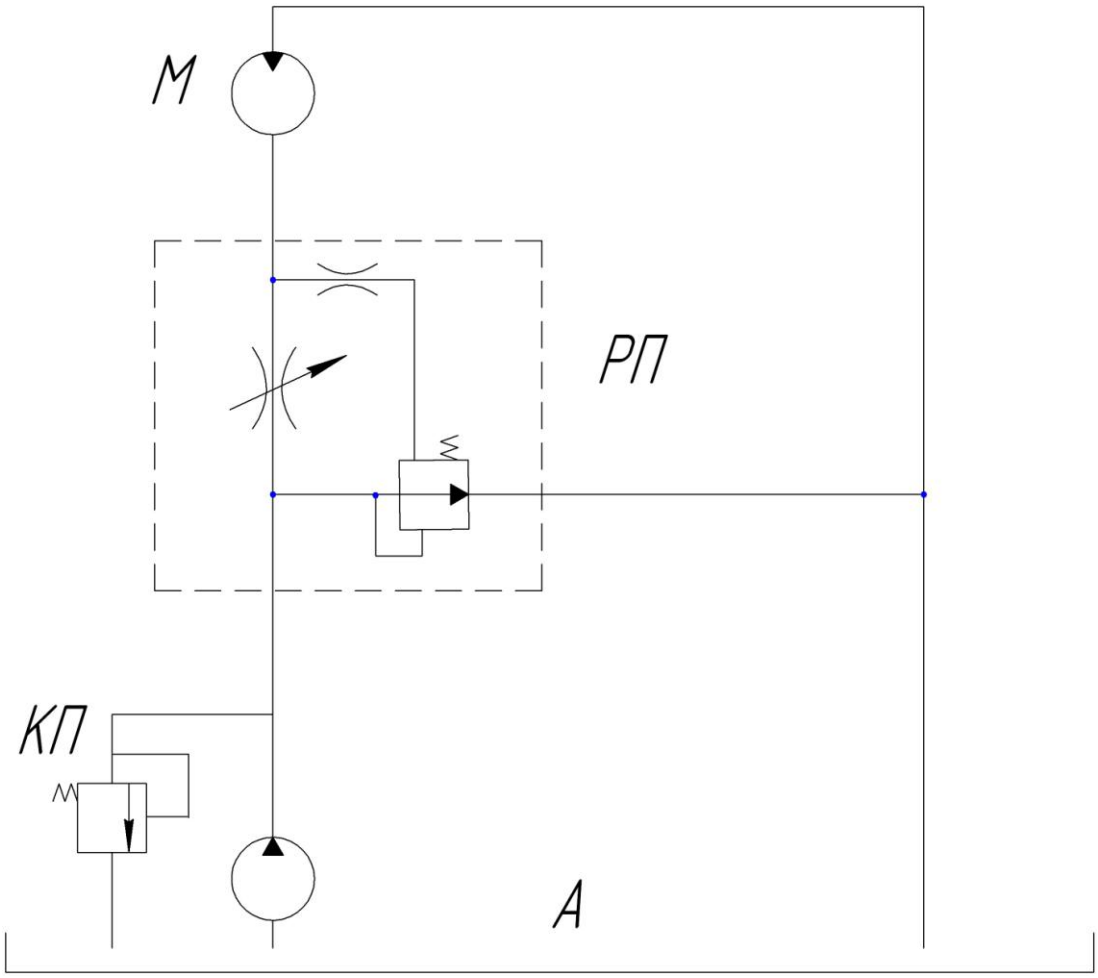


Рис. 1. Схема гидропривода очесывающего барабана прицепного очесывающего устройства с регулятором потока, установленным последовательно на входе в гидромотор

Н – насос; М – гидромотор; А – гидравлический бак; РП – регулятор потока типа Г55-1; КП – предохранительный клапан

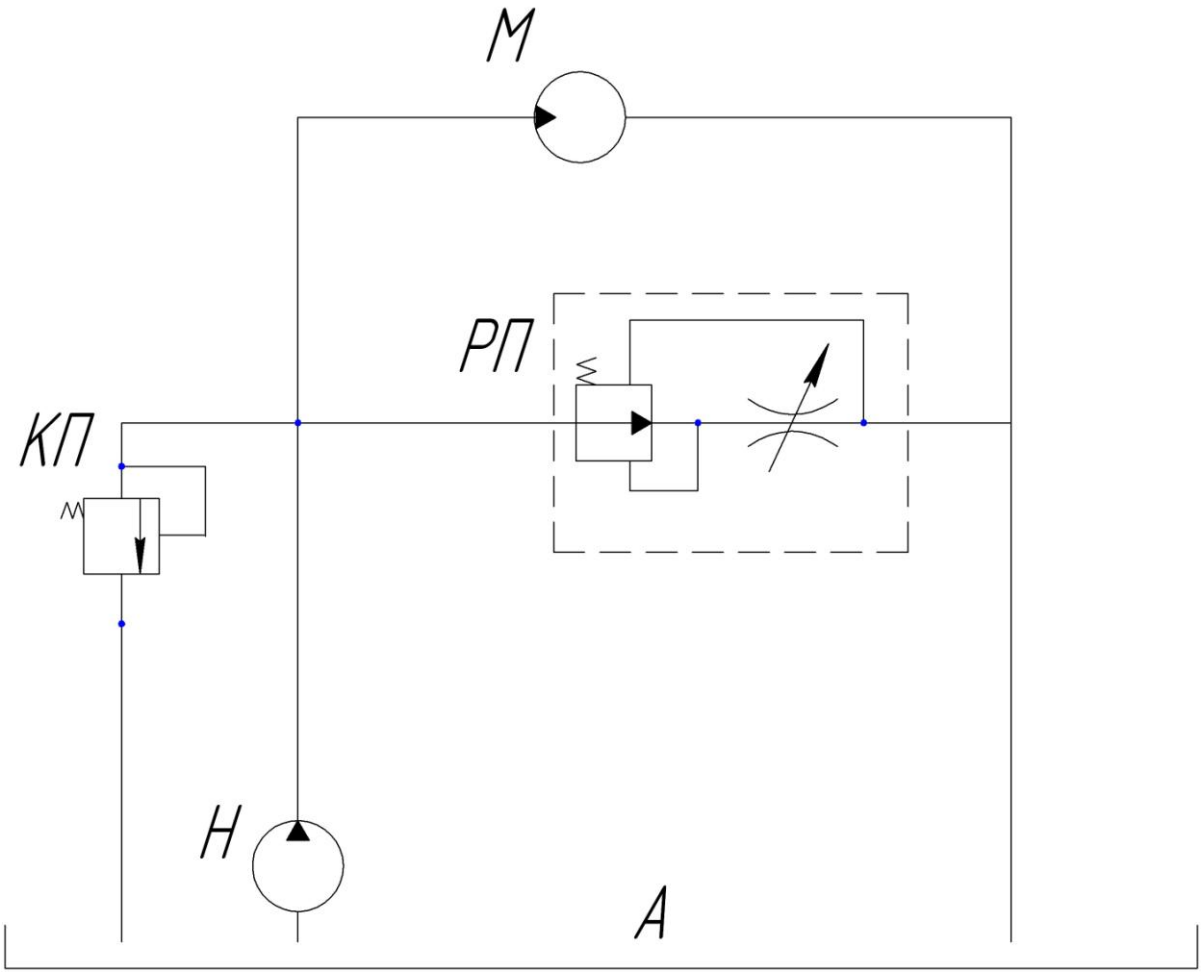


Рис. 2. Схема гидропривода очесывающего барабана прицепного очесывающего устройства с параллельным включением регулятора потока

Н – насос; М – гидромотор; А – гидравлический бак; РП – регулятор потока типа Г55-2; КП – предохранительный клапан

Тогда

$$n_г = \frac{\mu S_{ДР}\sqrt{2p_{ДР}/\rho}}{V_{0г}}\eta_{о.г},$$

где $\eta_{о.г}$ - объемный КПД гидромотора на рабочем режиме зависит от крутящего момента M на валу гидромотора и определяется характеристиками гидромотора.

3.2 Схема гидропривода очесывающего барабана прицепного очесывающего устройства с параллельным включением регулятора потока

Для параллельного включения регулятора потока, предполагая что потери давления в гидролиниях отсутствуют имеем:

$$Q_Н = Q_г + Q_{ДР};$$

$$p_Н = p_г + p_{ДР},$$

где Q_H - подача насоса; p_H - давление насоса.

Второе уравнение записано на основании равенства потерь давления в параллельных трубопроводах.

Частота вращения вала очесывающего барабана в случае параллельного подсоединения регулятора потока

$$n_г = \frac{Q_H - Q_{ДР}}{V_{0г}} \eta_{о.г} .$$

С учетом формулы расхода через дроссель

$$n_г = \frac{Q_H - \mu S_{ДР} \sqrt{2 p_{ДР} / \rho}}{V_{0г}} \eta_{о.г} .$$

Так как подача насоса равна

$$Q_H = V_{0н} n_н \eta_{о.н},$$

где $V_{0н}$ - рабочий объем насоса; $n_н$ - частота вращения вала насоса; $\eta_{о.н}$ - объемный КПД насоса.

Таким образом

$$n_г = \frac{V_{0н} n_н \eta_{о.н} - \mu S_{ДР} \sqrt{2 p_{ДР} / \rho}}{V_{0г}} \eta_{о.г} .$$

Из данного выражения следует, что частота вращения вала очесывающего барабана при использовании гидравлического привода с параллельным подсоединением регулятора потока, зависит как от объемного КПД гидромотора, так и от объемного КПД насоса.

Таким образом, при такой схеме подключения, частота вращения вала очесывающего барабана в большей степени зависит от нагрузки (давления), чем при включении по схеме, представленной на рисунке 1, так как на величине частоты вращения отражаются утечки в насосе.

Заключение

Для решения проблемы регулирования частоты вращения барабана прицепного очесывающего устройства было предложено использовать регулируемый объемный гидропривод.

В результате анализа типов регулирования объемного гидропривода было выбрано регулирование с использованием регулятора потока, позволяющего получить стабильную нагрузочную характеристику гидропривода и отказаться от значительных капитальных затрат, связанных с приобретением регулируемых гидромашин.

На этапе выбора схем гидропривода были получены зависимости для расчета частоты вращения гидромотора при последовательном и параллельном включении регулятора потока. Анализ зависимостей показал, что наибольшей стабильностью частоты вращения вала барабана при изменяющейся нагрузке обладает гидропривод с регулятором потока, установленным последовательно на входе в гидромотор.

Использование объемного гидропривода с предложенным вариантом регулирования позволит бесступенчато регулировать частоту вращения барабана, что значительно упростит экспериментальные исследования. При этом отпадет необходимость в изготовлении значительного числа шкивов разных диаметров.

Список литературы

1. Жатва без жатки? // Новое сельское хозяйство, - 2001. - №2. – С. 34–37.
2. Рогов В.А., Позняк Г.Г. Методика и практика технических экспериментов. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 288 с.
3. Спиридонов, А. А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. – М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.
4. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б., Байбаков О.В., Кирилловский Ю.Л. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учебник для машиностроительных вузов. - М.: Машиностроение, 1982. – 423 с.
5. Башта Т.М. Гидропривод и гидропневмоавтоматика. - М.: Машиностроение, 1972. – 320 с.
6. Зайченко И.З., Мышлевский Л.М. Пластинчатые насосы и гидромоторы. - М.: Машиностроение, 1970. – 229 с.
7. Свешников В.К., Усов А.А. Станочные гидроприводы. Справочник – М.: Машиностроение, 1988. – 512 с.